



NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES



NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA

CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

José Patricio Muñoz Murillo

María Verónica Vega Gordillo

José Ricardo Ochoa Loor

Haydee María Alvarado Alvarado

Alexandra Jenny López Barrera

Jaime Andrés Camino Valdez

Dolores Beatriz Erazo López

José Alberto Zamora Guevara

Ana Grijalva-Endara

Bolívar Enrique Castillo Mendoza

William Johnny Jiménez Jiménez

**AUTORES INVESTIGADORES**



NOCIONES DE

# QUÍMICA GENERAL

Y ORGÁNICA

CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

## AUTORES INVESTIGADORES

### **José Patricio Muñoz Murillo**

Magíster en Procesamiento de Alimentos;  
Magíster en Gerencia Educativa;  
Doctor en Ciencias Ambientales;  
Ingeniero en Industrias Agropecuarias;  
Universidad Técnica de Manabí;  
Portoviejo, Ecuador;

✉ jose.munoz@ute.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0004-1686-8426>

### **María Verónica Vega Gordillo**

Magíster en Gestión de la Productividad y la Calidad;  
Doctora en Química y Farmacia; Químico y Farmacéutico;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ maria.vegago@ug.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0000-4706-9660>

### **José Ricardo Ochoa Loor**

Magíster en Sistemas de Gestión de Calidad  
mención en Sistemas Integrados; Químico y Farmacéutico;  
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador;

✉ ricardo.ochoal@ug.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0009-0008-3306-3469>

**Haydee María Alvarado Alvarado**

Magíster en Bioquímica Clínica;  
Diploma Superior en Diseño Curricular por Competencias;  
Magíster en Diseño Curricular; Doctora en Química y Farmacia;  
Química y Farmacéutica;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ haydee.alvaradoa@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0001-7001-5046>

**Alexandra Jenny López Barrera**

Doctora en Química y Farmacia; Química y Farmacéutica;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ alexandra.lopezb@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0003-4098-4940>

**Jaime Andres Camino Valdez**

Magíster en Procesamiento de Alimentos;  
Químico y Farmacéutico;  
Docente de la Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ jaime.caminov@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-7699-2670>

**Dolores Beatriz Erazo López**

Magíster en Bioquímica Clínica;  
Química y Farmacéutica;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ dolores.erazo@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0001-7186-0700>

**José Alberto Zamora Guevara**

Magíster en Procesamiento y Conservación de Alimentos;  
Químico y Farmacéutico;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ jose.zamoragu@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-4138-742X>

**Ana Grijalva-Endara**

Magíster en Cambio Climático;  
Magíster en Auditoría de Gestión de la Calidad;  
Especialista en Auditoría de Gestión de la Calidad;  
Diploma Superior en Auditoría de Gestión de la Calidad;  
Doctora en Ciencias Ambientales;  
Química y Farmacéutica; Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ ana.grijalvae@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0003-4143-5863>

**Bolívar Enrique Castillo Mendoza**

Máster de II Nivel en Reformulación Desarrollo Farmacéutico  
y Control de Medicinales; Químico y Farmacéutico;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ bolivar.castillom@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-3815-2769>

**William Johnny Jiménez Jiménez**

Magíster en Epidemiología; Químico y Farmacéutico;  
Doctor en Bioquímica y Farmacia;  
Universidad de Guayaquil;  
Guayaquil, Ecuador;

✉ william.jimenezj@ug.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0001-6302-5481>

NOCIONES DE

# QUÍMICA GENERAL

Y ORGÁNICA

CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

## REVISORES ACADÉMICOS

### **Osmir Cabrera Blanco**

Doctor en Ciencias Químicas;  
Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas; Ecuador;

✉ ocabrera@finlay.edu.cu;

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-7882-7054>

### **Maribel Cuello Pérez**

Doctor en Ciencias Químicas;  
Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas; Ecuador;

✉ maribel.cuello@utelvt.edu.ec;

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-7086-6075>

# Catálogo Bibliográfico

José Patricio Muñoz Murillo  
María Verónica Vega Gordillo  
José Ricardo Ochoa Loor  
Haydee María Alvarado Alvarado  
Alexandra Jenny López Barrera  
Jaime Andrés Camino Valdez  
Dolores Beatriz Erazo López  
José Alberto Zamora Guevara  
Ana Grijalva-Endara  
Bolívar Enrique Castillo Mendoza  
William Johnny Jiménez Jiménez

## AUTORES:

**Título:** Nociones Básicas de Química General y Orgánica. Conceptos académicos actuales

**Descriptor:** Ciencias naturales; Química; Investigación; Teorías

**Código UNESCO:** 23 Química

**Clasificación Decimal Dewey/Cutter:** 540/M93

**Área:** Ciencias Químicas

**Edición:** 1<sup>era</sup>

**ISBN:** 978-9942-654-08-3

**Editorial:** Mawil Publicaciones de Ecuador, 2024

**Ciudad, País:** Quito, Ecuador

**Formato:** 148 x 210 mm.

**Páginas:** 140

**DOI:** <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-08-3>

**URL:** <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/101>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico: **Nociones Básicas de Química General y Orgánica**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada bajo la modalidad de pares académicos y por el equipo profesional de la editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:  
**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.  
**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

**Director Académico:** Lcdo. Alejandro Plúa Argoti

**Dirección Central MAWIL:** Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

**Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador:** Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

**Dirección de corrección:** Mg. Yamara Galanton.

**Editor de Arte y Diseño:** Lic. Eduardo Flores, Arq. Alfredo Díaz

**Corrector de estilo:** Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Índices*

**Contenidos**





Prólogo ----- 17  
Introducción----- 19

## Capítulo I

Estructura atómica: Elementos básicos ----- 22  
1.1. El átomo. Generalidades----- 22  
1.2. Modelos atómicos a lo largo del tiempo----- 23  
1.3. Características generales de los átomos----- 25  
1.4. Propiedades del átomo ----- 26  
1.5. Estructura básica de un átomo:  
protones, neutrones y electrones ----- 26  
1.6. Los iones y los isótopos----- 29  
1.7. La fuerza nuclear fuerte----- 30

## Capítulo II

Enlace químico----- 32  
2.1. El enlace químico. Aspectos generales y definición ----- 32  
2.2. Importancia de los enlaces químicos ----- 33  
2.3. Características de los enlaces químicos ----- 33  
2.4. Regla del octeto y su relación con los enlaces químicos----- 34  
2.5. Tipos de enlaces químicos. Formación,  
propiedades y características ----- 35

## Capítulo III

Reacciones químicas----- 43  
3.1. Definición de reacción química ----- 43  
3.2. Características generales de las reacciones químicas----- 43  
3.3. La ecuación química----- 44  
3.4. Clasificación de las reacciones químicas----- 46

## Capítulo IV

Química orgánica----- 54  
4.1. Definición y aplicaciones de la química orgánica ----- 54  
4.2 Clasificación de los compuestos orgánicos----- 54  
4.3. El desarrollo histórico y la evolución de la química  
orgánica como disciplina científica. ----- 59  
4.4. El papel de la química orgánica en el desarrollo de fármacos----- 61

## Capítulo V

Reacciones Orgánicas: sustituciones y eliminaciones	65
5.1. Introducción	65
5.2. Definición	65
5.3. Características de las reacciones orgánicas	66
5.4. Clasificación de las reacciones orgánicas	66
5.5. Reacciones de sustitución	66
5.6. Mecanismo de reacción de sustitución	68
5.7. Reacciones de eliminación	68
5.8. Diferencias entre las reacciones de sustituciones y las de eliminaciones	70
5.9. Factores que influyen en las reacciones orgánicas	70
5.10. Importancia de las reacciones orgánicas	71

## Capítulo VI

Química inorgánica	74
6.1. Definición	74
6.2 Propiedad de la Química Inorgánica	75
6.3. Compuesto de la Química Inorgánica	76
6.4 Usos de la química inorgánica en la actualidad	82
6.5 La Química Orgánica y el desarrollo de nuevos materiales y polímeros	83

## Capítulo VII

Química Analítica	86
7.1. El alcance y objetivos de la química analítica dentro de su campo de aplicación.	86
7.2. Clasificación de la Química Analítica	87
7.3. Pasos de un análisis cuantitativo típico	88
7.4. Tipos de error en datos experimentales	93
Tratamiento estadístico de muestras finitas	93

## Capítulo VIII

Química cuantitativa y cualitativa	100
8.1. Introducción	100
8.2. Generalidades	100
8.3. Métodos cuantitativos	101
8.4. Etapas de un análisis cuantitativo	104
8.5. Métodos cualitativos	105

8.6. Campo de aplicación de la química cualitativa ----- 106  
8.7. Diferencias entre la química cualitativa  
y la química cuantitativa ----- 107

**Capítulo IX**

Química aplicada----- 109  
9.1. Introducción----- 109  
9.2. Definición ----- 109  
9.3. Sectores de uso y campos de estudio de la química aplicada ----- 110  
9.4. Ramas de la química aplicada----- 110  
9.5. Proceso de la química aplicada ----- 112  
9.6. Uso de la química aplicada en la industria de la alimentación ----- 113  
9.7. Uso de la química aplicada en la industria de la medicina ----- 114  
9.8. Uso de la química aplicada en la petroquímica ----- 115

**Capítulo X**

La química y los sistemas de producción----- 118  
10.1. ¿Qué es un sistema de producción?----- 118  
10.2. Historia----- 118  
10.3. Tipos de sistemas productivos----- 123  
10.4. Sistema de producción en masa----- 123  
10.5. Sistema de producción en línea o flujo continuo ----- 124  
10.6. Sistema de producción por lotes ----- 124  
10.7. Sistema de trabajo por trabajo personalizado ----- 125  
10.8. Métodos para la gestión de sistemas de producción ----- 125  
10.9. La industria química----- 126  
10.10. Sistemas de producción en la industria química ----- 129  
10.11. Desafíos de la industria química ----- 131  
  
Referencias----- 135

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Índices*

**Figuras**



---

<b>Figura 1.</b> Estructura de un átomo -----	24
<b>Figura 2.</b> Enlace iónico -----	33
<b>Figura 3.</b> Enlace covalente polar y no polar-----	34
<b>Figura 4.</b> Enlace covalente -----	35
<b>Figura 5.</b> Enlace metálico (Cobre)-----	37
<b>Figura 6.</b> Polímeros -----	56
<b>Figura 7.</b> Reacciones de sustitución-----	64
<b>Figura 8.</b> Desplazamiento simple o reacción de sustitución plata por cobre-----	64
<b>Figura 9.</b> Reacciones por eliminación -----	66
<b>Figura 10.</b> Reacciones de eliminación-----	66
<b>Figura 11.</b> Precisión y Exactitud -----	89
<b>Figura 12.</b> Análisis cualitativo y cuantitativos en productos farmacéuticos -----	98
<b>Figura 13.</b> Ecuación para determinar la cantidad de analito -----	99
<b>Figura 14.</b> Métodos cromatográficos-----	103
<b>Figura 15.</b> Empaques activos: un aspecto clave para afrontar la pérdida de alimentos perecederos-----	111
<b>Figura 16.</b> Esquema general del proceso de descubrimiento y desarrollo de un fármaco. -----	112
<b>Figura 17.</b> La Industria Petroquímica -----	113

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Índices*

**Tablas**



---

<b>Tabla 1.</b> Resumen con los diferentes modelos atómicos-----	21
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las cargas relativas, las masas y la ubicación dentro del átomo de las diferentes partículas subatómicas -----	26
<b>Tabla 3.</b> Símbolos de uso común en las ecuaciones químicas según Morris Hein y Susan Arena. (2014) -----	43
<b>Tabla 4.</b> Ejemplo de expresión de datos analíticos-----	94
<b>Tabla 5.</b> Empresas de producción y de servicios. Diferencias-----	120

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Prólogo*





En el vasto panorama del conocimiento humano, la química se erige como una ciencia fascinante y omnipresente, cuyas raíces se entrelazan con la historia misma de la humanidad. Desde los albores de la civilización, el ser humano ha buscado comprender los secretos de la materia y sus transformaciones, dando lugar al nacimiento de la alquimia, precursora de la moderna química.

En este contexto, el libro “Nociones Básicas de Química General y Orgánica” se presenta como un faro de conocimiento, destinado a iluminar el camino de aquellos que desean adentrarse en los misterios y aplicaciones de esta apasionante disciplina. Más que una mera recopilación de datos y teorías, esta obra representa un viaje intelectual, una exploración de los fundamentos y aplicaciones de la química en el mundo contemporáneo.

Cada página de este libro es un testimonio del esfuerzo y la dedicación de aquellos que han dedicado sus vidas al estudio y la enseñanza de la química. Desde los primeros indicios de la estructura atómica hasta las complejas interacciones moleculares, el lector será guiado en un viaje fascinante a través de los rincones más íntimos de la materia.

A través de sus páginas, el lector descubrirá cómo los átomos se unen para formar moléculas, cómo las sustancias se transforman en reacciones químicas y cómo la química orgánica y inorgánica se entrelazan para dar forma al mundo que nos rodea. Desde los laboratorios de investigación hasta las fábricas de producción, la química impregna cada aspecto de nuestra vida moderna, ofreciendo soluciones a los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo.

Más allá de su valor como texto académico, “Nociones Básicas de Química General y Orgánica” representa un tributo al poder del conocimiento y la curiosidad humana. En un mundo cada vez más complejo y globalizado, la comprensión de los principios fundamentales de la química se vuelve indispensable, no solo para los científicos y tecnólogos, sino también para todos aquellos que buscan comprender y transformar el mundo que nos rodea.

Por tanto, es con gran satisfacción y humildad que presentamos este libro al lector, confiando en que sea recibido con el mismo entusiasmo y gratitud con que ha sido concebido. Que esta obra sirva como guía y fuente de inspiración para todos aquellos que se embarquen en el apasionante viaje del descubrimiento químico.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Introducción*



El libro *Nociones Básicas de Química General y Orgánica* se erige como una sólida referencia en el estudio de los fundamentos y aplicaciones de esta disciplina científica. En su estructura, comprende una serie de capítulos meticulosamente organizados para brindar al lector un panorama integral y detallado de los principales conceptos y desarrollos en el ámbito de la química.

El Capítulo I, “Estructura Atómica: Elementos Básicos”, constituye el punto de partida esencial en la comprensión de la materia, abordando desde las generalidades del átomo hasta su estructura básica, subatómica y las fuerzas nucleares que lo rigen. Asimismo, se exploran los modelos atómicos a lo largo del tiempo, así como las propiedades y características de los átomos, fundamentales para comprender su comportamiento en el mundo físico y químico.

Continuando con el Capítulo II, “Enlace Químico”, se profundiza en la naturaleza de las interacciones entre átomos, destacando la importancia de los enlaces químicos en la formación de compuestos y su relevancia en diversas aplicaciones. Se examinan detalladamente los tipos de enlaces químicos, sus propiedades y características, así como la regla del octeto y su relación con estos fenómenos.

El Capítulo III, “Reacciones Químicas”, ofrece una exhaustiva exploración de las transformaciones químicas, desde su definición hasta su clasificación y representación mediante ecuaciones químicas, proporcionando al lector las herramientas necesarias para comprender y analizar los procesos de cambio en la materia.

La Química Orgánica, tema central del Capítulo IV, se aborda desde su clasificación hasta su relevancia en el desarrollo de fármacos, destacando su papel crucial en la vida moderna y la industria farmacéutica.

Los Capítulos V, VI y VII, dedicados respectivamente a las Reacciones Orgánicas, Química Inorgánica y Química Analítica, profundizan en aspectos específicos de estas ramas de la química, desde los mecanismos de reacción hasta el análisis y tratamiento de muestras.

El libro continúa su recorrido por la Química Cuantitativa y Cualitativa en el Capítulo VIII, proporcionando un análisis detallado de los métodos y técnicas utilizados en la determinación y caracterización de sustancias químicas, tanto en términos de cantidad como de calidad.

Los últimos capítulos del libro, enfocados en la Química Aplicada y su relación con los sistemas de producción, exploran la intersección entre la química y la industria, identificando sectores de aplicación y desafíos inherentes a la implementación de procesos químicos en entornos productivos.

El texto académico de referencia teórica constituye una valiosa contribución al conocimiento en el campo de la química, proporcionando un análisis exhaustivo y riguroso de sus fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas, y sirviendo como una guía indispensable para estudiantes, investigadores y profesionales interesados en esta fascinante disciplina científica.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

# Capítulo I

## Estructura Atómica: Elementos Básicos



## 1.1. El átomo. Generalidades

Las rocas, las estrellas, el aire, el agua, la sangre, la ropa que es usada, los utensilios de cocina, las pilas, los muebles y hasta los seres humanos están conformados de átomos.

El origen de la palabra átomo se remonta a los años 470 a 360 a.C. Desde la antigüedad se ha estudiado siendo en Grecia donde se empieza a usar el concepto de átomo por Filósofos como Demócrito (con su corriente de pensamiento científico postuló que la materia estaba compuesta por pequeñas partículas diminutas y lo define como una “*partícula indivisible*”) y Leucipo, se consideró que la materia era continua e indivisible hasta que en el siglo XVIII diversos experimentos confirmaron que era posible separarla en partículas más pequeñas.

En el siglo XIX la química adoptó el término de átomo para describirlo como se conoce actualmente, según la teoría atómica de Dalton: “Un átomo es la unidad básica que conforma a un elemento y que puede intervenir en una reacción química”.

Adicionalmente se estudia cómo los átomos se pueden dividir en tres subpartículas más pequeñas y cómo éstas fueron organizadas y explicadas en el transcurso de la historia hasta la actualidad donde la estructura interna de los átomos se describe mediante mecánica cuántica (Rodríguez et al. 2016).

La historia del átomo es una parte fundamental del estudio de la estructura atómica ya que los diferentes modelos generados por diferentes científicos permitieron con el paso de los años entender mejor cuáles eran las subpartículas que conformaban los átomos: el protón, neutrón y electrón.

Es decir, que, tras cientos de años de estudio, se ha entendido un poco más del universo y, en la actualidad, incluso se estudian las partículas del interior del átomo para comprender su estructura atómica.

El átomo es la unidad básica de la materia y que no se mueven por el mundo y el espacio accidentalmente, sino que se han combinado con otros átomos e interaccionan con ellos para formar los enlaces químicos (Universidad de Guanajuato, 2023).

A continuación, se encontrará las definiciones según diferentes autores del átomo y sus subpartículas.

- Átomo: La partícula más pequeña representativa de un elemento (Brown et al. 2004).

- Protón: Partícula subatómica que tiene una masa de 1.0073 uma y una carga de  $11e$ , se encuentra en el núcleo de los átomos (Witthen et al. 2015).
- Neutrón: Partícula subatómica que no tiene carga eléctrica neta. Su masa es ligeramente mayor que la de un protón. (Chang, R., y Goldsby, K. 2018).
- Electrón: Partícula subatómica con carga negativa que está fuera del núcleo atómico; forma parte de todos los átomos. El electrón tiene una masa de  $1/1836$  la masa del protón (Brown et al. 2004).

## 1.2. Modelos atómicos a lo largo del tiempo

Las ideas sobre el modelo atómico han cambiado, a lo largo de la historia, motivado a los avances o descubrimientos científicos. El interés y estudio del átomo se remonta a épocas griegas, pero no fue hasta el siglo XIX que comenzaron a desarrollarse las primeras teorías. Las principales son:

- Teoría del químico inglés John Dalton, que establecía que la materia estaba formada por partículas elementales indivisibles e iguales.
- Modelo atómico del científico inglés J.J. Thompson, en el que plantea la existencia de los electrones y refuta la teoría de su predecesor respecto a la indivisibilidad del átomo. Su modelo se conoce como el pudín de pasas, y explica que los átomos son masas con cargas positivas y negativas.
- Teoría del átomo nuclear desarrollada por el científico neozelandés Ernest Rutherford, quien descubrió que la mayor parte de la masa de un átomo se encuentra en su núcleo, con cargas negativas orbitando a su alrededor.
- Modelo atómico del físico danés Niels Henrik David Bohr, que propone que el electrón de un átomo se encuentra en órbita a cierta distancia del núcleo, y que pueden saltar de una órbita a otra con la cantidad justa de energía.
- Modelo mecánico cuántico del átomo, desarrollado por los físicos Werner Heisenberg, Louis de Broglie y Erwin Schrödinger. Establece que los electrones se comportan como ondas estacionarias que orbitan en una nube electrónica.
- Para 1932, el científico James Chadwick descubrió el neutrón, completando así el modelo de átomo que se conoce hoy en día.

Algunos científicos especialmente influyentes en esta área, por haber dado lugar a modelos atómicos, se presentan en un cuadro donde se resume su aporte:

**Tabla 1.**

*Resumen con los diferentes modelos atómicos.*

Modelo atómico	Descripción
<b>Demócrito</b>	Demócrito pensaba que los átomos eran la partícula más pequeña posible y que, por tanto, eran indivisibles. También creía que los átomos eran indestructibles y estaban en constante movimiento.
<b>John Dalton</b>	Dalton, sugirió también que los átomos no podían descomponerse. Además, amplió la idea a que todos los átomos de un elemento eran idénticos y que los átomos de elementos diferentes tenían masas diferentes.
<b>JJ Thompson</b>	Thompson, descubrió que los átomos contienen partículas subatómicas, que ahora se conocen como electrones. Propuso que los electrones cargados negativamente se incrustaban al azar en un átomo cargado positivamente, como las ciruelas en un budín.
<b>Ernest Rutherford y Niels Bohr</b>	<p>Entre 1908 y 1924, Rutherford y su equipo llevaron a cabo una serie de experimentos. Dispararon partículas cargadas positivamente a una lámina de oro extremadamente fina. Gracias a sus observaciones, descubrieron esto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de las partículas atravesaban directamente la hoja de oro. Esto significaba que el átomo era en su mayor parte espacio vacío.</li> <li>• Vieron que algunas de las partículas se reflejaban en la hoja de oro. Como las cargas similares se repelen, esto significaba que había una pequeña masa positiva densamente cargada en el centro del átomo.</li> <li>• Rutherford la denominó núcleo y sugirió que las partículas positivas de un átomo estaban confinadas en su centro y los electrones negativos se encontraban en anillos que orbitaban alrededor del núcleo.</li> <li>• Erwin Schrödinger ideó la ecuación de onda para explicar la dualidad de la materia (con carácter onda – partícula). La solución de dicha ecuación es la función de onda que depende de tres variables conocidas como números cuánticos (s, l, m, n).</li> <li>• La ecuación de onda de Schrödinger origina el concepto de un orbital atómico, el cual es el espacio con mayor probabilidad en el que se encuentre un electrón. Sin embargo, los orbitales no son una entidad física sino matemática, por lo que el estudio del átomo es bastante abstracto en la actualidad.</li> <li>• Bohr, posteriormente modificó este modelo al explicar los niveles de energía de los orbitales.</li> </ul>
<b>Modelo mecano-cuántico</b>	En la actualidad, se considera que el átomo se parece al modelo mecano-cuántico, que se basa en la dualidad onda-corpúsculo y el principio de incertidumbre de Heisenberg. El electrón puede actuar como una onda de luz o como una partícula, orbitando y recibiendo energía para saltar a niveles de energías mayores.

**Nota.** Elaboración propia basada en diversos autores



---

### 1.3. Características generales de los átomos (Universidad de Guanajuato, 2023)

Entre algunas características de los átomos, se enuncian:

- Son las unidades más pequeñas y estables de la materia, lo cual constituye su característica esencial.
- Son partículas muy livianas, de poco peso.
- Conservan sus propiedades originales cuando ocurre una reacción química. Esto significa que ni se crean ni se destruyen, solo se organizan de formas distintas para crear nuevos enlaces entre unos y otros átomos.
- Se organizan o agrupan para formar moléculas, y pueden ser del mismo o de diferentes elementos químicos. Cuando se agrupan, alcanzan un estado de mínima energía y máxima estabilidad, ganando, perdiendo o compartiendo electrones. Eventualmente, la energía albergada se libera como calor o luz.
- Mantienen todas las propiedades de un elemento químico.
- Se organizan y clasifican según sus números atómicos, propiedades químicas y carga electrónica en la tabla periódica.
- Los átomos están constituidos por partes más pequeñas denominadas partículas subatómicas, que incluyen los protones, neutrones y electrones. Estas microunidades se combinan y forman moléculas que interactúan entre ellas.
- Los átomos de un mismo elemento son idénticos; lo que, los diferencia es la forma en la que se combinan para formar compuestos químicos. Esto significa que los átomos de hidrógeno del universo son idénticos a los del cuerpo humano, de los alimentos o de los materiales empleados en la industria.

Todo átomo consta de una estructura compleja, dividida en:

- Núcleo: es la parte del átomo que contiene los protones (con carga positiva) y neutrones (con carga neutra). El 99% de la masa de un átomo está concentrada en el núcleo.
- Nube de electrones: es la parte que rodea al núcleo y donde se encuentran los electrones (con carga negativa) y está representada por la forma de los orbitales atómicos.

Aunque se crea que los átomos son partículas indivisibles, estos contienen las siguientes partículas subatómicas:

- **Protones:** partículas subatómicas con carga eléctrica positiva que determinan el número atómico del elemento.
- **Neutrones:** partículas subatómicas con carga eléctrica neutra -es decir, igual a cero-, lo que las hace fáciles de penetrar y difíciles de manipular.
- **Electrones:** partículas subatómicas con carga eléctrica negativa que representan menos del 0,06% de la masa total del átomo y que orbitan alrededor del núcleo.

#### **1.4. Propiedades del átomo**

- Todo átomo posee masa que proviene, principalmente, de los protones y neutrones del núcleo. En química, la unidad que se utiliza para denominar la masa es el mol, el cual pesa tantos gramos como la masa atómica de un elemento.
- Todo átomo tiene un tamaño, aunque no delimitado, que está determinado por la nube electrónica.
- Sus dimensiones son tan pequeñas que no pueden ser observadas por instrumentos ópticos de medición.
- Todo átomo posee niveles de energía. Un electrón de un átomo tiene unanergía potencial inversamente proporcional a su distancia al núcleo, lo que implica que aumenta su energía según la distancia. La unidad para expresar la energía atómica es el electronvoltio.
- Todo átomo establece interacciones eléctricas entre protones y electrones en su núcleo.

#### **1.5. Estructura básica de un átomo: protones, neutrones y electrones**

Un átomo es la unidad más pequeña de materia ordinaria dentro de un elemento. Los átomos están formados por una estructura básica, un núcleo y unas capas que orbitan el núcleo. La estructura atómica es la disposición de las partículas subatómicas dentro del átomo el cual contiene tres tipos de estas partículas subatómicas: protones, neutrones y electrones (Unibetas, 2022). Es decir, el átomo está conformado por:

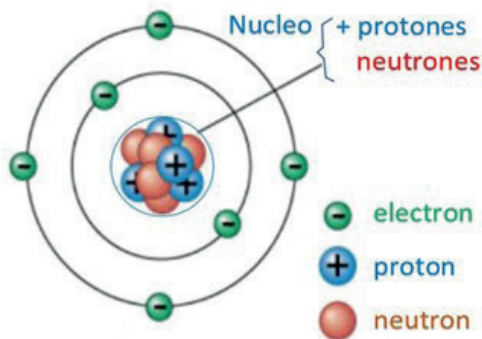
**El núcleo**, el cual tiene dimensiones muy reducidas. Ocupa la parte central del átomo; en él reside toda la carga positiva y concentra más del 99,9 % de la masa total del átomo. Está formado fundamentalmente por protones y neutrones. Los protones tienen una carga positiva cuantitativamente igual a la del electrón ( $1,602 \times 10^{-19}$  culombios). Los neutrones son eléctricamente neutros.

**La corona electrónica** es la parte exterior del núcleo en donde se encuentran orbitando los electrones alrededor del centro. Ocupan la mayor parte del volumen del átomo. El diámetro de la corona electrónica siempre es superior al núcleo, aunque el núcleo posee mayor masa.

Los electrones y los protones determinan las propiedades químicas de los elementos. Los neutrones no participan en las reacciones químicas en condiciones normales.

### Figura 1.

*Estructura de un átomo.*



**Nota.** Extraído de <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-la-estructura-de-los-%C3%A1tomos>

### Partículas subatómicas

Las partículas subatómicas del átomo son los neutrones, protones (partículas nucleares) y electrones.

#### 1. Protones

Las partículas con carga positiva presentes en el núcleo se denominan protones, su símbolo es **p**.

Los protones son partículas con carga positiva. Son bastante importantes, porque una vez que se conoce el número de protones de un átomo, se sabe en qué período y grupo de la tabla periódica se encuentra, y de qué elemento forma parte.

Los protones se encuentran en el núcleo: la parte más densa y central del átomo. Los protones son bastante pequeños: un protón pesa alrededor de un  $1,67 \times 10^{-27}$  kg, (Levy, 1989), pero se suele medir su masa en una escala denominada *escala de carbono-12*. En esta, un átomo de carbono-12 tiene una masa de, exactamente, 12 y un protón tiene una masa de, aproximadamente, 1.

## 2. Neutrones

Los neutrones son partículas eléctricamente neutras, con una masa similar a los protones, pero sutilmente por encima de ellos  $1.67493 \times 10^{-24}$  g (Levy, 1989), y se encuentran junto a los protones en el núcleo. Los protones y los neutrones, conjuntamente, se denominan nucleón.

El total de neutrones presentes en el núcleo atómico se representa con la letra N.

El número de neutrones puede variar entre los átomos de un mismo elemento, sin que ello afecte mucho a sus propiedades químicas.

## 3. Electrones

Los electrones se denotan con el símbolo "**e**". Son partículas con carga negativa, que no se encuentran junto a los protones y los neutrones, sino orbitando el núcleo. El número de electrones de un átomo determina sus propiedades químicas y cómo reacciona.

Los electrones tienen una masa real de  $9,11 \cdot 10^{-31}$  kg o una masa relativa de 1/1840 en la escala del carbono-12 (Levy, 1989), lo que evidencia que es mucho más liviano que un protón y la analogía es correcta debido a que los electrones se encuentran girando alrededor del núcleo atómico a grandes velocidades. Es decir, los electrones pasan su tiempo en niveles de energía, también conocidos como capas, que orbitan alrededor del núcleo. Los niveles de energía aumentan a medida que se alejan del núcleo y los electrones siempre intentarán estar en el nivel de energía más bajo posible.

La unidad de carga electrónica es  $-1$  y un átomo eléctricamente neutro tendrá la misma cantidad de protones y neutrones.

- Cuando los átomos pierden electrones se convierten en iones que poseen carga positiva y se denominan cationes.
- Cuando los átomos ganan electrones, adquieren carga negativa y se convierten en iones llamados aniones.

**Tabla 2.**

*Resumen de las cargas relativas, las masas y la ubicación dentro del átomo de las diferentes partículas subatómicas.*

Partícula	Masa	Carga	Ubicación dentro del átomo
Protón	1	+1	Dentro del núcleo
Neutrón	1	0	Dentro del núcleo
Electrón	0	-1	En las capas orbitando el núcleo

**Nota.** Elaboración propia basada en diversos autores

**1.6. Los iones y los isótopos**

Los átomos sin carga tienen, por definición, el mismo número de protones y electrones. Como los electrones son partículas negativas, si un átomo pierde un electrón, se cargará positivamente. Al tener más cargas positivas y adquirir una carga eléctrica neta, este se convierte en un ion.

Los iones son átomos que han ganado o perdido electrones para formar una partícula cargada. Los iones tienen diferentes propiedades químicas, debido a sus diferentes configuraciones electrónicas.

Si un átomo pierde un neutrón, esto no tendría mucho efecto en su reacción, porque los neutrones son partículas neutras y no influyen en las propiedades químicas del átomo. Sin embargo, cambiaría su masa. A esta partícula la llamamos isótopo.

Los isótopos se denominan átomos diferentes del mismo elemento con diferentes números de masa, es decir, diferentes números de neutrones en el núcleo. Masa atómica relativa de un elemento es el promedio de las masas de los isótopos en una muestra natural de elemento relativo a la masa de 1/12 de un átomo de carbono-12 (Owen et al. 2014).

Los isótopos son átomos del mismo elemento con diferente número de neutrones. Como sus configuraciones electrónicas son las mismas, los isótopos tienen propiedades químicas similares. Es decir, existen diferentes elementos que contienen igual número de protones, pero difieren entre ellos en cuanto al número de neutrones a estos se les denominan isótopos. En otras

palabras, los isótopos tienen el mismo número atómico, pero difieren en el número de masa.

Por ejemplo, el hidrógeno tiene tres isótopos: hidrógeno-1 (o protio; solo un protón en su núcleo), hidrógeno-2 (o deuterio; un protón y un neutrón) e hidrógeno-3 (o tritio; un protón y dos neutrones).

### 1.7. La fuerza nuclear fuerte

Al estudiar la estructura atómica es importante conocer cómo se mantienen unidos los protones en el núcleo del átomo si cargas iguales se repelen entre sí. Esto es posible gracias a la fuerza nuclear fuerte, también denominada **interacción** nuclear fuerte, que es la fuerza que supera la tendencia de repulsión entre elementos de la misma carga, es decir, evita la repulsión de los protones. Actúa entre las partículas subatómicas muy cercanas unas de otras manteniendo las interacciones protón – neutrón y neutrón – protón.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo II**  
Enlace Químico



## 2.1. El enlace químico. Aspectos generales y definición

Como ya se ha indicado, el agua, el aire, las rocas y hasta los seres están compuestos de átomos. Generalmente, estas unidades básicas de la materia no rondan por el espacio en soledad, sino que se combinan con otros átomos e interactúan con ellos gracias a los enlaces químicos. En otras palabras, se puede decir que el ambiente que nos rodea es resultado de múltiples enlaces químicos que dotan de propiedades, tanto físicas como químicas, a la materia. Esto es producto de la fuerza generada por los átomos cuando se combinan y forman enlaces, pues estas pequeñas partículas son mucho más estables en conjunto que en solitario.

En el terreno de la química, se denomina enlace al lazo que establecen dos átomos que forman parte de un compuesto químico. Un enlace químico, entonces, se concibe como a las fuerzas de unión entre los átomos que forman un compuesto. Cuando dos átomos se enlazan, se redistribuyen los electrones de los átomos de forma que la energía total del conjunto disminuye por debajo de la energía de los átomos separados.



Por tanto, se entiende como enlace químico a la combinación de átomos para formar compuestos químicos y darle estabilidad al producto resultante. En este proceso, los átomos pueden compartir o ceder electrones de su capa más externa para unirse y crear una nueva sustancia homogénea (Chang, 2007).

Cuando se produce un enlace químico, la estructura y características de los átomos no cambian, solo existe una compartición de electrones. Esto significa, por ejemplo, que al formarse el enlace químico del agua ( $H_2O$ ) sus elementos (oxígeno e hidrógeno) siguen siendo los mismos.

Cuando se habla de producción de un enlace químico se refiere a que todo átomo está compuesto por un núcleo con protones de carga positiva y neutrones de carga neutra, y rodeado por una capa externa conocida como nube de electrones, estos últimos de carga negativa. Las cargas opuestas se atraen, tanto dentro del mismo átomo, como entre otros átomos. Gracias a esta atracción, se forman los enlaces químicos entre elementos distintos. Los átomos completan sus cargas eléctricas por medio del intercambio de los electrones: ceden, aceptan o comparten tales partículas para lograr una configuración electrónica estable que implique menor consumo de energía.



Por tanto, al aproximarse dos átomos, sus electrones se redistribuyen de acuerdo con la presencia de dos núcleos cargados positivamente. Los tres casos extremos de redistribución de electrones corresponden con los modelos de enlace tradicionales: iónico, el covalente y el metálico.

Guerrero, Guillermo C. (2021) indica la importancia que tienen dos conceptos fundamentales en cuanto a los enlaces químicos, los cuales son: la longitud de enlace y la energía de enlace

Longitud de enlace es la medida de la distancia entre los núcleos de los átomos unidos mediante un enlace químico en una molécula. La longitud de enlace se puede expresar en angstrom ( $\text{\AA}$ ) o cualquier otra unidad de longitud.

Energía de enlace: es la cantidad de energía necesaria para romper el enlace entre dos átomos separándolos a una distancia infinita, la energía de enlace se expresa en Kilocalorías/mol o Kilojulios/mol.

Por ejemplo, la energía del enlace H – O es igual a 110 Kcal/mol. y la del enlace H – C es 99.3 Kcal/mol.

La longitud de enlace es inversamente proporcional a la energía de enlace.

## 2.2. Importancia de los enlaces químicos

Entender qué son los enlaces químicos ayuda a comprender:

- Las propiedades de los compuestos, moléculas y átomos de los que están formados todos los materiales con los que se convive día a día.
- Las reacciones químicas que ocurren en cada momento, lo cual contribuye a que existan los cambios químicos que se observa en la vida

## 2.3. Características de los enlaces químicos

Entre las características de los enlaces químicos se indican las siguientes:

- a. Mantienen los átomos unidos dentro de las moléculas químicas.
- b. La fuerza de un enlace químico viene determinada por la diferencia de electronegatividad (mientras mayor sea, mayor la fuerza de los electrones atraídos entre átomos).
- c. Generalmente, los números de electrones son pares.
- d. Los enlaces covalentes pueden existir en estado gaseoso, sólido y líquido.

- e. Algunos enlaces covalentes son solubles en agua, otros en solventes orgánicos.
- f. Son conductores de electricidad los enlaces covalentes ácidos en presencia de una solución acuosa (el resto de los enlaces covalentes no son buenos conductores de electricidad), y los enlaces iónicos cuando se disuelven en agua o cuando se funden.
- g. Los enlaces iónicos tienen altos puntos de fusión y ebullición.
- h. Los enlaces metálicos son buenos conductores de calor y electricidad, se presentan en estado sólido y son altamente maleables.

#### **2.4. Regla del octeto y su relación con los enlaces químicos**

Lewis postuló en 1916 la regla del octeto, por la que se establece que la tendencia de los iones de los elementos es completar sus últimos niveles de energía con una cantidad de 8 electrones. Enuncia esta regla al observar la manera en que se combinan entre sí los elementos. Así, advirtió que todos intentan lograr la configuración estructural del gas noble que tienen más cerca en la tabla periódica.

En definitiva, indica la regla del octeto que dos átomos iguales, al enlazarse, desarrollan una organización específica. Al constituirse el enlace por la compartición de los pares de electrones, cada átomo adquiere la estructura de un gas noble. Así, ambos átomos se encontrarán rodeados de ocho electrones en su última capa energética (capa externa conocida como capa de valencia). Es decir, la regla, postula que los átomos son más estables cuando consiguen ocho electrones en la capa de valencia, sean pares solitarios o compartidos mediante enlace covalente.

El número de electrones de la capa externa de un átomo particular determina su reactividad o tendencia a formar enlaces químicos con otros átomos. A esta capa externa se le conoce como capa de valencia y a los electrones que se encuentran dentro de ella se les llama electrones de valencia.

Esta regla presenta numerosas excepciones, pero sirve para predecir el comportamiento de muchas sustancias. Concretamente, quedan exceptuados el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno, el carbono, el aluminio, el berilio, el boro, el flúor, el fósforo y el azufre que se organizan de manera diferente para conseguir la estabilidad en sus compuestos. Por ejemplo: el hidrogeno tiene un solo orbital con solo un átomo formando un solo enlace. Los átomos no metálicos a partir del tercer periodo pueden formar "octetos expandidos", es decir, pueden contener más que ocho orbitales en su capa de valencia.

---

## 2.5. Tipos de enlaces químicos. Formación, propiedades y características

El enlace químico se divide en tres categorías en función de su mecanismo de unión. Es decir, cuando se habla de enlaces o uniones entre los elementos para formar compuestos o moléculas, se hace referencia a los tres principales tipos de enlaces químicos entre átomos: enlaces iónicos, covalentes y metálicos. Se trata de enlaces fuertes y duraderos, que unen a un átomo con otro átomo o grupo de átomos. El tipo de enlace que se genere influirá fuertemente en las propiedades de los compuestos químicos formados.

### 1. Enlace iónico

Los enlaces iónicos, a nivel atómico, ocurre cuando un átomo pierde o gana electrones que se encuentran en su última capa (en la capa de valencia). Como resultado de esta transferencia de electrones, se forman los iones, que también corresponde a átomos o partículas que mantienen una carga positiva o negativa. A las partículas o especies negativas se les conoce como aniones y a las especies positivas se les conoce como cationes.

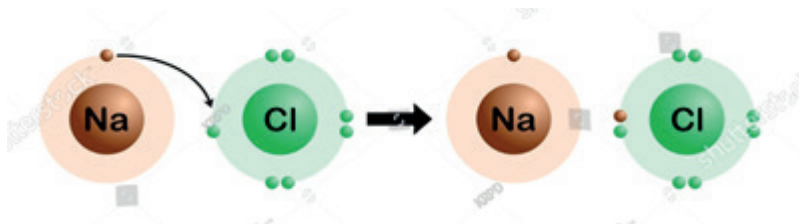
#### Formación de un enlace iónico

Para comprender cómo se forma un enlace iónico, se revisará el caso del cloruro de sodio, más conocido como la sal de mesa ( $\text{NaCl}$ ), el cual se forma de un enlace iónico entre sodio ( $\text{Na}$ ) y el cloro ( $\text{Cl}$ ):

El sodio tiene un electrón mientras que el cloro tiene siete electrones en su capa de valencia o de su última capa. Por lo tanto, para crear un enlace iónico, el sodio entrega su electrón al cloro, cubriendo la regla del octeto para que ambos elementos se estabilicen al tener su última capa completa, ya que el cloro tendrá 8 electrones. Al formar un anión y un catión y tener cargas opuestas, éstas se atraen fuertemente, quedando unidos por un enlace iónico.

## Figura 2.

### Enlace iónico.



**Nota.** Extraído de <https://www.shutterstock.com/es/search/enlace-i%C3%B3nico>

De allí que, al perder un electrón, el átomo de sodio se ha convertido en un catión, con carga positiva, mientras que el cloro, al ganar un electrón, tendrá carga negativa. Al tener cargas opuestas, se atraen intensamente, quedando unidos por un enlace iónico.

En otras palabras, un enlace iónico es un tipo de enlace que se da entre un metal y un no metal. Es un tipo de enlace a través del cual, un átomo al que le sobran electrones para completar su última capa se une con otro al que le faltan. De esta forma, ambos átomos quedan completos.

### Propiedades del enlace iónico

Normalmente los compuestos de enlaces iónicos forman sólidos cristalinos y se rompen con facilidad. Ejemplo de este caso es precisamente el del cloruro de sodio, más conocido como la sal de mesa (NaCl). Además, estos compuestos suelen tener puntos de fusión elevados y son solubles en agua.

Una de las propiedades del enlace iónico más característica tiene que ver con la conducción de la electricidad y los estados de la materia. Aunque en estado sólido no son conductores, esto cambia cuando están en estado líquido o en una disolución, debido a los iones móviles.

### Características del enlace iónico

De entre las principales características de los compuestos que contienen enlaces iónicos, son sólidos cristalinos y se rompen con mucha facilidad como ocurre para el caso de la sal de mesa, siendo solubles en agua y contando con puntos de fusión muy altos.

La conducción del calor y de la electricidad es una de sus propiedades físicas, ya que lo hacen cuando se encuentran disueltos en agua, lo anterior porque se promueve el movimiento entre los iones formados.

El número de electrones que se perdieron, y entonces la carga del ion, se indica después del símbolo químico, por ejemplo, la plata Ag pierde un electrón para convertirse en  $Ag^+$ , mientras que el Zn pierde dos electrones para convertirse en  $Zn^{2+}$ .

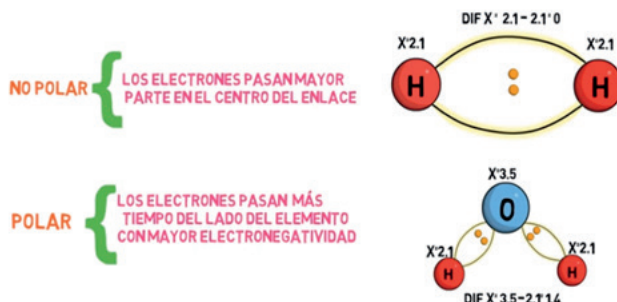
## 2. Enlace covalente

Cuando se comparten los electrones entre elementos, es otro modo que tienen los átomos para formar enlaces químicos. El enlace covalente es una interacción fuerte la cual permite que dos o más átomos se unan para formar moléculas. Se trata de uno de los tipos de enlaces químicos en el cual participa un par de electrones que proviene de los orbitales más externos de los átomos que se enlazan. Los electrones no permanecen inmóviles en un punto, sino que se mueven entre los átomos, dando lugar a los principales tipos de enlaces covalentes: el enlace covalente polar y el apolar.

- Enlace covalente polar.** En el caso del enlace covalente polar, los átomos comparten electrones de forma no equitativa, lo que significa que estos pasan más tiempo cerca de un átomo que de otro.
- Enlace covalente apolar.** En este tipo de enlace la repartición de los electrones es más igualitaria.

### Figura 3.

*Enlace covalente polar y no polar.*



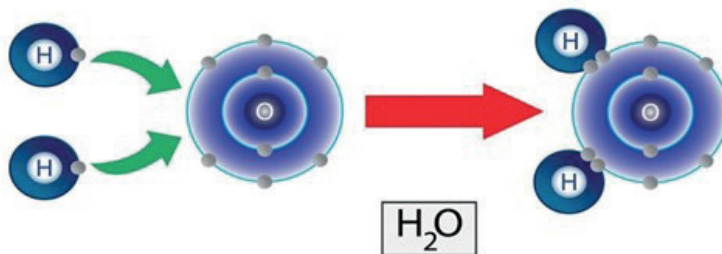
**Nota.** Extraído de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=s-VmV-biy21s>

### Formación de un enlace covalente

Un ejemplo de enlace covalente más común es el agua. El agua es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), que da lugar al compuesto químico  $H_2O$ , formando un enlace covalente porque cada átomo de hidrógeno comparte un electrón con el átomo de oxígeno. A su vez, este último comparte un electrón con cada uno de los átomos de hidrógeno.

#### Figura 4.

*Enlace covalente.*



**Nota.** Extraído de <https://www.lifeder.com/enlace-covalente/>

#### Características

- Los enlaces covalentes tienen todos algo en común: un par de electrones compartido.
- Los enlaces covalentes son más estables cuando son no polares, es decir, cuando la electronegatividad de los átomos es similar.
- Solo se forman entre elementos no metálicos (oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N), etc).
- Los electrones se comparten siempre en pares, bien sea en enlaces simples, dobles (cuatro electrones) o triples (seis electrones).
- Los enlaces covalentes ocurren cuando los átomos no metálicos comparten electrones.
- Dentro del campo de los enlaces covalentes, hay algunos tipos diferentes de enlaces. Entre ellos se encuentran: enlaces simples, dobles y triples, enlaces sigma y pi, enlaces polares y apolar, enlace covalente dativo.

### Propiedades del enlace covalente

- a. Los compuestos covalentes se suelen dar entre elementos similares o entre no metales. lo cual los hace malos conductores del calor y la electricidad.
- b. Los enlaces covalentes permiten que los átomos se agrupen en moléculas y, de hecho, son habituales en las moléculas orgánicas de los organismos vivos, como el ADN.

### 3. Enlace metálico

Los enlaces metálicos son aquellos que se forman entre átomos de metales, cuyos núcleos atómicos se reúnen y están rodeados por sus electrones como una nube. Es un tipo de enlace fuerte que se distribuye a manera de red. Todos los elementos metálicos puros están conformados por enlaces metálicos, por ejemplo: oro (Au), hierro (Fe), aluminio (Al), etc.

Para Ondarse Álvarez, Dianelys (2021), los enlaces metálicos son la base del mundo de los metales, por lo que cualquier elemento metálico puro es perfecto ejemplo de ello. Es decir, cualquier fragmento puro de: plata (Ag), oro (Au), cadmio (Cd), hierro (Fe), níquel (Ni), zinc (Zn), cobre (Cu), platino (Pt), aluminio (Al), galio (Ga), titanio (Ti), paladio (Pd), plomo (Pb), iridio (Ir) o cobalto (Co), siempre que no se encuentre mezclado con otros metales y elementos, se mantendrá unido mediante enlaces metálicos.

#### Mar de electrones o nube electrónica

Para explicar las características de los metales, los científicos Paul Karl Ludwig Drude y Hendrik Antoon Lorentz propusieron a finales del siglo XIX el modelo del mar de electrones. Este indica que los átomos metálicos cuentan con una cantidad reducida de electrones en su última capa y pierden con facilidad los electrones de valencia, transformándose en iones positivos que forman una red. Este proceso da lugar a un mar o una nube de electrones que se mueve por la mencionada red.

Esto también se conoce como la teoría del gas electrónico, ya que como los electrones exteriores se ligan a los átomos de forma ligera, forman una suerte de gas, el cual se denomina gas electrónico, mar de electrones o nube electrónica, que de hecho es el propio enlace metálico. (Chang, 2007).

#### Formación de los enlaces metálicos

Un enlace metálico se forma entre átomos de metales, organizándose en estructuras que permiten el flujo continuo de electrones, mejor conocida

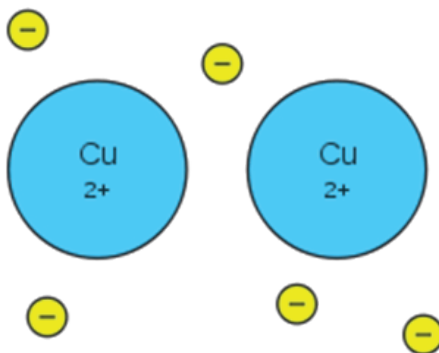
como mar de electrones, esto permite que los átomos de los metales, como tienen pocos electrones en la última capa, los pierden fácilmente. Como los electrones pueden moverse con mucha facilidad, los metales son excelentes conductores del calor y la electricidad. También les confieren la propiedad de la alta maleabilidad y ductilidad. Otra de las propiedades de los metales más importantes es su elevado punto de fusión, siendo que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido.

En fin, en el caso de los enlaces metálicos los átomos se organizan en una estructura conocida como el mar de electrones. La estructura del enlace metálico se debe a que los átomos de los metales tienen pocos electrones en la última capa, que pierden fácilmente. Como resultado, se convierten en cationes que se distribuyen por el espacio formando una especie de red, mientras que los electrones que han perdido crean a su alrededor una nube de electrones que puede moverse por toda la red. Así los cationes, con carga positiva, quedan unidos mediante la nube de electrones, con carga negativa, que los envuelve.

Por ejemplo, un átomo de cobre es simplemente un átomo, pero cuando se une con otros átomos del mismo elemento lo hace formando la red de átomos envueltos por electrones, es decir, quedan unidos mediante la nube de electrones, con carga negativa, que los envuelve.

**Figura 5.**

*Enlace metálico (Cobre).*



**Nota.** Extraído de <https://industrialesquimica.blogspot.com/2012/05/enlace-metalico.html>



---

### Propiedades del enlace metálico

A los enlaces metálicos se deben muchas de las propiedades típicas de los metales, como su solidez, su dureza, e incluso su maleabilidad y ductilidad. La buena conducción del calor y de la electricidad de los metales, de hecho, se debe a la disposición particular de los electrones en forma de nube alrededor de los núcleos, lo que permite su movilidad a lo largo y ancho del conjunto. Incluso el lustre de los metales se debe a ello, pues este tipo de enlace repele casi toda la energía lumínica que los impacta, es decir, brillan.

Los átomos unidos mediante enlaces metálicos suelen, además, organizarse en estructuras hexagonales, cúbicas, o de forma geométrica concreta. La única excepción es la del mercurio, que, a pesar de ser un metal, es líquido a temperatura ambiente y forma de gotas perfectamente redondas y brillantes.

Esta peculiar estructura en red explica muchas de las propiedades del enlace metálico. Por ejemplo, como los electrones pueden moverse con mucha facilidad, los metales son buenos conductores de la electricidad. También explica la alta maleabilidad y ductilidad de los metales. Otra de las propiedades de los metales más características es su elevado punto de fusión, razón por la que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo III**  
Reacciones Químicas



### 3.1. Definición de reacción química

Una reacción química se da cuando se juntan dos o más sustancias en las que se pueden establecer los tipos de enlaces (los tres tipos principales de enlace son el químico: iónico, covalente y metálico) y que las sustancias participantes en ella se transforman en otras con diferentes propiedades físicas y químicas. Las sustancias iniciales son llamadas “reactivos” y a las que se forman y aparecen en segundo momento se les denominan “productos”.

La masa de los reactivos es la misma antes y después de la reacción con la formación de los productos, es decir, se cumple el principio de conservación de la materia. Esto sucede porque sólo se lleva a cabo una reestructuración entre los átomos de los reactivos, para formar los nuevos enlaces de los productos.

En fin, una reacción química es un proceso en el que un conjunto de sustancias, llamadas “reactivos” se transforman en un nuevo conjunto de sustancias denominadas productos. (Instituto Tecnológico Merida Yucatan, s/f)

Para identificar si ha ocurrido una reacción química es necesario verificar si se ha dado alguno de los siguientes eventos (Martínez, J. e Iriondo C. 2013):

- Se produce una efervescencia (producción de gas).
- Se libera o absorbe energía (cambia la temperatura del matraz o recipiente donde ocurre la reacción).
- Se presenta un cambio de color en los reactivos participantes.
- Aparece una sustancia insoluble lo cual corresponde a la formación de un precipitado.

### 3.2. Características generales de las reacciones químicas

- En una reacción química los átomos no cambian, lo que cambia son los enlaces que los unen.
- La mayoría de las reacciones químicas ocurren en soluciones acuosas.
- Pueden ser reversibles, si los productos pasan a ser reactivos, o irreversibles, cuando los productos no vuelven a formar los reactivos que le dieron origen.
- Las reacciones pueden ser simples, cuando requieren un solo paso para que los reactivos se conviertan en productos, o complejas, cuando pueden presentar varios pasos entre los reactivos y el producto, pudiendo formar, además, compuestos intermediarios.

### 3.3. La ecuación química

#### Definición

Antes de revisar las reacciones químicas es importante conocer algunos aspectos sobre la “ecuación química” ya que, una ecuación química es la descripción simbólica de una reacción química, es decir, como se representa de forma escrita, por medio de símbolos, un proceso químico de la naturaleza. Muestra las sustancias que reaccionan (llamadas reactivos) y las sustancias que se originan (llamadas productos).

Por tanto, una ecuación química:

- Consiste en una forma resumida de expresar y/o representar, mediante símbolos y fórmulas, que representan a los elementos y compuestos en una reacción química.
- En ella se determinan las sustancias que participarán en la reacción química, además se proponen los productos y se indican las proporciones de las sustancias que participan en la reacción, es decir, permite visualizar más fácilmente los reactivos y los productos.
- En ella se pueden ubicar los símbolos químicos de cada uno de los elementos o compuestos que estén dentro de la ecuación y poder balancearlos con mayor facilidad.
- El proceso de una reacción química se representa de forma simbólica mediante una ecuación química donde las fórmulas de los reactivos se escriben en el lado izquierdo de la ecuación y las de los productos en el lado derecho.

Para escribir una ecuación química se tiene que tomar en cuenta que:

- Se debe saber cómo reaccionan las sustancias y qué nuevos productos se forman.
- Toda ecuación química debe estar balanceada, es decir que debe existir la misma cantidad de átomos de un mismo elemento de ambos lados de la ecuación química, por ejemplo, esta es una representación de una molécula de agua oxigenada o peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

#### Requisitos para una ecuación química

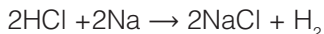
Una ecuación química debe satisfacer una serie de leyes, de forma simultánea (Carey, 2006):

- **Cumplir con la ley de conservación de la materia, ley de conservación de la masa o ley de Lomonósov-Lavoisier:** En un sistema aislado, durante toda reacción química ordinaria, la masa total en el sistema permanece constante, es decir, la masa consumida de los reactivos es igual a la masa de los productos obtenidos.
- **Cumplir con la ley de conservación de la carga.** El principio de conservación de la carga, en concordancia con los resultados experimentales, establece que no hay destrucción ni creación neta de carga eléctrica, y afirma que en todo proceso electromagnético la carga total de un sistema aislado se conserva. En un proceso de electrización, el número total de protones y electrones no se altera, solo existe una separación de las cargas eléctricas. Por tanto, no hay destrucción ni creación de carga eléctrica, es decir, la carga total se conserva. Pueden aparecer cargas eléctricas donde antes no había, pero siempre lo harán de modo que la carga total del sistema permanezca constante. Además, esta conservación es local, ocurre en cualquier región del espacio por pequeña que sea.
- **Cumplir con la ley de conservación de la energía,** la cual afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado (sin interacción con ningún otro sistema) permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma,

### **Estructura de una ecuación química**

Una ecuación química, como se ha visto anteriormente, consiste en una lista de reactivos (las sustancias de partida) en el lado izquierdo, una símbolo de flecha, y una lista de productos (sustancias formadas en la reacción química) en el lado derecho. Cada sustancia se especifica mediante su fórmula química, opcionalmente precedida de un número llamado coeficiente estequiométrico. El coeficiente especifica cuántas entidades (por ejemplo, moléculas) de esa sustancia intervienen en la reacción sobre una base molecular. Si no se escribe explícitamente, el coeficiente es igual a 1. Las sustancias múltiples en cualquier lado de la ecuación están separadas entre sí por un signo más.

Ejemplo: La ecuación para la reacción de ácido clorhídrico con sodio se puede denotar:



Esta ecuación se podría leer como “dos H-C-L más dos N-A rendimientos dos N-A-C-L y H dos”. De manera alternativa, y en general para las ecuaciones que implican productos químicos complejos, las fórmulas químicas se leen utilizando nomenclatura IUPAC, lo que podría verbalizar esta ecuación como “dos moléculas de ácido clorhídrico y dos átomos de sodio reaccionan para formar dos unidades de fórmulas de cloruro de sodio y una molécula de gas hidrógeno.

### Símbolos más comunes en las ecuaciones químicas

Los símbolos de uso común en las ecuaciones químicas según Morris Hein y Susan Arena (2014)

#### Tabla 3.

*Símbolos de uso común en las ecuaciones químicas según Morris Hein y Susan Arena. (2014).*

Símbolo	Significado
→	Dan o producen (apunta hacia los productos).
⇌	Reacción reversible; equilibrio entre reactivos y productos.
↑	Gas que se desprende (se coloca después de la sustancia).
↓	Sólido o precipitado que se forma (se coloca después de la sustancia).
(s)	Estado sólido (se coloca después de la sustancia).
(l)	Estado líquido (se coloca después de la sustancia).
(g)	Estado gaseoso (se coloca después de la sustancia).
(ac)	Solución acuosa (sustancia disuelta en agua, se escribe después de ella).
Δ	Energía calorífica.
+	Más o se agrega a (al aparecer este signo entre dos sustancias).

**Nota.** Elaboración propia basado en Morris Hein y Susan Arena (2014)

### 3.4. Clasificación de las reacciones químicas

Las reacciones químicas se pueden clasificar en (Hein y Arena, 2014):

1. Reacciones ácido-base
2. Reacciones de precipitación
3. Reacciones de oxidación-reducción

4. Reacciones de complejación

5. Reacciones ácido-base

### 1. Reacciones ácido-base

Los ácidos son sustancias capaces de dar iones hidrógeno ( $H^+$ , protones) en disolución acuosa (definición de Arrhenius).

El HCl es un ácido fuerte ya que al disolverse en agua se ioniza completamente (electrolito fuerte).



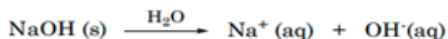
- Ácidos fuertes son aquellos que están totalmente disociados en agua (HCl, HNO<sub>3</sub>, ...)

El ácido acético es un electrolito débil. Su disociación es un proceso de equilibrio.



- Ácidos débiles son los que se disocian parcialmente en agua. Las bases son sustancias capaces de dar iones hidroxilo ( $OH^-$ ) en una disolución acuosa (definición de Arrhenius).

El NaOH (s) al disolverlo en agua se disocia totalmente.



- Bases fuertes son aquellas que están totalmente disociadas en disolución acuosa. Es el caso del NaOH
- Bases débiles son aquellas que se disocian parcialmente en agua (la mayoría de ellas).

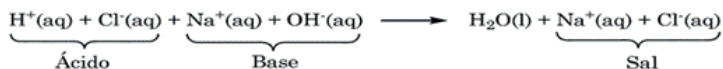
El amoníaco reacciona parcialmente con el agua y por ello es un electrolito débil:



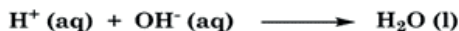
- Algunos compuestos, al disolverse en agua, reaccionan con ella y crean iones  $OH^-$ . Estas sustancias se comportan como bases.



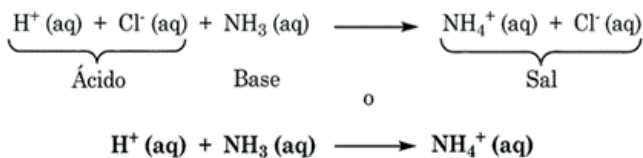
En las reacciones de neutralización reaccionan los ácidos y las bases, generando sal y agua, caso de la reacción entre el HCl y el NaOH:



En la reacción entre un ácido fuerte y una base fuerte la ecuación neta es:



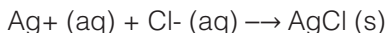
- Si reaccionan un ácido fuerte y una base débil:



## 2. Reacciones de precipitación

Si al mezclar diferentes compuestos disueltos se forma un compuesto insoluble se dice que ha tenido lugar una reacción de precipitación. Se combinan dos iones que son solubles y se crea un compuesto iónico que no es soluble. En el laboratorio se emplean las reacciones de precipitación para identificar los iones que hay en una disolución.

Ejemplo: Si al añadir AgNO<sub>3</sub> a una disolución acuosa aparece un precipitado blanco se puede afirmar que existen iones cloruro y utilizar este resultado como método de identificación de ión cloruro en el agua.



## 3. Reacciones de oxidación-reducción

Se denominan reacciones redox a aquellas en las que tienen lugar procesos de oxidación – reducción.

Ejemplo: En los altos hornos el hierro metálico se obtiene a partir del mineral hematitas (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).





En la reacción el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se reduce a Fe y el CO se oxida a  $\text{CO}_2$  teniendo lugar a la vez una reducción y una oxidación. Para estudiar estas reacciones se debe analizar el estado de oxidación de cada elemento.



El  $\text{Fe}^{3+}$  se reduce a hierro metálico

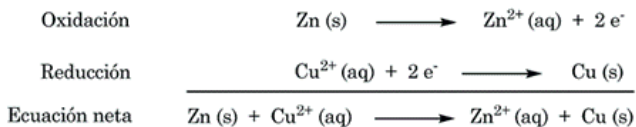
El CO se oxida para dar dióxido de carbono

- En el proceso de oxidación aumenta el estado de oxidación de un elemento (pierde electrones) y en la reducción disminuye el estado de oxidación (gana electrones).
- Las reacciones redox se pueden representar como dos reacciones que se dan a la vez, la de oxidación y la de reducción.

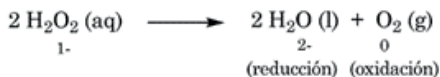
Ejemplo:



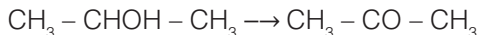
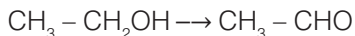
que se puede desglosar de la siguiente manera:



- **Oxidación:** proceso en el que incrementa el estado de oxidación de un elemento, generándose electrones.
- **Reducción:** proceso en el que disminuye el estado de oxidación de un elemento, captándose electrones.
- **Dismutación o desproporción:** es una reacción que tiene lugar cuando la misma sustancia se oxida y se reduce a la vez:



La oxidación de los alcoholes es una reacción importante en los seres vivos, que está catalizada por unos enzimas llamados deshidrogenasas. La oxidación de un alcohol primario conduce a un aldehído y si se trata de un alcohol secundario se obtiene una cetona.



En ambos casos se ha producido una oxidación y una pérdida de hidrógeno.

La oxidación del malato (sal del ácido málico) a oxalacetato es un ejemplo de un proceso de oxidación que tiene lugar en el ciclo del ácido cítrico.

#### 4. Reacciones de complejación

Un ion complejo es un anión o catión poliatómico compuesto por un ion metálico central al que se unen otros grupos (moléculas o iones denominados ligandos).

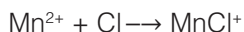
Ejemplo:



Se denomina índice de coordinación (normalmente 2, 4 ó 6). Al número de uniones que aparecen entre el catión y los ligandos.

Las reacciones de complejación más simples tienen lugar cuando se combinan un metal y un ligando.

Ejemplo:



En reacciones de complejación más complicadas los cationes se combinan con más ligandos.

Ejemplo:



La complejación también puede tener lugar con moléculas orgánicas.

Ejemplo:

El EDTA (ácido etilendiaminotetracético) tiene una gran capacidad de complejación. Crea complejos estables con cualquier metal.

.....

A continuación, se presenta un resumen de diferentes tipos de reacciones químicas y algunos ejemplos que permiten de manera sencilla identificarlas según Zschimmer & Schwarz España (2021):

- **Reacciones de síntesis o adición.** En estas reacciones químicas dos o más sustancias (reactivos) se combinan para formar otra sustancia (producto) más compleja. Un ejemplo diario es el amoníaco, que se forma mediante una reacción de síntesis entre el nitrógeno y el hidrógeno.
- **Reacciones de descomposición.** Al contrario que en las reacciones químicas de síntesis, en las de descomposición un compuesto químico se divide en sustancias más simples. Por ejemplo, mediante la electrólisis del agua ( $H_2O$ ), esta se separa en hidrógeno (H) y oxígeno (O).
- **Reacciones de desplazamiento, sustitución o intercambio.** En este tipo de reacción química, se reemplazan los elementos de los compuestos. Se puede tratar de reacciones simples (un elemento desplaza a otro) o dobles (se intercambian elementos). En ambos, casos el resultado es la formación de nuevos compuestos químicos.
- **Reacciones redox o de oxidación-reducción.** La principal característica de las reacciones redox es que hay un intercambio de electrones. Uno de los compuestos pierde electrones mientras que el otro los gana. Decimos que el compuesto que pierde electrones se oxida y el que los gana se reduce. De ahí proviene el nombre de las reacciones redox: REDucción-OXidación.

Entre algunos ejemplos de reacciones redox se podría indicar el proceso de respiración: a partir del oxígeno del aire se generan moléculas de dióxido de carbono y agua. Asimismo, debido a las reacciones redox las plantas hacen la fotosíntesis ya que esta implica que el dióxido de carbono se reduzca en azúcares y que el agua se oxide, formando oxígeno.

Otro ejemplo muy visual es cuando el metal reacciona con el oxígeno, formando óxidos.

- **Reacciones de combustión.** En realidad, la combustión es un tipo de reacción redox. Se diferencia porque en el caso de las reacciones de combustión la oxidación se realiza de forma extremadamente rápida y potente. Para que ocurra, un material combustible se combina con el oxígeno y se desprende energía, normalmente calorífica y lumínica.

Como producto, se genera dióxido de carbono y agua.

Por ejemplo, hay una reacción de combustión cuando una persona se calienta delante de la chimenea. La leña arde y se combina con el oxígeno para formar dióxido de carbono y vapor de agua, al mismo tiempo que genera gran cantidad de energía química en forma de calor y luz.

- **Reacciones ácido-base.** Este tipo de reacción química una sustancia básica y otra ácida se neutralizan entre ellas. Como resultado, se forma un compuesto neutro y agua. Como ejemplo, cuando el ácido clorhídrico reacciona con el hidróxido de sodio se produce sal (cloruro de sodio) y agua.
- **Reacciones nucleares.** A diferencia de las anteriores, en las reacciones nucleares no se modifican los electrones de los átomos, sino su núcleo. Hay dos tipos de reacciones químicas nucleares: la fusión, en la que se combinan diferentes átomos; y la fisión, en la que el núcleo de los átomos se fragmenta.

Por ejemplo, las reacciones nucleares se utilizan para obtener energía. Es lo que ocurre con el uranio, cuando es bombardeado con neutrones con tal de romper su núcleo.

### **Tipos de reacciones químicas según la energía**

Por otro lado, en las reacciones químicas siempre interviene la energía, que puede ser emitida o absorbida. Se denominan **reacciones exotérmicas** las que provocan la emisión de energía, que normalmente se produce al menos en forma de calor. Aunque, por ejemplo, en el caso de las explosiones también se emite energía cinética. En cambio, cuando se absorbe energía se está produciendo una **reacción endotérmica**. Como resultado, el producto final es más energético que los reactivos.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo IV**  
Química Orgánica



## 4.1. Definición y aplicaciones de la química orgánica

La química orgánica, a menudo denominada química de la vida, se centra fundamentalmente en el estudio y la comprensión de los compuestos a base de carbono. En esencia, la química orgánica está intrínsecamente ligada a la esencia misma de la vida y a los innumerables procesos que la sustentan. El papel fundamental de la química orgánica en la comprensión de los mecanismos de la vida se ve subrayado por su enfoque en la estructura atómica y molecular de los compuestos orgánicos, que están compuestos predominantemente de átomos de carbono unidos a elementos como hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre (Editorial Etecé, 2021; Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022). Esta rama de la química profundiza en la estructura, el comportamiento, las propiedades y las aplicaciones de estos compuestos que contienen carbono, sentando así las bases para comprender no sólo los componentes básicos de la vida, sino también la amplia gama de procesos industriales y energéticos que son fundamentales para ella. civilización humana (Ferrovia, 2024).

Además, los principios de la química orgánica son esenciales para decodificar los procesos metabólicos, ya que proporcionan información sobre la síntesis y estructura de moléculas orgánicas que son cruciales para las funciones metabólicas en los organismos vivos (Ortega, 2011). A través del estudio de los compuestos orgánicos y sus reacciones, la química orgánica facilita una comprensión más profunda de cómo los organismos vivos aprovechan y utilizan la energía, consolidando así su papel como piedra angular de la investigación biológica, médica e industrial.

## 4.2 Clasificación de los compuestos orgánicos

Partiendo de los principios fundamentales de la química orgánica, es necesario profundizar en la clasificación de compuestos orgánicos, un tema que no solo amplía la comprensión de la química basada en el carbono, sino que también sustenta diversas aplicaciones científicas e industriales.

Los compuestos orgánicos, por definición, se pueden clasificar en varias categorías basándose en diversos criterios como origen, peso molecular, funcionalidad y estructura, proporcionando así un enfoque sistemático para su estudio y aplicación (Ortega, 2011).

Específicamente, la distinción entre compuestos orgánicos naturales y sintéticos resalta la versatilidad y ubicuidad de estas moléculas. Los compuestos orgánicos naturales no se limitan a los organismos vivos, sino que también pueden sintetizarse en ambientes inertes, como lo demuestra la sín-

tesis de ácido fórmico en el cometa Halle-Bopp (Ortega, 2011) esta distinción no sólo desafía la noción tradicional de que los compuestos orgánicos son exclusivamente productos de los procesos vitales, sino que también subraya la complejidad de la química orgánica.

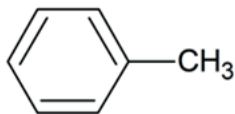
La clasificación de compuestos orgánicos en monómeros y polímeros según su peso molecular, y en alcoholes, cetonas, alifáticos o aromáticos según su funcionalidad y estructura, respectivamente, facilita una comprensión más matizada de sus propiedades y posibles aplicaciones esta clasificación sistemática es esencial para aprovechar todo el potencial de los compuestos orgánicos en diversos campos, incluidos la medicina, la farmacia e incluso las artes culinarias, donde las características específicas de los compuestos orgánicos pueden aprovecharse para lograr los resultados deseados (Ortega, 2011).

Existe una clasificación general de los compuestos orgánicos, que se basa en cómo se producen o sintetizan. Estos compuestos se pueden dividir en dos categorías: compuestos naturales y compuestos sintéticos:

- Los compuestos naturales son sintetizados por organismos vivos o mediante procesos naturales, sin ninguna intervención humana. Ejemplos de compuestos naturales incluyen proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, que son sintetizados por organismos vivos. Por otro lado, el petróleo se produce como resultado de procesos geológicos que ocurren a lo largo de miles de años.
- Los compuestos sintéticos son sustancias artificiales se crean mediante síntesis artificial en laboratorios químicos por parte de humanos. Los ejemplos incluyen medicamentos, pigmentos, polímeros y otros productos diversos.
- Los hidrocarburos aromáticos, que son compuestos orgánicos cíclicos caracterizados por una estructura en forma de anillo, exhiben una característica única en la que un enlace simple se alterna con un enlace múltiple, típicamente un enlace doble. Este patrón de enlace alterno da como resultado la deslocalización de electrones dentro del anillo, lo que confiere una estabilidad excepcional a este tipo estructural, la mayoría de los hidrocarburos aromáticos son derivados del benceno, por ejemplo:

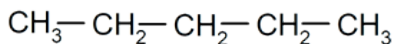


Benceno



Tolueno

- Hidrocarburos alifáticos. Son hidrocarburos que no tienen carácter aromático. Pueden ser lineales o cíclicos. Por ejemplo:

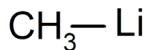


Pentano

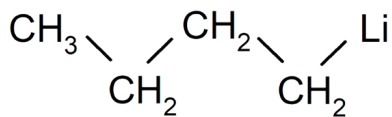


Ciclopentano

- Compuestos organometálicos. Son compuestos orgánicos conformados por átomos de carbono unidos covalentemente a uno o más átomos de un elemento metálico. Por ejemplo:



Metil-litio

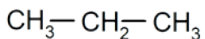


Butil-litio

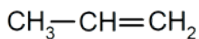


Según los grupos funcionales que tienen (-OH, O=C, -NH<sub>2</sub>, entre otros):

- Los hidrocarburos, específicamente los alcanos, alquenos y alquinos, constan de estructuras de carbono e hidrógeno, aunque también pueden incluir otros átomos unidos. Los alcanos están compuestos de átomos de carbono conectados por enlaces simples, mientras que los alquenos tienen dobles enlaces y los alquinos tienen triples enlaces, por ejemplo:

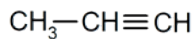


Propano



Propeno

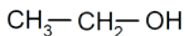
(Propileno)



Propino

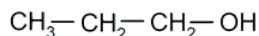
(Metilacetileno)

- Alcoholes. Son hidrocarburos que tienen sustituido un hidrógeno por un grupo hidroxilo (-OH). Si varios grupos hidroxilos sustituyen varios hidrógenos, se llaman polialcoholes. Por ejemplo:



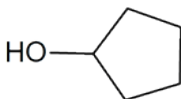
Etanol

(Alcohol etílico)



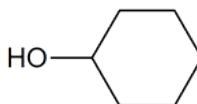
Propanol

(Alcohol propílico)



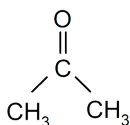
Ciclopentanol

(Alcohol ciclopentílico)

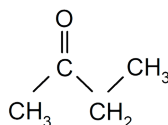


Ciclohexanol

- **Cetonas.** Son compuestos orgánicos que tienen en su estructura un grupo carbonilo ( $\text{O}=\text{C}=\text{}$ ) enlazado a dos átomos de carbono. Por ejemplo:

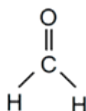


Propanona  
(Acetona)

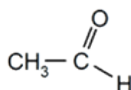


Butanona  
(metiletilcetona)

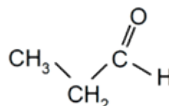
- **Aldehídos.** Son compuestos orgánicos que tienen en su estructura un grupo carbonilo ( $\text{O}=\text{C}=\text{}$ ) enlazado a un átomo de hidrógeno y a un átomo de carbono. Por ejemplo:



Metanal  
(Formaldehído)

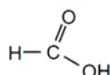


Etanal  
(Acetaldehído)

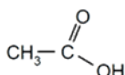


Propanal  
(Propaldehído)

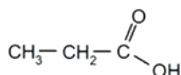
- **Ácidos carboxílicos.** Son compuestos orgánicos que tienen en su estructura un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ). Por ejemplo:



Ácido metanoico  
(Ácido fórmico)

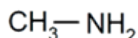


Ácido etanoico  
(Ácido acético)

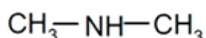


Ácido propanoico  
(Ácido propiónico)

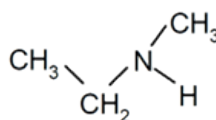
- **Aminas.** Son compuestos orgánicos cuya estructura deviene de sustituir uno o varios hidrógenos de la molécula de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), por determinados sustituyentes. Por ejemplo:



Metilamina



Dimetilamina



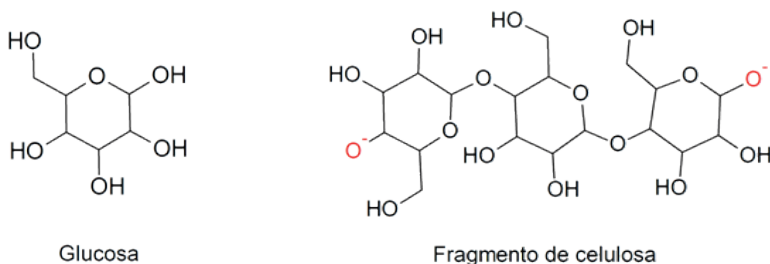
Etilmetilamina

Según su tamaño o peso molecular

- Los polímeros, que son macromoléculas, se forman uniendo monómeros mediante enlaces químicos. El tamaño o peso molecular de los monómeros determina su composición. Un ejemplo de monómero es la glucosa.
- Las macromoléculas conocidas como polímeros se forman uniendo unidades más pequeñas llamadas monómeros. Un ejemplo de polímero es la celulosa.

### Figura 6.

*Polímeros.*



**Nota.** Extraído de Química orgánica

### 4.3. El desarrollo histórico y la evolución de la química orgánica como disciplina científica

El inicio de la química orgánica, a menudo denominada química del carbono debido a su enfoque en compuestos que contienen carbono, se remonta a descubrimientos y avances fundamentales que dieron forma a su base y desarrollo posterior, un aspecto central de este campo es el estudio de sustancias y compuestos orgánicos, que incluyen no sólo el carbono sino también el hidrógeno, el azufre, el oxígeno, el nitrógeno y los halógenos como elementos fundamentales (Editorial Etecé, 2021).

El establecimiento formal de la Química Orgánica como disciplina se produjo en la década de 1930, pero sus raíces se remontan mucho más atrás, en particular al innovador experimento de Friedrich Wöhler en 1828, este experimento demostró que la urea, un compuesto orgánico, podía sintetizarse a partir de un precursor inorgánico, desafiando la creencia predominante de que los compuestos orgánicos Las sustancias sólo podrían producirse me-

diante la intervención de organismos vivos este hito, junto con el desarrollo de nuevos métodos analíticos para aislar sustancias orgánicas de fuentes animales y vegetales, impulsó significativamente el avance del campo (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022).

La introducción del término Química Orgánica por Jöns Jacob Berzelius y las contribuciones de figuras como Wöhler y Archibald Scott Couper, reconocidos como los “padres” de la química orgánica, subrayan tanto la profundidad histórica como el carácter colaborativo de los descubrimientos que han definido la disciplina (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022; Ferroviál, 2024).

Partiendo del conocimiento fundamental de que la química orgánica gira en torno al estudio de formas de vida basadas en el carbono y sus derivados, el campo ha experimentado una evolución significativa a lo largo de los siglos, marcada por su continua expansión y la creciente complejidad de su materia. Esta evolución se ilustra notablemente con la historia de la publicación del Handbook of Organic Chemistry, que comenzó como un modesto conjunto de dos volúmenes en 1880 pero se había expandido a la asombrosa cifra de treinta y siete volúmenes en 1937, lo que refleja la rápida acumulación de conocimiento sobre los compuestos orgánicos (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022).

Sólo en el período comprendido entre 1910 y 1919 se produjo tal riqueza de información nueva que fue necesario un suplemento de 27 volúmenes para capturar la esencia de los descubrimientos realizados durante esa década, lo que subraya el crecimiento exponencial en la comprensión de los compuestos orgánicos. Dicho crecimiento se ha visto aún más ejemplificado por el aumento de diez veces en el número de compuestos orgánicos conocidos desde principios del siglo XX hasta la actualidad, un testimonio de la naturaleza dinámica del campo y su papel fundamental en el avance tanto del conocimiento científico como de las aplicaciones prácticas (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022).

Esta búsqueda incesante de conocimiento se ha visto facilitada por los avances tecnológicos, en particular la llegada del servicio Beilstein Online en 1988, que revolucionó la accesibilidad de la información al ofrecer los últimos trabajos más rápidamente esta transición a plataformas digitales ha culminado en la era actual en la que la información sobre química orgánica está fácilmente disponible en Internet, lo que significa un cambio monumental hacia la democratización del conocimiento y hacerlo accesible a un público más amplio (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2022).

Esta transformación digital no solo refleja la evolución de la química orgánica como disciplina, sino que también destaca la adaptabilidad del campo y su esfuerzo continuo por mejorar la accesibilidad y difusión del conocimiento.

#### **4.4. El papel de la química orgánica en el desarrollo de fármacos**

Partiendo del conocimiento fundamental de los compuestos orgánicos, el campo de la química orgánica ha ampliado significativamente sus horizontes, particularmente en el sector farmacéutico y la preparación de alimentos.

La industria farmacéutica, como lo destacan los avances recientes, depende en gran medida del complejo conocimiento y aplicaciones de la química orgánica para desarrollar medicamentos que sean más efectivos y seguros para el consumo. Este es un ejemplo de cómo la química orgánica no sólo contribuye a mejorar la calidad de la atención sanitaria, sino que también subraya su papel vital en la investigación y el desarrollo de productos, respaldado además por programas especializados como el Máster IQS en Química Farmacéutica, que prepara a las personas para una gran cantidad de oportunidades profesionales (Alvarez, 2021).

La preparación y mejora de los alimentos para aprovechar un mejor consumo representa otra área en la que la química orgánica ha logrado avances notables (Alvarez, 2021). Estos avances en la ciencia de los alimentos garantizan que los consumibles no sólo sean más seguros sino también de mayor valor nutricional, satisfaciendo la demanda mundial de opciones alimentarias más saludables.

Esta incorporación de la química orgánica a sectores tan críticos de la economía no sólo resalta su versatilidad sino también su papel indispensable en la mejora de la calidad de vida, contribuyendo así significativamente a la economía global (Universidad Europea, 2024).

El papel de la química orgánica en el desarrollo de fármacos: una investigación sobre sus aplicaciones y avances en la industria farmacéutica, en el intrincado camino del desarrollo de fármacos, la química orgánica está a la vanguardia y desempeña un papel indispensable en la creación de nuevos agentes terapéuticos.

La síntesis de nuevos fármacos es un proceso complejo que requiere un conocimiento profundo de las estructuras moleculares y la reactividad de los compuestos de carbono (IQS, 2024) esta rama de la química contribuye significativamente mediante la identificación y síntesis de nuevas moléculas

orgánicas que tienen el potencial de evolucionar hacia medicamentos que salvan vidas (Cocinet Rosario, 2020).

Una de las contribuciones más innovadoras de la química orgánica a la industria farmacéutica es su capacidad para agilizar el proceso de desarrollo de fármacos mediante técnicas como la síntesis orgánica en fase sólida, este método no sólo simplifica el proceso de purificación al unir la molécula objetivo a un soporte sólido, sino que también reduce significativamente el impacto ambiental al minimizar la producción de desechos (Cocinet Rosario, 2020).

A través de estos enfoques innovadores, la química orgánica mejora la eficiencia y la sostenibilidad de la síntesis de fármacos, subrayando su papel vital en el avance de la ciencia médica y la mejora de la salud humana.

El progreso en la química orgánica, especialmente en el ámbito del desarrollo de fármacos, ha sido monumental en la elaboración de terapias que combaten enfermedades y afecciones potencialmente mortales. Los avances de los años 80 y 90 han sido particularmente transformadores, proporcionando la base para sintetizar fármacos antivirales y antitumorales que han mejorado significativamente los resultados de los pacientes (Fernández, 2020).

Este salto en la metodología química no solo ha facilitado la creación de medicamentos con mayor eficacia, sino que también ha contribuido al rápido desarrollo de vacunas en respuesta a crisis sanitarias globales, como la pandemia de COVID-19 (IQS, 2024).

La llegada de la química combinatoria ha revolucionado el proceso de descubrimiento de fármacos al acelerar la síntesis de moléculas orgánicas, reduciendo así significativamente el tiempo desde el concepto hasta los ensayos clínicos (Cocinet Rosario, 2020). Esta aceleración es fundamental en el ámbito de la investigación médica, donde la capacidad de desarrollar e implementar tratamientos eficaces de manera rápida puede salvar millones de vidas.

Junto con los avances en la síntesis orgánica en fase sólida, que agiliza el proceso de purificación, estas innovaciones en química orgánica no solo han acelerado el desarrollo de fármacos, sino que también han mejorado la sostenibilidad de estos procesos, alineándose con el énfasis del resumen en la protección ambiental (Cocinet Rosario, 2020).

Aprovechando las metodologías y los avances recientes en la química orgánica, como la síntesis orgánica en fase sólida que ofrece una mayor selectividad y toxicidad hacia las células cancerosas que las células normales,

el campo de la química orgánica continúa expandiendo su influencia en la industria farmacéutica al centrarse en el diseño y optimización de medicamentos más seguros y eficaces.

El énfasis en la obtención de compuestos que puedan mejorar significativamente la eficiencia y seguridad de los productos farmacéuticos es un testimonio del compromiso de la disciplina con la salud pública (Fernández, 2020) además, el papel de la química orgánica en la reducción de los efectos secundarios de los productos farmacéuticos es fundamental, ya que minimizar las reacciones adversas es crucial para la seguridad del paciente y la eficacia general de la medicación (Saldivar, 2017).

Este compromiso de optimizar los medicamentos no sólo mejorando su eficacia terapéutica sino también garantizando su seguridad muestra el papel integral que desempeña la química orgánica en el desarrollo de productos farmacéuticos. El objetivo de preparar nuevos materiales con propiedades diseñadas a medida, como el desarrollo de polímeros biocompatibles, subraya el enfoque innovador que adoptan los químicos orgánicos para mejorar tanto la seguridad como la eficacia de los productos farmacéuticos (Universidad Europea, 2024).

A través de estos esfuerzos, la química orgánica continúa contribuyendo significativamente a los avances en diversos campos interdisciplinarios, incluidos la biotecnología, la bioquímica y la medicina, lo que en última instancia conduce al desarrollo de productos farmacéuticos que son a la vez eficaces y seguros para el uso del consumidor.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

## Capítulo V

# Reacciones Orgánicas: Sustituciones y Eliminaciones





---

## 5.1. Introducción

Las reacciones orgánicas son de trascendental importancia en la Química Orgánica, ya que permiten la síntesis y modificación de compuestos orgánicos. Siendo estas reacciones utilizadas en la fabricación de una extensa diversidad de productos químicos, desde medicamentos, plásticos, productos agrícolas y materiales de construcción entre otros.

## 5.2. Definición

En primer lugar, es relevante señalar a Fernández (2024), el cual define:

Las reacciones son un elemento importante de la química orgánica, y su conocimiento es esencial para el químico. La conversión de unas sustancias en otras se realiza mediante el empleo de reacciones, que en muchos casos actúan sobre grupos concretos de la molécula. (p. 1)

De igual manera las reacciones orgánicas son procesos químicos esenciales que ocurren en los compuestos orgánicos, es decir, aquellos que contienen carbono. Estas reacciones involucran cambios en la estructura molecular y enlaces químicos de estos compuestos, dando lugar a la formación de nuevas moléculas.

Inclusive estas reacciones implican la ruptura y formación de enlaces químicos entre átomos de carbono y otros elementos como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, entre otros.

Siendo así la base de la Química Orgánica y desempeñando un papel crucial en la comprensión y aplicación de esta disciplina

En segundo lugar, es importante mencionar a Ondarse (2021), donde expone que las reacciones químicas son procesos termodinámicos de transformación de la materia. Donde actúan dos o más sustancias (reactivos o reactivos), que modifican significativamente en el proceso, y pueden absorber o liberar energía para crear dos o más sustancias citadas como productos.

Además, las reacciones orgánicas son esenciales en la Química Orgánica, ya que nos permiten comprender y controlar la síntesis y modificación de moléculas orgánicas, así como estudiar sus propiedades y comportamientos químicos.

### 5.3. Características de las reacciones orgánicas

- Son más lentas que las inorgánicas, por lo que requieren el uso de catalizadores.
- La mayoría son reversibles y finalizan en un estado de equilibrio.
- Los rendimientos son bajos (en la facultad, durante las prácticas, rondábamos el 10%) porque es fácil que se produzcan reacciones secundarias, alcanzando un conjunto de diferentes compuestos e isómeros.
- Suelen llevarse a cabo en estado gaseoso o líquido, pero muy pocas veces en disolución acuosa, ya que la mayoría de los compuestos orgánicos son poco solubles en agua

### 5.4. Clasificación de las reacciones orgánicas

Según Hoyos (2020), estas reacciones se clasifican según sea el tipo de reactivo que sustituirá al original, ya sea un nucleófilo, electrófilo o radical libre o si el sustrato es alifático o aromático.

Al mismo tiempo, las reacciones orgánicas pueden ser clasificadas en diferentes tipos, como adición, eliminación, sustitución, oxidación, reducción, entre otras. Siendo fundamentales en la síntesis de compuestos orgánicos, la elaboración de productos químicos y la comprensión de la química de la vida.

De igual manera, es relevante resaltar que una clasificación importante es la que atiende al tipo de transformación que ocurre en el compuesto orgánico. Donde se tienen los siguientes tipos de reacciones de sustituciones y reacciones por eliminaciones:

Estos dos tipos de reacciones son fundamentales en la química orgánica y juegan un papel importante en la síntesis y transformación de compuestos orgánicos.

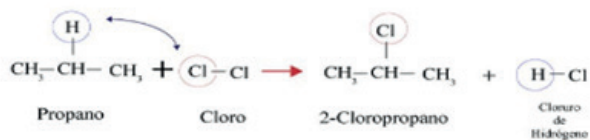
### 5.5. Reacciones de sustitución

Las reacciones de sustitución vienen siendo aquellas en las que un átomo o grupo atómico existente en una molécula orgánica es sustituido o desplazado por otro. Se caracteriza por la ruptura de un enlace, seguida o acompañada de la formación de otro nuevo.

Según Hoyos (2020), las reacciones de sustitución son aquellas donde un átomo o grupo de átomos de un compuesto químico son "sustituidos" por otro átomo o grupo de átomos.

**Figura 7.**

*Reacciones de sustitución.*



**Nota.** Tomado de *las Reacciones de sustitución, adición y eliminación de Hoyos* (2020), <https://cursoparalaunam.com/reacciones-de-sustitucion-adicion-y-eliminacion>

También, pudiendo encontrar el desplazamiento simple. Llamadas “reacciones de sustitución simple”, el cual suceden cuando dos elementos intercambian sus lugares respectivos dentro de un mismo compuesto. Es decir, un elemento sustituye a otro en su exacto lugar de la fórmula, balanceando sus pertinentes cargas eléctricas con otros átomos según convenga.

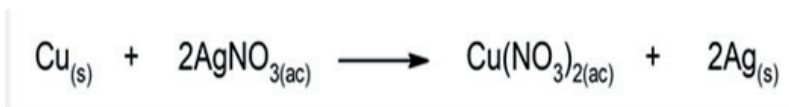
A modo de ejemplo es lo que sucede cuando un metal desplaza al hidrógeno en un ácido y se crean sales, como sucede cuando las baterías de un aparato se descomponen.

De igual manera, el desplazamiento de la plata por cobre. Es una reacción de desplazamiento simple en la que se puede ver cómo al sumergir un fragmento de cobre metálico en una disolución de nitrato de plata, el color de la disolución se torna azul y se deposita una delgada capa de plata metálica sobre el fragmento de cobre.

En este caso, parte del cobre metálico (Cu) se transforma en el ion  $\text{Cu}^{2+}$ , como parte del nitrato de cobre (II) ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ), cuya disolución tiene un lindo color azul. Por otro lado, parte del catión  $\text{Ag}^+$ , que forma parte del nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), se transforma en plata metálica (Ag) que se deposita.

**Figura 8.**

*Desplazamiento simple o reacción de sustitución plata por cobre.*



**Nota.** Tomado *Reacciones químicas* de Ondarse Álvarez, D. (2021), <https://concepto.de/reacciones-redox/#ixzz8WKu0seqL>

Otra muestra de una reacción de sustitución es la halogenación de los alcanos. En esta reacción, un átomo de hidrógeno en un alcano es reemplazado por un átomo de halógeno, como el cloro o el bromo. Esta reacción es manejada en la síntesis de compuestos orgánicos y en la producción de productos químicos.

De igual manera, una reacción de sustitución es la nitro-sustitución de los compuestos aromáticos. En esta reacción, un grupo nitro (-NO<sub>2</sub>) se sustituye por otro grupo funcional en una molécula aromática. Esta reacción es utilizada en la producción de colorantes, explosivos y productos farmacéuticos.

**5.6. Mecanismo de reacción de sustitución**

El mecanismo de reacción de sustitución es un proceso en el cual un átomo o grupo funcional de una molécula es reemplazado por otro átomo o grupo funcional. Este tipo de reacción es muy común en la química orgánica y tiene una amplia variedad de aplicaciones en la síntesis de compuestos orgánicos.

Un ejemplo tradicional de una reacción de sustitución es la halogenación de los alcanos, donde un átomo de hidrógeno de un alcano es reemplazado por un átomo de halógeno. En esta reacción, se rompe el enlace entre el carbono y el hidrógeno, y se forma un nuevo enlace entre el carbono y el halógeno.

Otra reacción de sustitución es la sustitución nucleófilo, donde un nucleófilo reacciona con un sustrato orgánico para reemplazar un grupo funcional. Este tipo de reacción es ampliamente utilizado en la síntesis de productos farmacéuticos, colorantes y productos químicos industriales.

**5.7. Reacciones de eliminación**

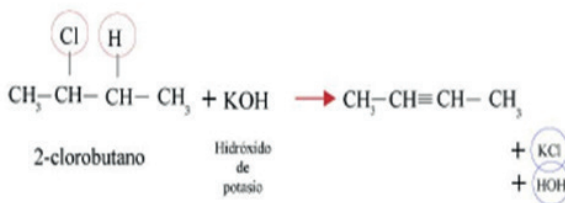
Reacciones de eliminación viene siendo la pérdida intramolecular de una molécula en el seno de otra con formación de un enlace múltiple o de un ciclo. Se determina por dos rupturas de enlace, que pueden ser paralelas y co-

múnmente son consecutivas, cuando las rupturas se delimitan sobre átomos contiguos dan lugar a enlaces múltiples, que es el escenario más habitual. Se consigue asimismo originar una ciclación si el ataque se origina sobre dos átomos no contiguos.

De igual manera, para Hoyos (2020), las reacciones por eliminación son las que representan el proceso inverso de las reacciones por adición, donde uno o más átomos o grupos de átomos, son eliminados de un compuesto original figura 3.

**Figura 9.**

*Reacciones por eliminación.*

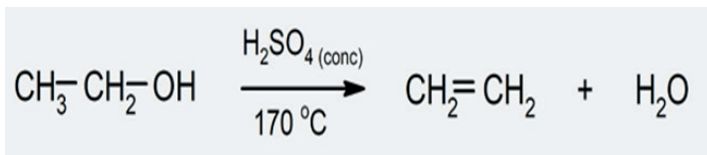


**Nota.** Tomado de *las Reacciones de sustitución, adición y eliminación* de Hoyos (2020), <https://cursoparalaunam.com/reacciones-de-sustitucion-adicion-y-eliminacion>

Para Ondarse (2021), las reacciones de eliminación. Se dan cuando ocurre una pérdida de átomos o grupos de átomos en una molécula. Como resultado, se pueden obtener compuestos con enlaces dobles o compuestos cíclicos figura 4.

**Figura 10.**

*Reacciones de eliminación.*



**Nota.** Tomado de *Química orgánica* de Ondarse (2021) de <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-quimica-organica/#ixzz8WNjyrKa8>

Una muestra común de una reacción de eliminación es la deshidratación de los alcoholes para formar alquenos. En esta reacción, una molécula de agua se elimina de un alcohol, generando un doble enlace entre dos carbonos.

Esta reacción es manejada en la producción de alquenos manipulados en la fabricación de plásticos, fibras y productos químicos.

Otro ejemplo de una reacción de eliminación es la deshalogenación de los haloalcanos. En esta reacción, un átomo de halógeno se elimina de la molécula, generando un enlace doble o triple entre los átomos de carbono vecinos.

Esta reacción es utilizada en la síntesis de compuestos orgánicos y en la producción de productos farmacéuticos.

### **Mecanismo de reacción de eliminación**

El mecanismo de reacción de eliminación es otro proceso importante en la química orgánica. En este tipo de reacción, una molécula se divide en dos o más moléculas más pequeñas, eliminando un grupo funcional o un átomo. Este mecanismo es especialmente relevante en la síntesis de alquenos y alquinos a partir de compuestos orgánicos más complejos.

Una muestra de una reacción de eliminación es la deshidratación de los alcoholes, donde un alcohol pierde una molécula de agua para formar un alqueno. En esta reacción, se rompe el enlace entre el oxígeno y el hidrógeno del alcohol, y se forma un nuevo enlace doble entre los dos carbonos adyacentes.

De igual manera, otra reacción de eliminación es la deshalogenación de los haloalcanos, donde un haloalcano reacciona con una base para formar un alqueno. En esta reacción, se rompe el enlace entre el halógeno y el carbono, y se forma un nuevo enlace doble entre los dos carbonos adyacentes.

### **5.8. Diferencias entre las reacciones de sustituciones y las de eliminaciones**

En las reacciones de sustituciones los átomos son sustituidos por otros, y en las reacciones por eliminaciones los átomos son extraídos, dando lugar a la formación de enlaces múltiples.

## 5.9. Factores que influyen en las reacciones orgánicas

Las reacciones orgánicas son procesos químicos esenciales que tienen lugar en los compuestos orgánicos, los cuales son asiento de la vida. Estas reacciones son la cifra para aclarar los secretos de la vida y entender cómo funcionan los organismos vivos. Para que estas reacciones ocurran de forma eficaz, entran diversos factores que influyen en su velocidad y rendimiento.

**Temperatura y presión:** donde a medida que aumenta la temperatura, la velocidad de reacción también aumenta. Esto se debe a que las moléculas tienen mayor energía cinética, lo que les permite colisionar con mayor frecuencia y con mayor energía, favoreciendo la formación de productos. Por otro lado, la presión también puede influir en las reacciones, especialmente en aquellas en las que están involucrados gases.

De igual manera, un aumento en la presión puede favorecer la formación de productos gaseosos, ya que aumenta la cantidad de moléculas presentes en un volumen determinado, lo que aumenta las posibilidades de colisión y reacción.

Una muestra de la influencia de la temperatura y la presión en las reacciones orgánicas es la síntesis de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) a partir de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) e hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) en el proceso conocido como Haber-Bosch. Esta reacción se lleva a cabo a alta temperatura (400-500 °C) y alta presión (150-200 atmósferas) para obtener una alta conversión de los reactivos en amoníaco, que es un compuesto químico esencial para la producción de fertilizantes y otros productos químicos.

**Catalizadores:** son sustancias que aceleran las reacciones químicas al suministrar una ruta de reacción alternativa con menor energía de activación. En el caso de las reacciones orgánicas, los catalizadores pueden ser metales, enzimas u otras sustancias orgánicas. Admitiendo que las reacciones ocurran a temperaturas más bajas y en condiciones más suaves, lo que reduce los costos y los impactos ambientales de los procesos químicos.

Un ejemplo de catalizador en una reacción orgánica es el platino (Pt) utilizado en la hidrogenación de alquenos para obtener alcanos. El platino actúa como un catalizador al proporcionar un sitio de adsorción para los reactivos, admitiendo la rotura de los enlaces dobles y la adición de hidrógeno. Esto proporciona la reacción y aumenta la velocidad de formación de los productos.

**Concentración de reactivos:** donde a medida que aumenta la concentración de los reactivos, aumenta la cantidad de moléculas presentes en un vo-

lumen determinado, lo que aumenta las posibilidades de colisión y reacción. Esto favorece la formación de productos y acelera la velocidad de la reacción.

Por ejemplo, en la reacción de esterificación para la síntesis de ésteres, el aumento de la concentración de los reactivos (ácido carboxílico y alcohol) favorece la formación de ésteres y aumenta la velocidad de la reacción. Esto es fundamentalmente significativo en la industria de fragancias y sabores, donde se producen grandes cantidades de ésteres para obtener los aromas deseados.

### **5.10. Importancia de las reacciones orgánicas**

Las reacciones orgánicas juegan un papel fundamental en la industria química, siendo clave para la síntesis de una amplia gama de productos químicos. Permitiendo la transformación de compuestos orgánicos en otros de mayor valor agregado, a través de una serie de procesos controlados.

También, las reacciones orgánicas además son utilizadas para la producción de materiales y productos químicos utilizados en la fabricación de productos de consumo.

Asimismo, las reacciones orgánicas son clave en la producción de medicamentos y productos farmacéuticos. La síntesis de nuevos compuestos orgánicos y la modificación de moléculas existentes permiten el adelanto, perfeccionamiento y creación de medicamentos más efectivos y seguros para el tratamiento de enfermedades.

De igual condición es relevante señalar que, en la vida cotidiana, las reacciones orgánicas también están presentes en numerosos procesos. Como en la fermentación es una reacción orgánica que ocurre durante la producción de alimentos como el pan, el vino y la cerveza.

De igual forma, encontramos que la combustión, que es una reacción de oxidación orgánica, es la base para la generación de energía en motores de combustión interna y en la producción de calor en sistemas de calefacción.

Además, las reacciones orgánicas también tienen un impacto significativo en la fabricación de materiales. Estas reacciones permiten la obtención de compuestos con propiedades específicas, que son utilizados en la fabricación de una amplia gama de materiales. Desde plásticos y resinas hasta fibras y adhesivos, las reacciones orgánicas son fundamentales en la producción de materiales utilizados en diferentes industrias.



Donde las reacciones orgánicas son procesos químicos fundamentales en la Química Orgánica. Son la base para la síntesis y modificación de compuestos orgánicos, así como para el estudio de sus propiedades y comportamientos químicos. Igualmente, estas reacciones desempeñan un papel crucial en la industria y la vida cotidiana, siendo primordiales en la producción de productos químicos, medicamentos y en numerosos procesos que ocurren a nuestro alrededor.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo VI**  
Química Inorgánica



---

## 6.1. Definición

La química inorgánica es una rama de la química que se enfoca en el estudio de los elementos químicos y sus compuestos, excluyendo los compuestos orgánicos que contienen carbono. Estos incluyen: metales, no metales, gases nobles, ácidos, bases, sales y óxidos, entre otros.

Así también, se ocupa de la estructura, propiedades y reactividad de los elementos y compuestos inorgánicos, la síntesis, caracterización y aplicación de estos compuestos, tanto en la naturaleza como en la industria. Entre las aplicaciones más comunes de la química inorgánica se encuentran la producción de materiales como vidrio, cerámica y metales, así como la fabricación de productos químicos, medicamentos y pigmentos.

Al explorar el vasto panorama de la química inorgánica, es fundamental identificar los elementos centrales que constituyen el reino inorgánico. A diferencia de la química orgánica, que gira en torno a compuestos a base de carbono, la química inorgánica profundiza en compuestos principalmente por elementos distintos del carbono (Superprof Blog, 2023). Esto incluye un amplio espectro de compuestos formados al combinar elementos de la tabla periódica, excluyendo el carbono, para crear sustancias como óxidos, carbonatos, sulfatos y haluros (Superprof Blog, 2023; Ferrovia, 2024) entre estos, destacan ciertos compuestos inorgánicos por sus propiedades y funciones únicas. Por ejemplo, el cloruro de sodio sirve como ejemplo por excelencia de un compuesto inorgánico, mostrando su papel en biomoléculas junto con otros compuestos como el ATP y la columna vertebral de polifosfato que se encuentra en el ADN (Ferrovia, 2024). Esto resalta la diversidad y la importancia de los compuestos inorgánicos, subrayando su papel indispensable en diversas disciplinas y aplicaciones científicas.

Comprender las diferencias fundamentales entre compuestos orgánicos e inorgánicos es crucial para comprender el alcance más amplio de la química. Una de las principales distinciones radica en la composición de estos compuestos, particularmente en su relación con el carbono, mientras que los compuestos orgánicos se caracterizan por sus estructuras basadas en carbono, que contienen átomos de carbono en su estructura molecular, los compuestos inorgánicos normalmente no incorporan átomos de carbono como elementos centrales en su estructura (Superprof Blog, 2023).

Esta ausencia de carbono es significativa, ya que delimita los tipos de reacciones y procesos químicos que puede sufrir cada clase de compuestos, los compuestos inorgánicos son conocidos por su diversidad de elementos,

incluidos metales, no metales y gases nobles, entre otros (Química y sociedad, 2023), lo que enfatiza el enfoque del campo en la comprensión de una amplia gama de comportamientos y propiedades químicas.

Esta diversidad se extiende a sus aplicaciones, desde la formación de bases y ácidos hasta la síntesis de compuestos orgánicos, como lo demuestra la síntesis histórica de urea a partir de cianato de amonio la síntesis de urea, en particular, marcó un momento crucial en la química, destacando el potencial de los compuestos inorgánicos para cruzarse con la química orgánica y desafiando la división previamente rígida entre estas dos ramas (Superprof Blog, 2023), este ejemplo no sólo ilustra la versatilidad de los compuestos inorgánicos, sino que también subraya la complejidad y la interconexión de las disciplinas químicas, fomentando un enfoque más integrado para estudiar la química.

En la química inorgánica, las reacciones son variadas y abarcan una amplia gama de mecanismos, en particular las reacciones redox, que son particularmente comunes entre los elementos de transición debido a su capacidad de existir en múltiples estados de oxidación, estos procesos redox se pueden clasificar ampliamente en reacciones de transferencia de átomos y reacciones de transferencia de electrones, destacando la naturaleza dinámica de los compuestos inorgánicos en el intercambio de electrones o átomos para lograr estabilidad (Ferroval, 2024).

El ámbito de la química ácido-base en compuestos inorgánicos a menudo implica el intercambio de protones entre reactivos que contienen átomos de hidrógeno, y la teoría ABDB enriquece aún más nuestra comprensión al considerar la polarizabilidad y el tamaño de los iones en estas interacciones (Ferroval, 2024). Esta diversidad en los tipos de reacciones subraya la complejidad y el vasto alcance de la química inorgánica, yendo más allá de la visión simplista que la contrasta marcadamente con la química orgánica como se describe en el párrafo anterior.

## **6.2 Propiedad de la Química Inorgánica**

Las propiedades de la química inorgánica incluyen el estudio de la estructura, propiedades físicas y químicas, síntesis, aplicaciones y naturaleza de los elementos y compuestos inorgánicos.

Como son las que citaremos y desarrollaremos a continuación:

- Estructura: Se enfoca en el estudio de la estructura de los elementos y compuestos inorgánicos, lo que implica el análisis de la disposición de los átomos y enlaces químicos que forman estas sustancias.
- Propiedades físicas: Estudia las propiedades físicas de los elementos y compuestos inorgánicos, como la densidad, la solubilidad, el punto de fusión y ebullición, la conductividad eléctrica, entre otros.
- Propiedades químicas: Se centra en el estudio de las propiedades químicas de los elementos y compuestos inorgánicos, como su reactividad, capacidad de formar enlaces químicos y capacidad de reaccionar con otros compuestos.
- Síntesis: Estudia la síntesis de nuevos compuestos inorgánicos a través de diferentes métodos químicos, lo que implica el diseño y creación de nuevas moléculas.
- Aplicaciones: Tiene una amplia variedad de aplicaciones prácticas, como la producción de materiales como metales, cerámicas y vidrios, así como la fabricación de productos químicos, medicamentos y pigmentos.
- Naturaleza: Se enfoca en el estudio de la naturaleza y el comportamiento de los elementos y compuestos inorgánicos en la naturaleza, lo que implica el análisis de su presencia en la Tierra, en la atmósfera y en otros cuerpos celestes.

### **6.3. Compuesto de la Química Inorgánica**

Las propiedades fundamentales de los compuestos inorgánicos, que incluyen su estructura y propiedades físicas y químicas, desempeñan un papel fundamental en diversas aplicaciones que van desde la naturaleza hasta la industria, estas propiedades no son meros conceptos abstractos, sino que son directamente observables en la síntesis y caracterización de compuestos inorgánicos, un proceso central para la química inorgánica por ejemplo, las estructuras específicas de los compuestos inorgánicos, como su composición molecular menos compleja en comparación con los compuestos orgánicos, contribuyen a sus características físicas distintivas, como puntos de fusión y ebullición más altos (Química y sociedad, 2023)

La capacidad inherente de los compuestos inorgánicos para formar enlaces químicos y reaccionar con otros compuestos subraya sus propiedades

químicas, que son cruciales para su uso generalizado en aplicaciones tecnológicas y para actuar como minerales en la naturaleza (Química y sociedad, 2023; Benítez, 2023), el hecho de que estos compuestos estén combinados principalmente de elementos distintos del carbono resalta su gran diversidad y el papel único que desempeñan en el ámbito químico, diferenciándolos de los compuestos orgánicos (Benítez, 2023).

Esta comprensión integral de las propiedades fundamentales de los compuestos inorgánicos subraya la importancia de la química inorgánica en la exploración de la síntesis, las aplicaciones y la naturaleza de estos elementos y compuestos esenciales (Química y sociedad, 2023).

No se puede subestimar el impacto significativo de las propiedades de los compuestos inorgánicos en las aplicaciones industriales, particularmente en los ámbitos de la construcción, la manufactura y la tecnología, estas propiedades, derivadas de la naturaleza fundamental de los compuestos inorgánicos, han permitido una amplia gama de usos en diversos sectores, por ejemplo, la dureza y resistencia del acero, una aleación que se beneficia de la química inorgánica, lo convierten en un material indispensable en la construcción, la cocina y la fabricación de herramientas (Benítez, 2023).

Esta utilidad se amplía aún más a la producción de productos químicos, medicamentos y pigmentos, lo que demuestra la versatilidad de los compuestos inorgánicos para mejorar y facilitar numerosos procesos industriales (Química y sociedad, 2023) otro ejemplo de la utilidad de los compuestos inorgánicos en el uso industrial ,es por ejemplo, la estabilidad térmica de compuestos inorgánicos específicos como el dióxido de silicio y los óxidos de aluminio es crítica en la industria del vidrio y la cerámica, donde estas propiedades aseguran la durabilidad y confiabilidad de los productos utilizados en aplicaciones domésticas, de construcción y de ingeniería (Ferroval, 2024).

Mediante la manipulación y la comprensión de las propiedades únicas de los compuestos inorgánicos, las industrias pueden innovar y optimizar sus procesos de fabricación, lo que lleva al desarrollo de productos que son parte integral de la vida moderna y el avance de la tecnología.

Partiendo de la comprensión de cómo las propiedades de los materiales influyen en las aplicaciones industriales, es fundamental profundizar en los impactos ambientales específicos de los productos químicos inorgánicos, que son omnipresentes en diversas industrias. Los compuestos inorgánicos, por su propia naturaleza, desempeñan un papel importante en la dinámica ambiental. Su impacto no se limita simplemente a su presencia, sino que se

extiende a través de sus interacciones con los sistemas biológicos y ecológicos (Química Online, 2023), esto se debe a que las propiedades de estas sustancias, que son críticas para determinar sus aplicaciones y efectos, están inherentemente ligadas a sus estructuras moleculares (Benítez, 2023).

Estas propiedades pueden conducir a resultados tanto beneficiosos como perjudiciales. Por ejemplo, si bien los productos químicos inorgánicos son indispensables en la producción de fertilizantes que ayudan a la producción de alimentos, también pueden contribuir a la contaminación del agua y a la eutrofización cuando no se manejan adecuadamente. La dicotomía de los efectos de las sustancias inorgánicas resalta la importancia de comprender y regular su uso y eliminación para mitigar los impactos ambientales adversos. Por lo tanto, las implicaciones ambientales de los compuestos inorgánicos son una consecuencia directa de sus propiedades químicas, que dictan su comportamiento e interacción dentro del medio ambiente (Benítez, 2023; Química Online, 2023).

### **Descripción general de los compuestos de química inorgánica**

La química inorgánica, una rama dedicada al estudio de compuestos inorgánicos, se centra en comprender la estructura, propiedades y reactividad de una amplia gama de sustancias que no se basan principalmente en carbono e hidrógeno (Química y sociedad, 2023). Entre los innumerables tipos de compuestos inorgánicos, las categorías importantes incluyen sales, óxidos, carbonatos, sulfatos y haluros, cada uno de los cuales comprende varios elementos de la tabla periódica, lo que destaca el amplio alcance de la disciplina (Ferroval, 2024). En particular, los compuestos inorgánicos se caracterizan por su amplia variedad de composición, que involucra metales, no metales y elementos de transición, y pueden existir en formas que van desde compuestos binarios simples hasta compuestos ternarios más complejos que involucran tres elementos químicos diferentes (Ferroval, 2024). Esta inmensa diversidad, subrayada por la presencia de casi todos los elementos conocidos en los compuestos inorgánicos, distingue a la química inorgánica como un campo que explora los componentes fundamentales de la materia, extendiéndose más allá de los límites del enfoque centrado en el carbono de la química orgánica.

Partiendo del conocimiento de que los compuestos inorgánicos carecen de enlaces carbono-hidrógeno, resulta crucial profundizar en las metodologías de clasificación que categorizan aún más estos compuestos en distintos grupos. La clasificación se centra en la posición del elemento más pesado en

la tabla periódica, lo que permite a los químicos agrupar sistemáticamente compuestos según su composición elemental (Ferrovial, 2024). Además, la agrupación de compuestos inorgánicos según sus similitudes estructurales ayuda a comprender su comportamiento químico y su potencial reactividad. Este método de clasificación se extiende más allá de la mera composición elemental para considerar las propiedades químicas de los compuestos, como su capacidad para formar enlaces y reaccionar con otros compuestos (Química y sociedad, 2023). Por lo tanto, la categorización de compuestos inorgánicos no es una tarea simplista sino más bien un proceso complejo que requiere una comprensión matizada de los principios fundamentales de la química. A través de esta clasificación sistemática, los investigadores y químicos pueden predecir el comportamiento de compuestos inorgánicos en diversas reacciones químicas, mejorando nuestra capacidad para utilizar estos compuestos en aplicaciones científicas e industriales.

Los compuestos inorgánicos pueden ser: **binarios o ternarios, según la cantidad de elementos** que los compongan, dentro de estas dos grandes clasificaciones, se dividen, a su vez, en:

### Compuestos binarios

- **Óxidos metálicos:** también conocidos como óxidos básicos, están formados por un elemento metálico más oxígeno.
- **Anhídridos:** también llamados óxidos no metálicos u óxidos ácidos, están compuestos por un elemento no metálico y oxígeno.
- **Peróxidos:** están formados por ciertos metales más combinaciones binarias de oxígeno (ion peróxido).
- **Hidruros:** también llamados hidruros metálicos, están formados por un elemento metálico e hidrógeno.
- **Hidruros volátiles:** están formados por hidrógeno más un elemento entre nitrógeno (N), fósforo (P), arsénico (As), antimonio (Sb), carbono (C), silicio (Si) y boro (B).
- **Hidrácidos:** también conocidos como hidruros no metálicos o ácidos hidrácidos, son combinaciones binarias entre hidrógeno, junto con los halógenos flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br) y yodo (I) —excepto astato (At)— con los anfígenos azufre (S), selenio (Se) y telurio (Te) —excepto el oxígeno (O)—.



- **Sales binarias:** son la combinación de dos elementos distintos del hidrógeno y el oxígeno.
- **Sales neutras:** resultan de la unión de un elemento metálico y uno no metálico.
- **Sales volátiles:** resultan de la unión de dos elementos no metálicos.

### Compuestos ternarios

- **Hidróxidos:** aunque su formulación y su nomenclatura es igual a la de los elementos binarios, son compuestos ternarios e iónicos formados por un metal y un elemento del grupo hidróxido.
- **Oxoácidos:** están formados por hidrógeno, un no metal y oxígeno. Algunas veces pueden contener un elemento metálico que actúa como no metálico en alto estado de oxidación.
- **Oxisales:** también conocidas como sales ternarias, están conformadas por un metal, un no metal y oxígeno.

Las aplicaciones prácticas de los compuestos inorgánicos abarcan una amplia gama de industrias y campos científicos, lo que demuestra su versatilidad y su papel esencial en la tecnología moderna y la vida diaria. Los compuestos inorgánicos tienen muchas aplicaciones en varios campos científicos y tecnológicos, por ejemplo:

**En química:** se utilizan como materia prima en la producción de una amplia variedad de productos, como fertilizantes, productos farmacéuticos y productos de limpieza. También se utilizan para la fabricación de otras materias primas; por ejemplo, el cloruro de sodio se utiliza en la producción de cloro y sosa cáustica, que son materia prima para la fabricación de plásticos, papel y productos de limpieza.

**Electrónica:** los semiconductores inorgánicos, como el silicio, se utilizan en la producción de chips y circuitos integrados. Los compuestos de óxido metálico, como el óxido de zinc, se utilizan en pantallas de cristal líquido y diodos emisores de luz (LED).

**Energía:** los compuestos inorgánicos desempeñan un papel importante en la generación y almacenamiento de energía. Se utilizan en baterías recargables, como las baterías de litio, y en celdas de combustible, como catalizadores, para facilitar la reacción de oxidación del hidrógeno.

**Medicina y farmacia:** los compuestos inorgánicos se utilizan en diversos tratamientos y estudios diagnósticos; por ejemplo, los compuestos de platino se usan en quimioterapia, los compuestos de yodo son agentes de contraste para la obtención de imágenes médicas (como la tomografía computarizada y la resonancia magnética), y los compuestos de hierro se utilizan como suplementos nutricionales.

**Catalizadores:** se utilizan en la producción de productos petroquímicos, la síntesis de productos farmacéuticos, la producción de plásticos y la purificación de gases de escape en la industria automotriz, porque actúan como catalizadores en diversas reacciones químicas.

**Industria del vidrio y la cerámica:** gracias a su gran estabilidad térmica, los compuestos inorgánicos —como el dióxido de silicio o los óxidos de aluminio y titanio— son muy utilizados en la fabricación de vidrios y cerámicas, tanto para usos domésticos como para construcción e ingeniería.

**Industria textil:** los compuestos inorgánicos se utilizan como pigmentos y colorantes en procesos textiles, pero también para la fabricación de pinturas y tintas.

En el campo de la medicina, la química inorgánica desempeña un papel crucial, y compuestos como el platino se utilizan en tratamientos de quimioterapia para combatir diversos tipos de cáncer, lo que demuestra el impacto directo de los compuestos inorgánicos para salvar vidas (Ferrovia, 2024).

También estos compuestos encuentran su aplicación en la producción de materiales y productos químicos, incluidos metales, cerámicas y vidrios, que son fundamentales en los sectores de la construcción y la fabricación (Química y sociedad, 2023).

El uso de compuestos inorgánicos como el cloruro de sodio en la fabricación de cloro y sosa cáustica, esenciales para producir una amplia gama de productos de consumo, desde plásticos y papel hasta productos de limpieza (Química y sociedad, 2023). Por lo tanto, el alcance de la química inorgánica se extiende mucho más allá del estudio teórico, y se integra profundamente en el tejido de numerosas industrias a través de sus aplicaciones prácticas, desde la atención médica hasta la fabricación de bienes de consumo, lo que ilustra la naturaleza indispensable de los compuestos inorgánicos para hacer avanzar la tecnología y mejorar la salud y el bienestar del ser humano.

Estos son solo algunos ejemplos de los muchos tipos de compuestos inorgánicos que existen. La química inorgánica se enfoca en el estudio de la

estructura, propiedades y reactividad de estos compuestos y su papel en la naturaleza y la tecnología.

#### **6.4 Usos de la química inorgánica en la actualidad**

La química inorgánica es una rama importante de la química que tiene una amplia variedad de aplicaciones en la actualidad. Veamos algunos ejemplos:

1. **Materiales:** La química inorgánica se utiliza en la producción de materiales como metales, cerámicas y vidrios. Los materiales inorgánicos se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde la construcción hasta la fabricación de dispositivos electrónicos.
2. **Producción de energía:** La química inorgánica se utiliza en la producción de energía, incluyendo la producción de pilas y baterías que utilizan compuestos inorgánicos como electrolitos.
3. **Medicamentos:** Muchos medicamentos importantes contienen compuestos inorgánicos, como el cisplatino, que se utiliza en el tratamiento del cáncer.
4. **Agricultura:** Se utiliza en la producción de fertilizantes y productos químicos utilizados en la agricultura para mejorar la producción de cultivos.
5. **Industria alimentaria:** Se usa en la producción de aditivos alimentarios y productos químicos utilizados para preservar los alimentos y mejorar su sabor y textura.
6. **Industria química:** Se emplea en la producción de una amplia variedad de productos químicos, incluyendo ácidos, bases y sales.
7. **Tecnología de la información:** Se utiliza en la producción de dispositivos electrónicos, como circuitos integrados y pantallas de cristal líquido.
8. **Química ambiental:** Se aplica en la evaluación de la calidad del agua y del aire y en la eliminación de contaminantes.

Las aplicaciones prácticas de la química orgánica en las industrias modernas y la vida cotidiana, también se puede evidenciar el profundo impacto de la química orgánica en la industria farmacéutica ya principalmente facilita la creación y optimización de moléculas de fármacos con mayor eficacia y menores efectos secundarios, al comprender las intrincadas relaciones es-

estructura-actividad de los fármacos, la química orgánica permite el diseño y la síntesis meticolosos de moléculas complejas que son fundamentales para los productos farmacéuticos, las interacciones moleculares ayudan a adaptar los compuestos farmacéuticos para que exhiban actividades biológicas específicas, asegurando que los medicamentos no solo se dirijan a la enfermedad de manera efectiva sino que también minimicen las posibles reacciones adversas en los pacientes (IQS, 2024).

El enfoque de la disciplina en la síntesis y el desarrollo de nuevas entidades químicas adecuadas para uso terapéutico subraya su papel indispensable en el avance de la medicina y la mejora de los resultados de salud.

Al aprovechar los principios de la química orgánica, la industria farmacéutica puede afrontar los desafíos del desarrollo de fármacos, desde el descubrimiento hasta la producción, subrayando así la naturaleza esencial de la química orgánica en la búsqueda del desarrollo de medicamentos más seguros y eficaces (Universidad Europea, 2024).

## **6.5 La Química Orgánica y el desarrollo de nuevos materiales y polímeros**

La Química Orgánica se extiende profundamente en el desarrollo del ámbito de la ciencia de los materiales, particularmente en el desarrollo de nuevos materiales y polímeros, la síntesis y la innovación en química orgánica son fundamentales en la creación de polímeros, que son compuestos esenciales formados al unir monómeros, moléculas más pequeñas, en cadenas largas (Química Moderna, 2024).

Este proceso, conocido como síntesis de polímeros, aprovecha varios métodos como la polimerización en cadena, la polimerización por condensación y la polimerización por adición, lo que demuestra la versatilidad y amplitud de la química orgánica en la elaboración de materiales con propiedades personalizadas (La Industrial, 2024).

El desarrollo de polímeros sintéticos, que consisten en cadenas de moléculas orgánicas, subraya la íntima relación entre la química orgánica y el diseño de materiales, estos polímeros sintéticos no son sólo un testimonio del ingenio de la química orgánica, sino que también son cruciales en la construcción de infraestructuras modernas (Química Moderna, 2024).

Al emplear principios de química orgánica, los científicos pueden diseñar polímeros con características específicas, como resistencia mecánica mejorada, impermeabilidad al agua y resistencia a la corrosión. Esta innovación en la

ciencia de los materiales, impulsada por la química orgánica, no sólo amplía el horizonte de los materiales de construcción, sino que también contribuye significativamente al desarrollo de infraestructuras sostenibles y duraderas, destacando el papel indispensable que desempeña la química orgánica más allá de la industria cosmética en el campo más amplio de la construcción y desarrollo de materiales (Química Moderna, 2024).

En resumen, la química inorgánica tiene una amplia variedad de aplicaciones prácticas en la actualidad, desde la producción de materiales y productos químicos hasta la medicina y la tecnología de la información.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo VII**  
Química Analítica



El estudio de la composición química de materiales o muestras es el foco principal de la Química Analítica, una rama de la Química que emplea varios métodos. Este campo se divide a su vez en dos categorías: Química Analítica Cuantitativa y Química Analítica Cualitativa. El análisis químico, un aspecto práctico de la química analítica, utiliza métodos de análisis para abordar cuestiones relacionadas con la composición y las características químicas de las sustancias.

El Análisis Químico encuentra una amplia gama de aplicaciones, con notable énfasis en el control de calidad de materias primas y productos terminados en la industria, asegurando el cumplimiento de especificaciones de calidad en laboratorios de análisis certificados y facilitando el diagnóstico de enfermedades mediante análisis clínicos en el campo de la medicina.

El campo de la Química Analítica abarca el examen de diversas sustancias para determinar su composición elemental y molecular. Al discernir la composición química de sólidos, líquidos, gases, soluciones y otros materiales, obtenemos información sobre sus propiedades, lo que nos permite evaluar sus aplicaciones, rastrear sus orígenes o rastrear sus ubicaciones pasadas. El campo de la Química Analítica no sólo nos permite abordar problemas específicos, sino que también nos permite descubrir enfoques más eficaces para su resolución.

### **7.1. El alcance y objetivos de la química analítica dentro de su campo de aplicación**

El campo de la química analítica se centra en examinar y comprender los componentes de una muestra determinada, incluida su separación, identificación y determinación de su composición relativa. El análisis cualitativo se utiliza para identificar químicamente las especies específicas presentes en la muestra, mientras que el análisis cuantitativo establece la representación numérica de las cantidades relativas de estas especies, también conocidas como analitos, es fundamental disponer de información cualitativa para poder realizar un análisis cuantitativo de forma eficaz, tanto el análisis cualitativo como el cuantitativo requieren una etapa de separación preliminar.

La Química Analítica, que alguna vez fue considerada un arte, ha evolucionado hasta convertirse en una disciplina científica con amplias aplicaciones en diversos campos como la industria, la medicina y todas las ramas de la ciencia. Esta transformación del arte a la ciencia se remonta a Wilhelm Ostwald en 1894. Para ejemplificar el alcance de su alcance, podemos proporcionar los siguientes ejemplos:

- Evaluar la eficiencia de los sistemas de control de la contaminación por gases de escape de automóviles mediante la evaluación de los niveles de óxido de nitrógeno y monóxido de carbono.
- Utilizar análisis cuantitativos de calcio iónico en suero para detectar y diagnosticar enfermedades de la tiroides.
- Establecer el contenido proteico de los alimentos midiendo cuantitativamente la cantidad de nitrógeno presente.
- Durante el proceso de fabricación del acero, analizar y ajustar las concentraciones de carbono, níquel y cromo para lograr la resistencia, dureza, resistencia a la corrosión y ductilidad deseadas.

Para poder avisar de forma fiable en caso de una posible fuga, se controlan constantemente los niveles de mercaptano en el gas urbano para garantizar que mantenga un olor suficientemente desagradable.

- El establecimiento de pautas de fertilización y riego en la agricultura moderna se basa en análisis cuantitativos de la planta y el suelo.
- El estudio del papel de los iones potasio, calcio y sodio en los fluidos corporales fisiológicos, mediante mediciones cuantitativas, permite comprender su implicación en la conducción de los impulsos nerviosos y en la contracción y relajación muscular.

Los químicos examinan minuciosamente las reacciones químicas y se centran en comprender sus mecanismos. Esta comprensión se logra mediante la medición cuantitativa de las velocidades de reacción, lo que implica rastrear el consumo de reactivos o la formación de productos en intervalos de tiempo iguales. La importancia de las mediciones analíticas cuantitativas se extiende más allá de la química y también es importante en diversos campos de investigación, como la biología, la geología y otras ciencias.

## **7.2. Clasificación de la Química Analítica**

El campo de la química analítica se puede clasificar en dos dominios distintos:

1. Análisis cualitativo.
2. Análisis utilizando datos numéricos



El proceso de análisis cualitativo nos permite detectar y señalar la presencia de diversas sustancias. Al emplear este método, podemos determinar los elementos o compuestos específicos que se pueden encontrar dentro de una muestra determinada.

Mediante la utilización del análisis cuantitativo, podemos determinar la cantidad precisa de una sustancia específica dentro de una muestra determinada. El proceso de realizar un análisis cuantitativo implica dos medidas esenciales: en primer lugar, determinar el peso o volumen de la muestra bajo examen y, en segundo lugar, medir una cantidad que corresponda directamente a la cantidad del analito presente en la muestra.

Los químicos clasifican los métodos analíticos según la naturaleza de la medición final, que determina la cantidad de analito presente en la muestra (Campillo, 2011).

1. Métodos gravimétricos: se determina la masa de analito o de algún compuesto relacionado químicamente con el que se determina.
2. Métodos volumétricos: se mide el volumen de una solución que contiene el suficiente reactivo para reaccionar completamente con el analito.
3. Métodos electroanalíticos: involucran la medida de propiedades eléctricas como el potencial, la intensidad, resistencia y la cantidad de electricidad.
4. Métodos espectroscópicos: se realiza la medida de la interacción existente entre la radiación electromagnética y los átomos o moléculas de analito, o bien en la producción de tales radiaciones por el analito.
5. Existen otros métodos entre los que se incluyen la medida de propiedades como la relación carga – masa (espectroscopia de masa), velocidad de desintegración radioactiva, calor de reacción, velocidad de reacción, conductividad térmica, actividad óptica e índice de refracción.

### **7.3. Pasos de un análisis cuantitativo típico**

Cuando se plantea un problema analítico hay una secuencia general de pasos que se deben seguir para obtener una solución de este. Estos pasos se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1- Definir el problema y la información que se necesita.
- 2- Selección de un método de análisis

La elección a veces se hace muy difícil y requiere de una gran experiencia e intuición por parte del analista. Lo primero a tener en cuenta es la exactitud que se requiere, no dejando de lado el costo del análisis.

### 3- Muestreo

Para obtener información significativa de un análisis la muestra que se obtenga debe reproducir fielmente la totalidad del material de donde se obtuvo.

### 4- Preparación de una muestra de laboratorio

El proceso típico de realizar un análisis cuantitativo implica una serie de pasos que son esenciales para llegar a una solución al problema dado. Aquí hay un resumen de estos pasos:

- 1. Identificación del problema:** el primer paso es definir y comprender claramente el problema analítico en cuestión.
- 2. Recopilación de datos:** A continuación, se deben recopilar y recopilar datos relevantes para respaldar el análisis.
- 3. Preprocesamiento de datos:** una vez que se recopilan los datos, es necesario organizarlos, limpiarlos y prepararlos para el análisis.
- 4. Selección de variables:** en este paso se identifican las variables que son más importantes y relevantes para el análisis.

Para iniciar el proceso, el primer paso implica una identificación clara y un esquema del problema en cuestión, además de determinar la información específica necesaria para el análisis. Una vez que se han establecido el problema y la información requerida, el siguiente paso es seleccionar un método de análisis apropiado. En algunos casos, la toma de decisiones puede ser compleja y requerir que el analista posea amplia experiencia y habilidades intuitivas. La consideración inicial debe ser el nivel de precisión requerido, teniendo en cuenta las implicaciones financieras del análisis. Para garantizar la precisión del análisis, es fundamental que la muestra obtenida represente con precisión todo el material del que se deriva. Al preparar una muestra para pruebas de laboratorio, es necesario seguir ciertos pasos.

En el caso de muestras sólidas, la reducción del tamaño de las partículas se consigue mediante la molienda, mientras que la homogeneidad se garantiza mediante una mezcla completa. Luego, estas muestras se almacenan

durante períodos prolongados antes de que se realice el análisis. A lo largo de este proceso, es crucial tener en cuenta cualquier absorción o desorción de agua por parte de la muestra para evitar cualquier interferencia con la determinación.

El proceso de análisis requiere el uso de múltiples muestras o réplicas, lo que requiere mediciones precisas de sus pesos o volúmenes utilizando una balanza analítica o dispositivos volumétricos de precisión. La inclusión de réplicas mejora la precisión y confiabilidad de los resultados, asegurando una medida confiable.

Al realizar diversos análisis, a menudo es necesario disolver la muestra. El escenario ideal es utilizar un disolvente que pueda disolver rápida y completamente toda la muestra. Es fundamental garantizar que no se produzca ninguna pérdida del analito durante el proceso de disolución.

En el ámbito del análisis químico, las propiedades que se miden son representativas de una colección de elementos o compuestos. Estas interferencias, que se refieren a cualquier especie distinta del analito que tenga un impacto en la medición final, deben eliminarse. Antes de realizar la medición, es necesario diseñar un plan que aisle efectivamente los analitos de estas interferencias.

El proceso de medición y calibración es crucial para obtener resultados analíticos precisos. La medición final, denominada  $X$ , representa una propiedad física del analito. Es importante que esta propiedad exhiba una relación reproducible y bien definida con la concentración del analito. Idealmente, la medición de esta propiedad física debería ser directamente proporcional a la concentración. Eliminación de interferencia.

Las propiedades que se miden en un análisis químico son características de un grupo de elementos o compuestos. Aquellas especies diferentes del analito que afectan a la medida final se conocen como interferencias. Antes de hacer la medición se debe diseñar un esquema para aislar los analitos de las interferencias.

**Calibrado y medida:** Todos los resultados analíticos dependen de una medida final  $X$  de una propiedad física del analito. Esta propiedad debe variar de forma reproducible y conocida con la concentración del analito. Idealmente, la medida de la propiedad física debe ser directamente proporcional a la concentración.

Evaluar los resultados y medir su confiabilidad es un proceso sencillo y rápido que se logra mediante el uso de calculadoras y computadoras modernas. Derivar concentraciones de analitos a partir de datos experimentales es una tarea inmediata y sencilla. Para finalizar los hallazgos analíticos, es necesario evaluar la confiabilidad de los resultados (Conalepfelixtovar, 2012).

El tratamiento de datos analíticos implica abordar errores que se encuentran comúnmente en el análisis químico.

Lograr un análisis químico libre de errores o incertidumbres es una hazaña inalcanzable. El objetivo, sin embargo, es minimizar estos errores hasta un nivel manejable y evaluar con exactitud su magnitud con una precisión aceptable.

Normalmente, el valor exacto de una magnitud sigue siendo desconocido. Sin embargo, es factible evaluar la magnitud del probable error cometido durante el proceso de medición. En otras palabras, podemos determinar rangos dentro de los cuales cae el verdadero valor de la cantidad medida, con un nivel específico de probabilidad.

Normalmente, al realizar un análisis químico, se realizan múltiples mediciones en una muestra utilizando el mismo procedimiento. Es poco común que cada resultado individual sea exactamente igual, por lo que el valor central de una serie se determina de una manera que garantiza que sea más confiable que cualquiera de los resultados individuales.

Al realizar un análisis cualitativo en química, a menudo es necesario interpretar meticulosamente los espectros obtenidos, lo que en ocasiones puede resultar un desafío. Este proceso implica consultar tablas y gráficos que brindan orientación para la interpretación sistemática hasta obtener los resultados finales. Es importante señalar que es posible que una única técnica instrumental no siempre produzca un resultado cualitativo concluyente. En cambio, a menudo se emplean múltiples técnicas para realizar un estudio integral de la molécula. Los valores numéricos obtenidos de la medición final en una determinación cuantitativa son directamente proporcionales a la cantidad de especies encontradas dentro de la muestra (Soledad, 2016).

En la mayoría de los casos, los datos requieren un análisis matemático, que incluye el análisis estadístico esencial necesario para comprender el verdadero significado de los valores adquiridos. Cuando el objetivo es enfatizar el impacto de una variable específica en un proceso particular, la determinación del error experimental se vuelve crucial para determinar si esta influencia es realmente genuina o simplemente cae dentro del ámbito de la variabilidad experimental.

En resumen, al considerar la importancia de realizar un estudio estadístico, cabe mencionar que nos proporciona información valiosa sobre el nivel de precisión y exactitud, determinando esencialmente la confiabilidad del análisis realizado. La precisión se refiere a la consistencia de los resultados obtenidos al medir un parámetro en una muestra determinada utilizando el mismo método. La precisión de un método se obtiene simplemente repitiendo la medición. Para describir la precisión de un conjunto de datos se usan tres parámetros estadísticos, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación.

El nivel de concordancia entre el valor real de un parámetro y el valor promedio obtenido mediante experimentación se conoce como precisión. Para evaluar la precisión de un análisis, es necesario crear muestras con concentraciones conocidas o involucrar a varios laboratorios en el análisis de la misma muestra (control entre laboratorios).

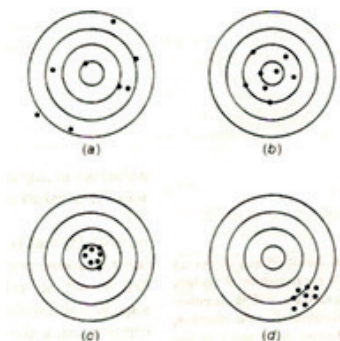
Al evaluar la precisión de una técnica analítica, se considera suficientemente confiable si sus resultados se encuentran dentro de un rango de  $\pm 10\%$  de desviación. La medida de la precisión se puede transmitir mediante un error absoluto o un error relativo.

Por el contrario, un programa de control de calidad interno eficaz para un laboratorio requiere una calibración precisa de los instrumentos y métodos analíticos para garantizar la precisión, incluido el uso de muestras de control, blancos, sistemas estándar y el análisis de series duplicadas.

En la siguiente Figura se muestra una visualización de los conceptos de precisión y exactitud que puede ayudar a su comprensión.

**Figura 11.**

*Precisión y Exactitud.*



**Nota.** Extraído de “Química Analítica” de Soledad María

(a) Método impreciso e inexacto (b) Método impreciso y exacto (c) Método preciso y exacto (d) Método preciso e inexacto

**7.4. Tipos de error en datos experimentales (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)**

Los errores más importantes en la investigación experimental se pueden clasificar en dos tipos: errores sistemáticos y errores aleatorios. Sin embargo, es crucial señalar que los errores sistemáticos tienen la mayor importancia en este contexto.

Los errores sistemáticos, que pueden rectificarse mejorando el método experimental en lugar del instrumento en sí, existen en diversas formas. Los ejemplos de estos errores abarcan imprecisiones en las lecturas micrométricas, la presencia de luz ambiental que afecta al detector o el impacto de las fluctuaciones de temperatura en mediciones precisas utilizando una regla de acero. Normalmente, estos errores permanecen constantes o exhiben variaciones graduales a lo largo del experimento. Afortunadamente, estos errores se pueden gestionar de forma eficaz. La competencia de los físicos experimentales radica en su capacidad para identificar y eliminar errores sistemáticos aislándolos del proceso experimental. Los errores sistemáticos, que no pueden abordarse utilizando las ecuaciones proporcionadas, se indican mediante una disminución constante en una serie de datos a lo largo del tiempo. Es importante señalar que la mayoría de los errores encontrados en el laboratorio entrarán en la categoría de errores sistemáticos.

Una vez que se han eliminado todos los errores sistemáticos, entran en juego los errores aleatorios. Estos errores pueden deberse a incertidumbres o ambigüedades en el proceso de medición, que pueden atribuirse a factores como la precisión del equipo o la presencia de fluctuaciones rápidas e irregulares que no pueden observarse con gran detalle.

### **Tratamiento estadístico de muestras finitas**

Después que se buscaron los errores determinados hasta donde fue posible y setomaron todas las precauciones y se aplicaron las correcciones, se encuentra que las fluctuaciones restantes en los datos son, por naturaleza, al azar. Los resultados o datos dispersos de una manera al azar se analizan mejor por medio de las poderosas técnicas de la estadística. Nuestro objetivo será ahora mostrar cómo se aplica un pequeño número de estas técnicas y qué información nos proporcionan, más allá de lo que se puede observar o concluir con una inspección simple de los datos.

### **Ordenamiento de datos**

Los datos son colecciones de cualquier cantidad de observaciones relacionadas. Una colección de datos se conoce como conjunto de datos, y una sola observación es un punto de dato.

Para que los datos sean útiles, necesitamos organizar nuestras observaciones, de modo que podamos distinguir patrones y llegar a conclusiones lógicas.

Existen muchas formas de organizar los datos. Podemos sólo coleccionarlos y mantenerlos en orden; o si las observaciones están hechas con números, entonces podemos hacer una lista de los puntos de dato de menor a mayor según su valor numérico.

El objetivo de organizar los datos es permitirnos ver rápidamente algunas de las características de los datos que hemos recogido: el alcance (los valores mayor y menor), patrones evidentes, alrededor de qué valores tienden a agruparse los datos, qué valores aparecen con mayor frecuencia, etc.

Al plantear un estudio estadístico, debemos definir claramente la población objeto de análisis. Si se trabaja con muestras, definir las condiciones que deben reunir antes de extraerlas. Especificar qué se va a medir, las unidades a usar y la forma de registro.

La ordenación de datos es una de las formas más sencillas de presentarlos y lo más común es ordenarlos en forma ascendente o descendente.

Ventajas:

- Podemos notar rápidamente los valores mayor y menor de los datos. Podemos dividir fácilmente los datos en secciones.
- Podemos ver si algunos de los valores aparecen más de una vez en ese ordenamiento.
- Podemos observar la distancia entre valores sucesivos de datos.

### **Criterios para descartar un dato**

Cuando una serie de datos contiene un valor discrepante, que se ve que difiere excesivamente de la media, se debe decidir entre retener o rechazar el resultado.

Se han desarrollado varios procedimientos estadísticos para suministrar criterios de rechazo o retención de discrepantes, nosotros adaptaremos el Test Q. Estos test suponen que la distribución de datos de la población es normal o Gaussiana, pero para que esto ocurra debemos tener más de 50 resultados, en consecuencia, estos test se deben usar con precaución para pequeñas series de datos.

### **Quimiometría**

La automatización y computación de los equipos de laboratorios de análisis ha llevado consigo diversas consecuencias; entre ellas, la rápida adquisición de gran cantidad de datos respecto a cualquier análisis químico. Ahora bien, se sabe que la posesión de dichos datos dista, muchas veces, de proporcionar respuestas adecuadas. Obtener datos no es sinónimo de poseer información; se deben interpretar y colocarlos en el contexto adecuado para convertirlos en información útil para el usuario. La quimiometría es la disciplina que tiene esta finalidad.

La quimiometría trata, específicamente, de todos aquellos procesos que transforman señales analíticas y datos más o menos complejos en información. La quimiometría utiliza métodos de origen matemático, estadístico y otros procedentes del campo de la lógica formal para conseguir sus fines. Por todo ello, la quimiometría se sitúa en un campo interdisciplinar, que, pese a que sus métodos y herramientas proceden de otros campos, los fines están ligados a la química y sus éxitos proceden de los problemas químicos que sea capaz de resolver.

Un análisis no está completo hasta que los resultados se han expresado de tal forma que su significado se comprende inequívocamente y puede



establecerse relación con el propósito buscado. La identificación y caracterización de un sistema material precisa observar si los resultados obtenidos son correctos y si se corresponden con las propiedades fisicoquímicas del mismo.

En conclusión:

**Quimiometría:** disciplina química que utiliza matemáticas, estadística y lógica formal para:

- Diseñar o seleccionar procedimientos experimentales optimizados
- Proporcionar información química relevante analizando datos químicos
- Obtener conocimientos sobre sistemas químicos

Es la ciencia que relaciona medidas hechas sobre un sistema o proceso químico, con el estado del sistema mediante la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos.

### **Cifras significativas**

Por definición, cifras significativas de un número son todos los dígitos seguros más el primer dígito no seguro.

Ejemplo: pesamos un objeto en una balanza analítica (precisión 0,001 g), las cifras 8,738 pueden leerse con seguridad. El cuarto decimal se estima al leer en la escala de aguja o vernier y el peso final se lee como 8,7381. El último dígito es incierto. En esta pesada los 5 dígitos son cifras significativas.

Al expresar datos analíticos es muy importante utilizar sólo cifras significativas.

El dígito cero puede o no ser una cifra significativa, dependiendo de su función dentro del número. Si en una bureta leemos 10,02 ml, los dos ceros son cifras significativas. Si al mismo volumen lo expresamos como 0,01002, seguimos teniendo cuatro cifras significativas como en el caso anterior. Los ceros terminales si son significativos. Si pesamos 8,750 g tenemos cuatro cifras significativas, pero si pesamos 24,0 g jamás debemos escribir 24,00, los dos últimos ceros no son significativos. En resumen:

**Tabla 4.**

*Ejemplo de expresión de datos analíticos.*

ETAPA		ANÁLISIS QUÍMICO	HABILIDADES NECESARIAS
ETAPA PRE ANALÍTICA	Definir el problema	DEFINIR LA INFORMACIÓN QUE SE NECESITA ò	Conocimiento de los análisis y buen juicio
	Toma y preparación de la muestra	SELECCIONAR EL MÉTODO ANALÍTICO ò	
		OBTENER UNA MUESTRA REPRESENTATIVA ò	
		PREPARAR UNA MUESTRA DE LABORATORIO ò	Química Descriptiva
		DEFINIR LOS REPLICADOS ò	
		DISOLVER LAS MUESTRAS ò	
	ELIMINAR INTERFERENCIAS ò		
ETAPA ANALÍTICA	Proceso de Medida	MEDIR LA PROPIEDAD DEL ANALITO ò	Métodos de análisis
	Tratamiento de datos	CALCULAR LOS RESULTADOS ò	

ETAPA POST-ANALÍTICA	Tratamiento estadístico de datos	ESTIMAR LA FIABILIDAD DE LOS RESULTADOS	Estadística
	Obtener la solución al problema planteado	INTERPRETAR PARA OBTENER LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA	Habilidad y juicio personal

**Nota.** Adaptado de (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo VIII**  
Química Cuantitativa y  
Cualitativa



## 8.1. Introducción

La química analítica se puede clasificar en química analítica cuantitativa y cualitativa. Donde la química analítica cuantitativa se utiliza para establecer la cantidad, concentración o proporción de uno o varios componentes en una muestra, por lo tanto, se ocupa de cuantificar la materia. De igual manera la química analítica cualitativa se emplea para saber cuáles son los componentes de una muestra, en consecuencia, se dedica de identificar cada componente de la muestra.

## 8.2. Generalidades

La química analítica es la rama de la química que analiza los componentes de una muestra de producto. Se trata de la disciplina científica que emplea diferentes métodos analíticos para estudiar la composición y el carácter químico de cada sustancia.

Para Ondarse (2021), Se llama química analítica a una rama de la química que se enfoca en la comprensión de la materia, es decir, del análisis de los materiales que componen alguna muestra, utilizando para ello métodos experimentales o de laboratorio. Donde la química analítica utiliza los sucesivos métodos analíticos para la comprensión de la materia.

Donde la química analítica se divide en los siguientes sectores:

Química cuantitativa: Tal como su nombre lo indica se encarga de analizar y determinar las cantidades exactas de elementos o compuestos resultantes de una reacción.

Química cualitativa: Se encarga de analizar propiamente los elementos que conforman las sustancias, su objetivo es el de identificar los elementos presentes y determinar su respectivo comportamiento en la reacción.

Para Shinde (2023), el análisis cualitativo es el proceso con el que se clasifican o identifican sustancias en función de sus propiedades físicas o químicas. Como solubilidad, reactividad química, peso molecular, punto de fusión, espectros de masas, entre otros. De igual manera, el análisis cuantitativo identifica la cantidad o concentración de un analito que puede expresarse y determinarse (estimarse) como el valor numérico en las unidades apropiadas dadas.

Figura 12.

*Análisis cualitativo y cuantitativos en productos farmacéuticos.*



**Nota.** Tomado de *Análisis cuantitativo y cualitativo en productos farmacéuticos* de Shinde (2023), <https://veeprho.com/es/analisis-cuantitativo-y-cualitativo-en-productos-farmaceuticos/>

Donde ambos tipos de análisis químico son complementarios y se utilizan de manera conjunta para obtener información completa sobre la composición de una muestra. Siendo una herramienta fundamental en la investigación científica y en el control de calidad de productos, ya que permite garantizar la pureza de una sustancia, identificar impurezas y determinar la eficacia de un producto.

### 8.3. Métodos cuantitativos

#### Métodos volumétricos

Llamado titulación o valoración, en los que se emplea un reactivo cuya concentración se conoce (sustancia valorante), para establecer la de otro reactivo cuya concentración se desconoce (analito o sustancia a analizar en la muestra), mediante una reacción química. En estos métodos se usan indicadores que marcan el punto final de la reacción.

#### Tipos de titulaciones o métodos volumétricos:

Titulaciones ácido-base: son aquellas en las que se hace reaccionar un ácido con una base utilizando un indicador ácido-base. Donde habitualmente, se coloca la base en una bureta (recipiente químico que sirve para medir volúmenes) y en un Erlenmeyer se coloca un volumen conocido del ácido con unas gotas de fenolftaleína (indicador) agregadas. La fenolftaleína toma color rosa en medio básico y es incolora en medio ácido.

Este método reside en ir añadiendo la base al ácido hasta que la disolución final se torne rosa, lo que significa que la reacción entre el ácido y la base llegó a su punto final. Un instante antes de llegar al punto final, la reacción llega a su punto de equivalencia, que es donde la cantidad de sustancia del valorante es igual a la cantidad de sustancia del analito. Si en la reacción la estequiometría es 1:1, es decir, que reaccionan la misma cantidad de sustancia de analito que de valorante.

**Figura 13.**

*Ecuación para determinar la cantidad de analito.*

$$[X]V(X) = [Y]V(Y)$$

*Nota.* Tomado de *Química analítica* de Onarse (2021), <https://concepto.de/quimica-analitica/>.

Especificaciones de [X], V(X), [Y], V(Y)

[X] es la concentración conocida de la sustancia X, expresada mol/L o unidades equivalentes.

V(X) es el volumen de la sustancia X dispensado de la bureta, expresado en L o unidades equivalentes.

[Y] es la concentración desconocida del analito Y, expresada en mol/L o unidades equivalente.

V(Y) es el volumen de la sustancia Y contenida en el Erlenmeyer, expresado en L o unidades equivalentes.

Esta ecuación es muy utilizada, sin embargo, la misma se modifica dependiendo del tipo de titulación que se emplee.

Titulaciones redox: sus cimientos son iguales que en las titulaciones ácido-base, pero en este caso se tiene una reacción redox entre el analito y una disolución oxidante o reductora, según sea el caso. El indicador empleado puede ser un potenciómetro (equipo para medir diferencia de potencial) o un indicador redox (compuestos que tienen un color definido en cada uno de sus estados de oxidación).

Titulaciones de formación de complejos: radican en la reacción de formación de complejos entre el analito y la sustancia valorante.

Titulaciones de precipitación: residen en la formación de un precipitado. Son muy específicas y los indicadores utilizados son muy particulares de cada reacción.

### **Métodos gravimétricos**

Consiste en medir el peso de un material o sustancia antes y después de hacerle algún cambio. El instrumento para realizar la medición generalmente es una balanza analítica. Existen varios métodos gravimétricos:

Precipitación: está en la formación de un precipitado, de forma que, al pesarlo, se pueda calcular su cantidad en la muestra original utilizando relaciones estequiométricas. El precipitado puede ser colectado de la disolución en que se encuentre mediante filtración. Para aplicar este método el analito debe ser poco soluble y ser bien definido químicamente.

Volatilización; consiste en volatilizar el analito para separarlo de la muestra. Luego se recupera el analito mediante su absorción en algún material, se pesa este material, y la ganancia de peso se deberá a la incorporación del analito, cuyo peso se calculará por la diferencia de pesos del material absorbente antes y después de haber absorbido el analito. Este método solo puede aplicarse cuando el analito es la única sustancia volátil en la muestra.

Electrodeposición: consiste en una reacción redox donde el analito se deposita sobre un electrodo formando parte de un compuesto. Luego se pesa el electrodo antes y después de la reacción redox, de esta forma se puede calcular la cantidad de analito depositada.

### **Métodos gravimétricos**

El cual radica en medir el peso de un material o sustancia antes y después de hacerle algún cambio. El instrumento para realizar la medición generalmente es una balanza analítica.

### **Tipos de métodos gravimétricos**

Precipitación: consiste en la formación de un precipitado, de forma que, al pesarlo, se pueda calcular su cantidad en la muestra original utilizando relaciones estequiométricas. El precipitado puede ser colectado de la disolución en que se encuentre mediante filtración. Para aplicar este método el analito debe ser poco soluble y ser bien definido químicamente.



Volatilización: consiste en volatilizar el analito para separarlo de la muestra. Luego se recupera el analito mediante su absorción en algún material, se pesa este material, y la ganancia de peso se deberá a la incorporación del analito, cuyo peso se calculará por la diferencia de pesos del material absorbente antes y después de haber absorbido el analito. Este método solo puede aplicarse cuando el analito es la única sustancia volátil en la muestra.

Electrodeposición: consiste en una reacción redox donde el analito se deposita sobre un electrodo formando parte de un compuesto. Luego se pesa el electrodo antes y después de la reacción redox, de esta forma se puede calcular la cantidad de analito depositada.

#### **8.4. Etapas de un análisis cuantitativo**

Cualquiera sea el método a utilizar en un análisis químico cuantitativo, casi todos en forma general requieren de procedimientos preparatorios comunes.

Entre estos pasos preparatorios podemos citar los siguientes:

- Toma de muestra: para que un análisis refleje fielmente la composición del total del material que se analiza, la muestra a emplear debe ser representativa de ese total.
- Preparación de la muestra: comprende: a.- La uniformización b.- La desecación.

Uniformización:

Tomada la muestra, ésta debe llevarse a una forma adecuada para poder practicar en ella el análisis; por lo general la forma más conveniente es aquella que la presenta en solución. Para esto tenemos que los sólidos deben ser uniformizados siguiendo el método del cuarteo, que en este caso consiste en sucesivas mezclas, trituraciones y tamizados con el fin de obtener partículas cada vez más pequeñas, y con lo que se logra facilitar la solubilidad.

- Pesada: Para esta operación se utiliza la Balanza Analítica, con sensibilidad al décimo miligramo = 0.1 mgr. o gr.

Los resultados analíticos cuantitativos, generalmente se expresan en términos relativos, es decir dando la composición en forma porcentual ya sea en peso por peso P/P o peso por volumen P/V de la muestra.

- Disolución: la mayoría de los análisis químicos, se practican sobre soluciones de la sustancia que se analiza y entonces la elección del

disolvente a utilizar adquiere gran importancia, así como la del procedimiento a seguir a fin de obtener la disolución.

- Separación de sustancias interferentes: se denominan sustancias interferentes a aquellas que en mayor o en menor grado dificultan un proceso analítico.

Casi no hay propiedades químicas o físicas sean exclusivas para una especie o sustancia química determinada, por esta razón las reacciones que se utilizan en el análisis son comunes para un grupo de elementos o sustancias químicas

- Medición final: todos los pasos anteriores son preparatorios, para llegar al término del análisis, mediante la reacción química principal y luego la medición final y la que debe ser un fiel reflejo de la cantidad existente de la sustancia química a ser cuantificada. La reacción química principal trae consigo un cambio físico o químico en el sistema, el cual es medible, ya que puede ser una coloración, precipitación, cambio de pH etc.
- Cálculos e interpretación de los resultados: los valores numéricos obtenidos en los resultados experimentales necesariamente tienen que guardar relación con la cantidad de la sustancia química cuantificada, presente en la muestra.

## 8.5. Métodos cualitativos

El análisis o método cualitativo permite identificar qué tipo de componentes se encuentran en una muestra determinada. Donde no valora la cantidad, por lo que no proporciona resultados numéricos o cuantificables, sino que la información se obtiene a partir de datos no estructurados. Se trata de un análisis especialmente útil para extraer conclusiones en la separación de los diferentes componentes.

Como ejemplos de pruebas químicas cualitativas son la prueba de Kastle-Meter para detectar la presencia de sangre o la prueba de ácido para el oro.

Métodos instrumentales más avanzados:

Métodos espectrométricos: se utilizan aparatos para medir el comportamiento de la radiación electromagnética (luz) en contacto con la sustancia o el compuesto que se analiza.

Métodos electroanalíticos: similar al espectrométrico, pero se emplea la electricidad en lugar de la luz para medir el potencial eléctrico o la corriente eléctrica transmitida por la sustancia que se quiere analizar.

Métodos cromatográficos: es una técnica de separación, caracterización y cuantificación de mezclas complejas. Se utiliza para separar uno o varios componentes de una mezcla y a la vez identificarlos y calcular su concentración o cantidad en la muestra.

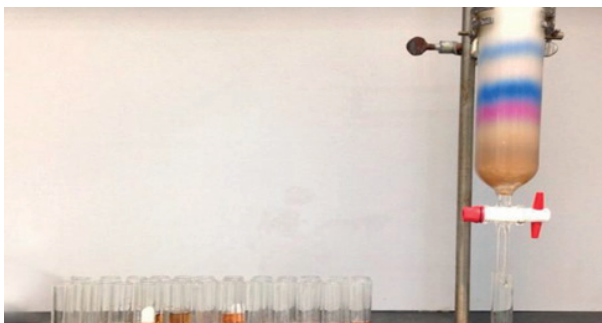
Este método cromatográfico reside fundamentalmente en una fase estacionaria y un período móvil que forman parte de un equipo o estructura que se maneja para analizar la muestra. La fase estacionaria es inmóvil y consiste en una sustancia que se adhiere a algún sistema diseñado corrientemente en forma de columna y la fase móvil es una sustancia (líquida o gaseosa) que fluye a través de la fase estacionaria.

Donde la separación de los componentes (analitos) sucede según la afinidad de cada uno de ellos por la fase estacionaria o por la fase móvil, lo que dependerá de diversas propiedades tanto químicas como físicas (de cada uno o de ambas fases) figura 7.

Existen distintos tipos de cromatografía dependiendo de las sustancias utilizadas como fase móvil y estacionaria, de las condiciones impuestas al método y de los diseños de los equipos cromatográficos.

### Figura 14.

*Métodos cromatográficos.*



**Nota.** Tomado de *Química analítica* de Onarse (2021), <https://concepto.de/quimica-analitica/>.

---

## 8.6. Campo de aplicación de la química cualitativa

La química analítica cualitativa se aplica en una amplia gama de campos y sectores. En la industria farmacéutica, por ejemplo, se utiliza para identificar los componentes de los medicamentos y garantizar su calidad y seguridad. También se emplea en la investigación forense para identificar sustancias en muestras de evidencia, como drogas o venenos. En la industria alimentaria, la química cualitativa se utiliza para detectar contaminantes y asegurar la calidad de los productos. Por otro lado, en la industria del petróleo y gas, se emplea para identificar los componentes de las muestras de petróleo crudo y evaluar su calidad.

Además de estas aplicaciones industriales, la química cualitativa también tiene un papel importante en la investigación científica. Se utiliza para identificar y caracterizar compuestos desconocidos en muestras naturales, como plantas o microorganismos. También es esencial en el estudio de la química ambiental, para determinar la presencia de contaminantes en el aire, agua y suelos. En el ámbito de la salud, la química cualitativa se emplea en el diagnóstico médico para identificar la presencia de sustancias específicas en muestras biológicas, como sangre u orina.

## 8.7. Diferencias entre la química cualitativa y la química cuantitativa

La Química cualitativa: se utiliza para analizar elementos que componen las sustancias dadas y se basa en que si es posible separar los cationes de la muestra del líquido.

En cuanto que la química cuantitativa: sirve para establecer la proporción exacta de los elementos basándose en que para utilizar este método los pesos y compuestos ya deben estar formados.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

**Capítulo IX**  
**Química Aplicada**



## 9.1. Introducción

La química aplicada juega un papel importante en la sociedad debido a su contribución al sector industrial y al campo clínico. Su relevancia reside en el impacto que tiene en la vida cotidiana y en el desarrollo de diversas áreas.

## 9.2. Definición

En primer lugar, es relevante mencionar a Hernández (2023), la cual expone que:

La química aplicada busca utilizar los principios y teorías de la química para desarrollar productos y soluciones que mejoren nuestra vida cotidiana. A través de la aplicación de métodos científicos y técnicas, los químicos aplicados investigan nuevas formas de utilizar diversos materiales y compuestos químicos para resolver desafíos y necesidades en campos como la medicina, la agricultura, la industria y más. (p. 1)

En segundo lugar, es distinguido referirse a Ricardo (2022), el cual expone:

La química aplicada es la rama de la química que busca utilizar el conocimiento obtenido en el campo de la química para resolver problemas del mundo real. La química pura es la rama de la química que busca avanzar en la comprensión dentro del campo de la química, como examinar la composición de las composiciones químicas y observar las reacciones químicas. La química aplicada amplía este conocimiento adquirido en el campo de la química pura y aplica ese conocimiento a problemas y escenarios del mundo real. La química aplicada se utiliza para actividades como la extracción de aceite de girasoles para cocinar, encontrar formas de purificar el agua y crear jabones para platos que cambian de color con la temperatura del agua. (p. 1)

En tercer lugar, para Bolívar (2020), la química aplicada es el uso del conocimiento teórico y práctico de la química para obtener la respuesta a infinidad de preguntas planteadas, y solucionar así un problema determinado de nuestro entorno.

La química aplicada tiene como objeto de estudio el cómo utilizar el conocimiento de la química pura, con el fin de desarrollar capacidades que le permitan solucionar problemas existentes.

### 9.3. Sectores de uso y campos de estudio de la química aplicada

Sector industrial: la química aplicada es fundamental para el avance de la industria. Donde se desarrollan nuevos materiales, se optimizan los procesos de fabricación y se crean productos innovadores que mejoran la calidad de vida.

Campo clínico: en el ámbito de la medicina, la química aplicada es fundamental para la creación de fármacos y tratamientos. Permite la investigación y el desarrollo de medicamentos que pueden salvar vidas y mejorar la salud.

También, la química aplicada aborda diferentes campos de especialización, como la agroquímica, la química farmacéutica, la petroquímica y la electroquímica. Estas ramas se ocupan de mejorar los procesos agrícolas, crear nuevos medicamentos, desarrollar productos a partir del petróleo y el gas natural, y transformar la energía eléctrica y química respectivamente

De igual manera la química aplicada se orienta en el uso de la información para crear materiales útiles. Existen varios campos de estudio dentro de la química aplicada que tienen diferentes objetivos y aplicaciones prácticas.

Algunos de estos campos son:

Extracción de metales: este campo se centra en desarrollar métodos eficientes y sostenibles para extraer metales de minerales y otros recursos naturales. Asimismo, de buscar formas más efectivas de obtener metales, también se investiga cómo minimizar el impacto ambiental de estos procesos.

Fabricación de plásticos: la química aplicada también se dedica al estudio de la fabricación de plásticos. Esto involucra investigar y desarrollar nuevos tipos de plásticos con propiedades específicas, como resistencia, flexibilidad o transparencia. Igualmente, se investigan métodos para hacer que la producción de plástico sea más sostenible y menos agresivo para el medio ambiente.

Desarrollo de detergentes: el desarrollo de detergentes para ropa más eficientes y menos contaminantes. Esto incluye investigar y crear nuevos ingredientes y formulaciones para detergentes que sean más efectivos y al mismo tiempo sean menos agresivo para el medio ambiente.

### 9.4. Ramas de la química aplicada

Química inorgánica: estudia las propiedades y reacciones de los elementos y compuestos que no tienen en su composición enlaces C-H. Los compuestos suelen estar formados por metales e iones.

Química orgánica: es considerada como la química del carbono, elemento que puede combinarse con el hidrógeno, oxígeno, azufre, halógenos (cloro, bromo, yodo y flúor), así como otros no metales. Además, el carbono puede formar largas cadenas, cuyos átomos están unidos por enlaces covalentes.

Química analítica: es la rama de la química que estudia la composición de los materiales desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, utilizando métodos químicos y físicos.

Fisicoquímica: incorpora la física para el estudio de las reacciones químicas, o además puede considerarse como una síntesis de la química y la física. Tiene tres subramas importantes, tales como: la termodinámica o termoquímica, la electroquímica, y la cinética química.

Bioquímica: estudia la composición química de los seres vivos, así como las reacciones que ocurren en ellos. La bioquímica guarda una estrecha relación con la química orgánica, ya que algunos de sus campos de estudio se superponen.

La bioquímica estudia la estructura y función de macromoléculas biológicas: las proteínas, los lípidos, los polisacáridos y los ácidos nucleicos (DNA y RNA). Estas macromoléculas cumplen funciones energéticas, estructurales y de transmisión de los caracteres hereditarios.

Es importante señalar que conjuntamente de las cinco ramas conocidas, el conocimiento desarrollado ha permitido el establecimiento de ramas especializadas de la química, pudiéndose mencionar las siguientes:

Química industrial: interviene en la transformación de la materia prima en productos utilizables por el hombre.

Química ambiental: tiene como meta el mejoramiento ambiental mediante el estudio de las interacciones química en el aire, suelo y agua.

Química marina: estudia la composición del mar, permitiendo el uso de sus componentes en beneficio del hombre.

Geoquímica: se aplica en actividades como la minería, la extracción de petróleo, la formación de rocas y del petróleo, entre otros.

Química nuclear: tiene como sitios de trabajo los reactores nucleares donde se generan nuevas partículas e isótopos, siendo además una fuente energética.

Química de alimentos: entre sus objetivos se encuentran: el análisis de los



alimentos conocidos, el desarrollo de sustancias químicas que preserven los alimentos, la identificación y el desarrollo de sustancias saborizantes de los alimentos, entre otros.

Química medicinal: se encarga de la generación de fármacos para el tratamiento de las enfermedades. En algunos casos, produce modificaciones en ciertas drogas, permitiendo así su mayor eficiencia terapéutica.

Química de los polímeros: interviene en el desarrollo de procesos químicos que permitan la generación de polímeros a partir de los monómeros.

Fotoquímica: estudia las reacciones químicas que ocurren en presencia de la luz, tal como sucede con la fotosíntesis.

Espectroscopía: se encarga de la interacción entre la materia y las radiaciones electromagnéticas.

Química verde: se encarga de la eliminación de la producción de sustancias dañinas para el medio ambiente, especialmente para el suelo. Usa un conjunto de medidas para alcanzar su objetivo que se resumen bajo la denominación de remediación.

## 9.5. Proceso de la química aplicada

Es un proceso científico que es utilizado los químicos aplicados cuando buscan implementar los principios de las propiedades químicas en los fenómenos de la vida real. El proceso de química aplicada está íntimamente relacionado con el método científico.

El primer paso del proceso de química aplicada es definir el problema. En este paso, los químicos aplicados observarán los fenómenos que están ocurriendo, identificarán las variables relacionadas con el fenómeno y desarrollarán predicciones sobre las formas de abordar el problema. El químico seleccionará un método de investigación apropiado para recopilar y analizar datos después de identificar el problema y hacer predicciones.

El diseño de investigación explorativo es un tipo de diseño de investigación que se utiliza para explorar fenómenos y preguntas de investigación que no se han estudiado previamente en profundidad. La investigación exploratoria se diferencia de otros tipos de investigación porque no busca evidencia concluyente para resolver un problema. En su lugar, recopila información más específica sobre un tema.

El diseño de investigación de diagnóstico explora las variables que están asociadas con un problema para desarrollar soluciones que aborden esas variables. Los investigadores deben diagnosticar el origen del problema antes de que pueda resolverse. Esto puede incluir variables que causan directamente o variables que contribuyen a un problema. Diagnosticar el impacto negativo de las variables permite a los investigadores desarrollar planes para reducir el impacto de esas variables sobre el fenómeno o el medio ambiente.

El diseño de investigación experimental busca determinar relaciones causales aislando y controlando variables para identificar conclusiones que resuelvan problemas. En el diseño experimental, los investigadores desarrollarán una hipótesis y la probarán contra hipótesis alternativas. El diseño de investigación experimental es concluyente y proporciona soluciones a los problemas.

Posteriormente, los químicos aplicados sacarán conclusiones basadas en los datos recopilados. Este paso incluirá un análisis de los datos recopilados y se desarrollarán conclusiones basadas en el análisis de datos. Una conclusión puede resolver el problema o proporcionar una dirección que sirva como base para futuras investigaciones.

## **9.6. Uso de la química aplicada en la industria de la alimentación**

El Centro de Investigación en Química Aplicada (2024), el cual expone que la comunidad científica-tecnológica han orientado sus esfuerzos en desarrollar empaques activos, investigando que también que tengan un menor impacto ambiental que los empaques tradicionales. Por tal motivo, los progresos se han enfocado especialmente en utilizar biopolímeros para evitar el uso de plásticos sintéticos y tener una mayor compatibilidad entre los materiales.

Asimismo, los empaques activos han acepto gran interés, ya que también protegen físicamente a los alimentos, de igual manera los componentes adicionales promueven la incorporación, liberación o absorción de sustancias activas que mantienen las propiedades inherentes del alimento, extendiendo así su vida de anaquel y en los hogares de los consumidores.

**Figura 15.**

*Empaques activos: un aspecto clave para afrontar la pérdida de alimentos perecederos.*



**Nota.** Tomado de *Empaques activos: un aspecto clave para afrontar la pérdida de alimentos perecederos* de Centro de Investigación en Química Aplicada (2024), de <https://www.ciqa.mx/EmpaquesActivos.aspx>

**9.7. Uso de la química aplicada en la industria de la medicina**

Para Bellera (2018), el proceso de diseño y desarrollo de fármacos en la química medicinal posee tres etapas fundamentales y consecutivas:

Descubrimiento: es el paso inicial o fase cero del proceso. Comprende la identificación de nuevas sustancias, denominadas hits, prototipos activos o cabezas de serie, que manifiesten una actividad biológica determinada. Estos compuestos pueden ser obtenidos, entre otros métodos, por cribado sistemático de una gran cantidad de sustancias de origen sintético o de fuentes naturales como plantas, animales o microorganismos.

Optimización: esta etapa busca mejorar la estructura cabeza de serie. El proceso de optimización apunta principalmente al aumento de la potencia y selectividad, y a la disminución de la toxicidad del compuesto. Es característico de este paso el establecimiento y análisis de las relaciones entre la estructura química y la actividad biológica, las cuales son la base de las modificaciones estructurales racionales que conducirán a la optimización de la estructura. La prueba y error es la otra cara de la moneda, filosóficamente opuesta a la anterior pero históricamente utilizada como método para alcanzar la optimización de un prototipo activo.

Desarrollo: tras lograr el éxito en el paso anterior, la nueva entidad molecular (NEM) entra en un largo y costoso periodo que abarca desde el escalado de la producción de la sustancia y por ende la puesta a punto de su método de obtención, hasta las pruebas y validaciones biológicas preclínicas y clínicas que terminarán de otorgarle a la droga el carácter de medicamento con su correspondiente garantía de seguridad y efectividad para el uso medicinal propuesto.

**Figura 16.**

*Esquema general del proceso de descubrimiento y desarrollo de un fármaco.*



**Nota.** Tomado de Introducción a la Química Medicinal de Bellera (2018), de <https://libros.unlp.edu.ar>

## 9.8. Uso de la química aplicada en la petroquímica

Para Herrera (2023), la industria petroquímica compone la rama de la industria química que utiliza como materias primas los derivados del petróleo y gas natural para la elaboración de una gran variedad de productos. Donde estas materias primas son primordialmente el metano, etano, propano, butano, pentano, naftas, además de algunos minerales figura 10.

Los usos y servicios que la petroquímica ofrece a la sociedad son vinculantes con distintas industrias y sectores económicos; al ser una de las actividades primordiales que hoy sigue siendo sustento para millones de personas, directa e indirectamente. Los insumos de la petroquímica se extienden en una gran variedad de industrias, desde productos de limpieza y artículos textiles, hasta llegar a los sectores automotriz y de electrónicos.

Donde los productos de la industria petroquímica se usan para cubrir diversas necesidades en materia de vestidos, alimentos, salud e higiene, además de sus aportes a la agricultura y procesos industriales. Es una industria de capital intensivo, innovaciones tecnológicas, productos genéricos y patentados, y alta ocupación laboral.

La actividad de la industria petroquímica proporciona una amplia gama de productos tanto o más importantes que los plásticos:

- Los detergentes, jabones y blanqueantes.
- Los fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas utilizados en la agricultura.
- Algunos perfumes, colorantes y jabones.
- El caucho sintético, utilizado para la fabricación de los neumáticos.
- Productos farmacéuticos fúngicos, antibióticos y antivíricos, analgésicos, estimulantes, coagulantes, tranquilizantes, entre otros.

**Figura 17.**

*La Industria Petroquímica.*



**Nota.** Tomado de *La Industria Petroquímica* de Herrera (2023), <https://www.derysoc.com/la-industria-petroquimica/>

De igual manera, las actividades de la industria petroquímica comprenden la transformación, purificación y conversión de materias primas mediante la separación de sus componentes o su combinación, a través de métodos químicos o físicos, así como la transformación de los productos obtenidos en procesos industriales posteriores, intermedios o finales.

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**

Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

## Capítulo X

# La Química y los sistemas de producción



## 10.1. ¿Qué es un sistema de producción?

Se conoce como sistema de producción como el conjunto de procesos mediante los cuales unos insumos (materias primas) son transformados, en virtud del trabajo, la tecnología y/o la incorporación de otros elementos, en productos para el mercado. De modo, que siempre, en la industria manufacturera y en la prestación de servicios, siempre se utilizan recursos para transformar unas entradas en alguna salida planeada en función de satisfacer las demandas de los compradores. Cualquier tipo de empresa dispone de un sistema de producción, donde se integran y organiza el uso de estos elementos, hay una entrada y una salida deseada. De modo que siempre es necesaria una organización, planificación, coordinación y control del conjunto de procesos, tecnologías y trabajadores con los cuales las empresas fabrican sus productos o mercancías, así como también para prestar servicios de manera sistemática y rentable.

El concepto de sistema de producción es pertinente y útil en cualquier empresa. Un ejemplo, podría ser desde la fabricación de galletas, el ensamble de vehículos o una empresa aérea. Se trata de buscar la mejor manera para unir los procesos, articularlos y dirigirlos, para producir galletas, automóviles o servicios de transporte aéreo. En todos estos escenarios, el sistema de producción está enfocado a lograr eficiencia, minimización de costos y maximizar la calidad del producto final. Esto se puede lograr efectivamente a través de la planificación cuidadosa el diseño eficiente de los procesos y la implementación de tecnologías avanzadas.

Al optimizar los recursos, las empresas, mediante adecuados sistemas de producción, pueden aumentar su productividad, reducir costos y ofrecer productos o servicios competitivos en el mercado (Carro & González, 2005).

## 10.2. Historia

En la historia de los sistemas productivos, hay emprendedores e inventores cuya mención es inevitable para reconstruir la evolución de la división del trabajo técnico en el seno de la industria y las concepciones de la organización del proceso de producción, la utilización de los insumos, las dinámicas y coordinaciones entre los trabajadores y la introducción de tecnología y métodos innovadores en la producción.

Eli Whitney introdujo la fabricación de productos a partir de piezas intercambiables. Introdujo los conceptos de estandarización y control de calidad. Mediante estos conceptos aumentó la productividad de la industria de las armas (1799).

Los industriales durante un período de casi un siglo desarrollaron cada uno por su lado sistemas de producción. De esta época viene el desarrollo del sistema de Bessemer para el fundido del acero y los grandes hornos de hierro.

Esta situación de aislamiento de las innovaciones tecnológicas y de organización de trabajo, fue superada por Frederick Taylor quien hoy en día es considerado el padre de la administración científica del trabajo. Investigó las labores de los trabajadores en forma individual y los tiempos de cada uno. Contribuyó a la planificación y programación de la producción. Su principal contribución es llamar la atención de destinar mayores recursos a la administración del trabajo y a la búsqueda de mejoras en ese proceso laboral. Para Taylor, la administración debía indicar a los trabajadores cuál debía ser el trabajo más adecuado de acuerdo a sus capacidades, proveer el adiestramiento y la capacitación de los trabajadores para el desarrollo de la tarea encomendada, ofrecer métodos de trabajo y herramientas y establecer incentivos legítimos por el trabajo realizado.

Frank Gilbreth aportó el estudio de movimientos e introdujo el concepto de trazabilidad de procesos. Creó las hojas de ruta que centraban su atención en todos los elementos del trabajo, incluyendo aquellos elementos que no agregaban valor y que siempre ocurren en los procesos oficiales.

Lilian Gilbreth introdujo la pertinencia de la psicología como ciencia para estudiar los procesos de producción, estudió las motivaciones humanas, y las actitudes de los trabajadores que afectaban el producto final del trabajo. A partir de sus estudios, se posibilitó la filosofía productiva del Just-in-time y la manufactura ligera.

Alrededor de 1910, Henry Ford idearon la estrategia de fabricación considerando todos los elementos del sistema de producción.

Walter Shewhard desarrolló el control estadístico de la calidad, el cual tiene como objetivo monitorear los procesos involucrados antes de una salida se vuelva defectuosa, con lo cual se puede eliminar de raíz las causas de las fallas, así como reducir el número de reincidencias en las no conformidades. Shewhart demostró que era posible analizar la producción en su conjunto, con el objetivo de corregir problemas durante los procesos y no solo descartar productos defectuosos al final del ciclo productivo. (Blog de la calidad, 2024). Él fue un físico norteamericano que trabajó durante unos años en la Western Electric Company, además de jugar un papel destacado en varias agencias gubernamentales y como consultor del Departamento de Guerra de los Estados Unidos. Además de ser el primer editor de la Serie Estadísticas



Matemáticas, contribuyó a la creación y consolidación de una serie de instituciones, entre las cuales se cuentan el Instituto Internacional de Estadísticas, la Sociedad Real de Estadística de Inglaterra, la Asociación de Estadística de Calcuta, entre otras. Antes de Shewhart la calidad en las industrias consistía básicamente en monitorear y/o inspeccionar el producto final, para asegurarse de que no tenía algún defecto. Con la introducción de las Cartas de Control propuestas por él, fue posible aplicar métodos de prevención para asegurar la calidad del producto durante el proceso de producción, ya no monitoreando las salidas después de la producción, sino previniendo la producción de defectos en los productos. Shewhart también desarrolló el PHVA, una de las herramientas más importantes para el desarrollo de la Mejora Continua. Su uso continuado y cíclico permite la estandarización de acciones y la resolución de problemas con lo cual se genera mejoras constantes en la gestión.

Otro personaje importante de la historia del conocimiento de los sistemas de producción fue Edward Deming (Leansherpa.es, 2024). También era estadístico, además de profesor universitario, autor de libros y consultor. Su influencia es destacada por la introducción de sus ideas de la Calidad Total en la industria japonesa. De hecho, al seguir su filosofía de los sistemas de producción con calidad, Japón consiguieron girar su economía y aumentar sus niveles de productividad hasta convertirse en los líderes del mercado mundial. Esencialmente, el pensamiento de Deming sobre la Calidad Total, puede resumirse en 14 principios: a) constancia en el propósito de mejorar el producto y los servicios que se ofrecen en el mercado con la finalidad de ser más competitivos, b) Adoptar esta nueva filosofía de la calidad a todo nivel de la organización, c) inspección: más que a través de la inspección, la calidad se logra mejorando el proceso de producción en su conjunto, desde el principio, d) compras: definir uno o varios proveedores y establecer con ellos una relación de lealtad y confianza a largo plazo, e) Mejora continua: mejorar el sistema de producción y servicio en forma continua y permanente, f) entrenamiento: potenciar la formación en el trabajo de todas las personas involucradas en la empresa, g) Liderazgo: ayudar a las personas que hagan mejor su trabajo, crear interés y reto, h) eliminar el miedo, fortalecer la seguridad y generar un ambiente de confianza entre los trabajadores, i) Romper las barreras entre los departamentos y promover el trabajo en equipo para construir un sistema de cooperación basado en el mutuo beneficio que abarque a toda la organización, j) Eliminar los lemas, las exhortaciones y los objetivos para evitar la presión en los trabajadores, k) eliminar las cuotas numéricas y la gestión por objetivos, l) eliminar las barreras que impiden el orgullo de la gente por su trabajo, m) instituir la capacitación mediante programas de educación y

entrenamiento para todos los trabajadores, n) Transformación: poner a todos en la compañía a trabajar para conseguir el objetivo de la transformación y mayor competitividad de la empresa.

Taichii Ohno y Shingeo Shingo en Japón, específicamente en la empresa Toyota, desarrollaron el sistema de producción Toyota o Just-in-Time, lo que para ellos es más que un sistema de producción, sino un poderoso sistema de dirección adaptado a la era actual de mercados globales (Ohno, 2000). Ambos autores han señalado que sus propuestas buscaban dar respuestas a los problemas de la industria de su país ante la crisis del petróleo de 1973. Así mismo, reconocen que le deben varias ideas de su propuesta, a Henry Ford, al tiempo que las cambian mediante el sistemático cuestionamiento del cómo y el por qué. Este sistema de la Toyota se basa en los siguientes elementos o principios:

- la búsqueda y eliminación de improductividades a todos los niveles
- varias máquinas manejadas por un solo trabajador
- “autonomización”, máquinas y trabajadores que detienen una línea o proceso automáticamente cuando existen anomalías
- mecanismos Poka-Yoke de detección de errores mecánicos para prevenir fallos y simplificar
- justo a tiempo y el kanban, flujo inverso de información de producción. Esto significa que, en un proceso continuo de producción, las piezas adecuadas necesarias para el montaje deben incorporarse a la cadena de montaje justo en el momento en que se necesitan y sólo en la cantidad en que se necesitan. Una empresa que adopte este procedimiento puede aproximarse al stock cero. Un proceso final se dirige hacia un proceso de inicio para recoger sólo la pieza correcta en la cantidad necesaria y en el momento concreto en que se necesita. Esto exige que se logre que, en el proceso inicial, sólo se fabrique el número de piezas retiradas. La comunicación entre los diferentes procesos debe indicar claramente qué se necesita y la cantidad que se necesita. Este sistema de información se denomina “kanban” (tarjeta o letrero) y se hace incidir en cada proceso para controlar el volumen de producción, es decir, la cantidad requerida.
- preparación de empresas proveedoras para fabricar y entregar justo a tiempo
- mantenimiento preventivo para eliminar las averías en las máquinas

- desarrollo del sistema SMED (del inglés Single Minute Exchange of Die), para reducir el tiempo de readaptación de la máquina para permitir tamaños de grupo más pequeños, reduciendo al mismo tiempo el tiempo de inactividad y así mejorar la eficiencia.

Otro hito importante en la evolución del pensamiento acerca de los sistemas de producción, es el marcado por el Control Total de la Calidad, sistematizado por Kaoru Ichikawa (Rock content, 2024) en una “filosofía” administrativa que analiza los elementos del sistema de calidad y las herramientas básicas de la administración de la calidad, que usan las técnicas estadísticas. Crea el llamado “diagrama de Espina de Pescado” o de las 6 M que es una herramienta que ayuda a identificar las causas que están en la raíz de un problema, gracias al análisis de todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso. El diagrama de Ichikawa permite mejoras en los procesos, identificación y jerarquización de las causas encontradas, mayor visibilidad de los problemas, registro visual para análisis futuros, participación del equipo en la gerencia de calidad, organización de ideas y, sobre todo, el trabajo de equipo, garantía para aplicar la filosofía de la calidad. Para ello, hay que seguir varios pasos importantes. En primer lugar, definir el problema de manera específica para poder determinar el obstáculo de la manera más precisa, incluso con mediciones. Seguidamente, se diseña lo que se llama “la espina de pescado”. Esta consiste en un diagrama en el cual hay un guion horizontal en cuya extremidad derecha se incluye un rectángulo en el cual se escribe el problema. Seguidamente, se trazan guiones perpendiculares a esta línea horizontal, representando cada uno de ellos una categoría de causas. En este sentido, Ichikawa se refiere a las 6 M, que indican las siguientes variables: a) método o secuencia de acciones en forma de patrones para ejecutar el proceso, b) maquinaria: que agrupan los problemas derivados de fallos o errores en el uso, mantenimiento de las máquinas, c) mano de obra: que categorizan problemas como la falta de calificación, la desmotivación y la imprudencia de colaboradores o proveedores, d) materiales: donde se visualizan problemas con la materia prima o cualquier otra materia fundamental, e) medición: se refiere a la categoría de decisiones y acciones tomadas que pueden alterar el proceso y dar origen al problema, y f) medio ambiente: que se refiere a problemas relacionados con el contexto físico o ambiental: contaminación, calor o falta de espacio.

Los gerentes, tanto en la producción como en la prestación de servicios, en la actualidad, aplican los conceptos de análisis de procesos, calidad, diseño de trabajos, capacidad, localización de instalaciones, distribución, in-

ventario y programación, tanto para manufacturas como para la prestación de servicio. Por supuesto, hay diferencias importantes entre una empresa de producción y una empresa prestadora de servicios. Además, existen las organizaciones que son mixtas, es decir, que ofrecen tanto bienes tangibles como servicios. Algunas de esas diferencias se aprecian en el siguiente cuadro:

**Tabla 5.**

*Empresas de producción y de servicios. Diferencias.*

BIENES	MIXTA	SERVICIOS
• Producto físico durable	• Se cumplen algunas	• Producto intangible o pere-
• Se puede inventariar	características de los	cedero
• Poco contacto con el cliente	dos tipos extremos	• No se puede inventariar
• Tiempo de respuesta largo	• Se amolda a la com-	• Alto contacto con el cliente
• Mercados regionales, naciona-	binación de bienes y	• Tiempo corto de respuesta
les o internacionales	servicios	• Mercados locales
• Instalaciones generales		• Instalaciones pequeñas
• Intensivo en capital		• Intensivo en trabajo
• Calidad fácil de medir		• No es fácil medir la calidad

**Fuente:** (Carro & González, 2005)

### **10.3. Tipos de sistemas productivos**

Hay varios tipos de sistemas producción:

- Sistema de producción en masa
- Sistema de producción en línea
- Sistema de producción por lotes
- Sistema de producción personalizado.

### **10.4. Sistema de producción en masa**

Se trata de un sistema de producción que es intensiva en capital y energía, ya que utiliza una alta proporción de la maquinaria y la energía en relación con los trabajadores. Generalmente, es altamente automatizada. Este tipo de sistema es el propio de la fabricación en grandes cantidades de un mismo producto de forma idéntica. El ejemplo típico es el de la fábrica de automóviles, donde se ensamblan vehículos en cadena. La clave de este sistema está

en la estandarización y la eficiencia en gran escala. Este sistema de producción se basa en seis normas:

- Estandarización
- Especialización
- Sincronización
- Concentración
- Maximización y
- Centralización

Las principales características de este tipo de sistema de producción es la realización de una cadena de montaje, un alto grado de mecanización, las partes están completamente estandarizadas, hay una definición rígida del puesto de trabajo como un conjunto muy limitado de tareas y a un ritmo continuo de producción (EcuRed, 2024).

### **10.5. Sistema de producción en línea o flujo continuo**

Este sistema se basa en el flujo continuo de productos a través de una línea de montaje que nunca se detiene y donde cada estación de trabajo tiene una tarea específica. En este sentido, aquí las claves son la eficiencia y la sincronización. El proceso en línea está focalizado en el producto con los recursos organizados alrededor del mismo. Los volúmenes de producción generalmente son altos y los productos son también estandarizados. Los insumos se mueven de manera lineal de una estación a la siguiente en una secuencia ya fijada.

### **10.6. Sistema de producción por lotes**

Este es un sistema de producción que se utiliza cuando se quiere producir productos en grandes cantidades, pero no en masa. Aquí los productos se agrupan e lotes y se fabrica de forma limitada, en secuencias, lo cual requiere de una muy buena gestión de inventarios.

Cada lote puede requerir ajustes o cambios en la maquinaria antes de pasar al siguiente. Es perfecto para cuando necesitas flexibilidad y adaptabilidad en la producción dependiendo de la demanda del mercado.

### **10.7. Sistema de trabajo por trabajo personalizado**

Este tipo de sistema de producción hace posible los productos a la medida. Aquí se fabrican productos de acuerdo con las preferencias y necesida-

des específicas de cada cliente, por lo que la propia producción está relacionada de una manera muy directa con la estrategia de producto.

Cada cliente encarga exactamente lo que desea, así que se trata de una producción por proyecto o bajo pedido.

### **10.8. Métodos para la gestión de sistemas de producción**

Existen varios métodos para la gestión de sistemas de producción, que se sistematizan en “filosofías” que se han desarrollado en momentos cruciales en el crecimiento de la economía y el enfrentamiento de las crisis, que han demandado una mejor organización de la producción y nuevos criterios para la dirección y la gerencia.

Entre los métodos más comunes, se cuentan los siguientes:

- **Lean Manufacturing:** La filosofía Lean se centra en eliminar el desperdicio y optimizar los recursos. Con técnicas como el Just-in-Time (los materiales se entregan justo en el momento necesario para la producción) y el Kaizen (mejora continua), las empresas pueden reducir los tiempos de producción, minimizar los inventarios y aumentar la eficiencia. Con esta metodología todo será más ligero y eficiente.
- **Six Sigma:** Esta metodología se enfoca en la mejora de la calidad y la reducción de defectos. Para ello se utilizan herramientas basadas en las estadísticas y demás técnicas de análisis, las empresas pueden identificar y eliminar las causas de los errores en la producción. Se trata de una gestión que se enfoca en prestar mayor atención al detalle y minimizar imperfecciones.
- **5S:** La metodología 5S proviene de Japón y debe su nombre a las 5 eses de las palabras en japonés que determinan 5 pasos de esta metodología: Clasificar, Ordenar, limpiar, estandarizar, mantener. Esto ayuda a reducir la confusión, mejorar la seguridad y aumentar la productividad. Es la mejor manera de asegurarse de que todo tenga su lugar adecuado.
- **Teoría de restricciones:** En el mundo de la producción, siempre hay un eslabón débil y la cadena entera es tan débil como ese eslabón. La teoría de restricciones se enfoca en identificar y preparar un plan de acción para eliminar los cuellos de botella que limitan la capacidad de producción. Al mejorar la eficiencia de los procesos críticos, las empresas pueden maximizar la productividad en general.

Todos estos métodos de producción tienen un objetivo en común: mejorar la eficiencia, la calidad en la producción y ayudar a los sistemas de producción a alcanzar su máximo potencial (Carro & González, 2005).

### **10.9. La industria química**

Las aplicaciones de la química se incrementaron ya desde las últimas décadas del siglo XIX, y ha mantenido una dinámica de expansión que se proyecta actualmente hacia el futuro.

La industria química tiene una gran relevancia en el desarrollo de la economía del mundo. Se trata de la rama industrial de mayor consumo de recursos naturales, aunque también se señala que es una de las industrias más contaminantes del globo. Uno de estos contaminantes son las emisiones de CO<sub>2</sub> (gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático) generado por el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) como fuente de energía, también se genera por la naturaleza de las materias primas utilizadas (Montes, 2015)

La utilización del petróleo y sus derivados ha sido clave para este desarrollo industrial. Ello se ha diversificado y hecho cada vez más complejo, cuando ha crecido el desarrollo de polímeros, materiales semiconductores, productos farmacéuticos y agroquímicos. Igualmente, la industria de la química ha incursionado en innovaciones espectaculares como las relacionadas con la nanotecnología, que exige una alta intensidad de conocimientos químicos (Montes, 2015).

Desde mediados de la década de los 80, la industria química global ha crecido anualmente a un ritmo del 7%. Este crecimiento ha mantenido el liderazgo de empresas asiáticas o se hallan ubicadas en ese continente durante los últimos 25 años. Hay que considerar que es en esa parte del mundo, donde se concentra la mitad de las ventas globales (Statista.com, 2024).

Los datos acerca de las ventas de la industria química y su tendencia para el año 2030, muestran que, del año 1985 al año 2010, Asia incrementó en un 49% las ventas de productos químicos, para proyectarse en un aumento del 66% en las ventas para el año 2030. Al mismo tiempo, las cifras indican que decrecen las ventas de Europa y North American Free Trade Agreement (NAFTA) durante el periodo mencionado. A pesar de ello, hay observaciones que indican que el crecimiento en las ganancias de los productos químicos no solo será más dinámico en los países en desarrollo de AsiaPacífico, sino en África, el Oriente Medio y Latinoamérica, debido a ventajas competitivas por que poseen reservas de gas natural.

Los productos de la industria química pueden dividirse en: química básica, química especializada, química para la industria y el consumo final.

Las industrias de Química básica, a su vez, pueden distinguirse en petroquímica, polímeros e inorgánica básica. Hay que destacar que la industria petroquímica es una base esencial para las posibilidades de crecimiento y desarrollo de cadenas industriales de gran relevancia como la textil, la automotriz y del transporte, la construcción, los plásticos, los alimentos, los fertilizantes, la farmacéutica y la química.

Los productos petroquímicos pueden transformarse en una amplia variedad de químicos básicos con un uso inmediato o pueden servir de materia prima para realizar reacciones posteriores que hacen posible la producción de materiales útiles para nuevas producciones de variadas utilidades, tales como el cloruro de polivinilo que se usa para fabricar tuberías. Sin embargo, el principal uso de los petroquímicos es en la elaboración de un amplio número de polímeros (SENER PETROQUIMICA, 2024).

Como los polímeros o plásticos derivados del petróleo no son biodegradables, su producción es la causa de problemas de eliminación de desechos, al mismo tiempo que son materiales para cuya producción se requieren recursos fósiles, es decir, petróleo crudo en grandes cantidades (Avella, Vlieger, & et al, 2005). Se ha planteado como alternativa a estos problemas, la producción de biopolímeros, que pueden ser utilizadas como materiales para el empaque de alimentos, con la ventaja de que son biodegradables. Por otra parte, se ha observado desventajas de estos biomateriales usados como materiales de empaque, pues no tienen apropiadas características mecánicas y térmicas, además de presentar poca resistencia al agua y bajas propiedades de barrera, en comparación con los plásticos convencionales hechos de petróleo. Por ello, se están desarrollando investigaciones para lograr mejorar dichas propiedades (Abdollahi, Rezaei, & Fazi, 2012).

La industria inorgánica básica produce compuestos inorgánicos básicos que se utilizan en grandes cantidades, en algunos sectores de la manufactura y la agricultura. Entre sus bienes se encuentra el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el carbonato de sodio, entre otros materiales. El ácido sulfúrico sirve de reactivo para producir fertilizantes de fosfato, fenol y propanona, entre otros. El crecimiento futuro de la producción del ácido sulfúrico tiene que ver con el incremento y la extensión de cultivos de alimentos, los cuales necesitarán importantes cantidades de fertilizantes.



La categoría de la industria de la Química especializada incluye una gran variedad de químicos para la protección de cosechas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), pinturas y tintas, colorantes (tintes y pigmentos). También se incluyen químicos usados en diversas industrias como la textil y del papel. Hay la tendencia en los Estados Unidos y Europa de dirigir inversiones hacia este sector más que hacia la química básica porque con una investigación y desarrollo activa (I &D), se pueden generar químicos de mejor calidad y con rentabilidad más estable. Además, se han desarrollado nuevos productos con el fin de satisfacer ambas necesidades en los compradores y cumplir a la vez regulaciones ambientales.

La inversión en investigación y desarrollo de ciencia y tecnología en América, se destinan en una gran proporción hacia la química y sus aplicaciones en la industria. En este sentido, se observa que los países latinoamericanos con mayor inversión en I&D son Brasil, México y Argentina, mientras que, en Norteamérica, los Estados Unidos lidera dicha inversión. México es el país con más aportes del gobierno y Estados Unidos es el país con más apoyo de la empresa pública y privada.

También la Química para la producción de bienes de consumo final, directamente por los clientes. Allí se comprende detergentes, jabones y otros artículos de aseo. En este sentido, la investigación y desarrollo se ha orientado hacia la obtención de detergentes más efectivos y ambientalmente seguros, es decir, hallar surfactantes capaces de limpiar casi cualquier cosa, desde una piel sensible hasta grandes plantas industriales. La materia prima para la obtención de los surfactantes es de origen petroquímico y oleofínico (fuentes animales y vegetales), siendo esta última tendencia en concordancia con las regulaciones ambientales porque se buscan productos menos agresivos con el medio ambiente, aunque los precios son más altos que los tensoactivos sintéticos (Salager, 2010).

Los surfactantes tienen distintas aplicaciones, su mayor uso es como limpiadores y detergentes en los hogares, cerca del 56% de la demanda global en 2014 fue para este segmento. Aunque en el campo industrial también son utilizados y últimamente como solventes para realizar extracciones. La región Asia-pacífico domina el mercado global seguido por Norteamérica y Europa. Se proyecta que el mercado de los surfactantes alcance 22,802 Kt (kilotoneladas) en términos de consumo y \$40,286.3 millones de dólares en ventas para el año 2019 (Ceresana, 2024). Los surfactantes se clasifican en: Aniónicos: a este tipo pertenecen los detergentes sintéticos como los alquil benceno sulfonatos, los jabones (sales de sodio de ácidos grasos), los agentes espumantes

como el lauril sulfato, los humectantes del tipo sulfosuccinato, los dispersantes del tipo lignosulfonatos, etc. La producción de los surfactantes aniónicos representa alrededor del 55% de los surfactantes producidos anualmente en el mundo.

También existen surfactantes no iónicos y los catiónicos. Los no-iónicos son utilizados como agentes activos de los detergentes destinados a la limpieza de máquinas. Este es un mercado joven y aún de baja expansión debido a los altos costos de producción y a la tecnología de vanguardia que se necesita para producirlos; sólo en algunos países del hemisferio norte se están produciendo tales sustancias. Los surfactantes catiónicos son destinados a la producción de jabones de limpieza doméstica y cosméticos. Estos productos son de gran importancia en la industria, así como en el sector doméstico y de la salud; es por ello que merecen un espacio importante dentro del campo de investigación de la ingeniería química (Gómez, 2013).

### **10.10. Sistemas de producción en la industria química**

En la industria química se organizan diversos sistemas de producción de acuerdo a la variedad de productos ofrecidos por esta rama al mercado. Para cada manufactura o fabricación de compuestos y elementos, se promueven diferentes procesos químicos industriales, con un tipo diferente de materia prima y equipo, diversas operaciones en los cuales se dan reacciones químicas adecuadas y se utilizan subproductos.

La industria química utiliza una gran variedad de recursos como por ejemplo productos vegetales y animales; combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, sales, cal, etc. El proceso productivo en la industria química puede llegar a ser muy complejo y además, se requieren condiciones especiales para el almacenamiento y el transporte, y trabajadores con un alto grado de cualificación.

En primer término, hay que mencionar la llamada "industria química de base" en la cual se utilizan únicamente materias primas básicas para elaborar productos intermedios, es decir, productos que se vuelven en insumos para otras industrias. En segundo lugar, hay que señalar la industria química de transformación en donde los productos se destinan al consumo directo de las personas. Otra categoría de industria química es aquella que utiliza fuentes alternativas de energía y una tecnología muy avanzada.

También la industria química puede clasificarse de acuerdo a las características de la materia prima que utiliza para sus operaciones. En este sentido, hay, en primer lugar, aquella industria que obtiene su materia prima natural

directamente del medio ambiente, como es el caso del carbón, el petróleo, los minerales, etc. En segundo lugar, tenemos la industria que utiliza la materia prima sintética, constituida por sustancias y otros compuestos químicos que se utilizan para hacer productos como pinturas y fertilizantes. Un tercer tipo de industria química, denominada de recuperación, en la que la materia prima está por compuestos que permiten su reciclaje para reutilizarse en las industrias, como el cartón, el vidrio o el papel.

Según la finalidad de los productos, en la industria química se utilizan diversos tipos de energía para la realización de los procesos como, por ejemplo: la energía eléctrica, la cual se usa en todas las industrias en procesos sofisticados. También hay una rama industrial química que utiliza la energía nuclear, la cual, aunque es más económica, requiere de instaladores de alta energía para evitar contaminación por radiactividad. También se ha utilizado la energía térmica, empleada en los hornos para derretir diferentes compuestos y amoldarlos.

Aunque son muchos los procesos específicos y las reacciones químicas más aprovechadas para la producción de bienes químicos, los tres procesos más comunes utilizados son la destilación, la reacción de síntesis y la polimerización.

La destilación es una técnica de separación crítica de la industria química, empleada para purificar y separar componentes de una mezcla líquida sobre la base de sus diferentes puntos de ebullición. Este proceso se basa en el principio de vaporización y condensación selectiva. Es muy importante para los sistemas de producción química que utiliza la destilación, contar con equipos de análisis óptico en línea para supervisar continuamente el proceso y asegurar que se mantengan las condiciones óptimas de separación.

Una de las operaciones más comunes de la industria química es la reacción de síntesis. Consiste en la formación de nuevos compuestos a partir de reactivos específicos, mediante una secuencia de etapas de reacción controladas.

Para llevar a cabo eficientemente estas reacciones, es crucial contar con un monitoreo preciso y continuo. Existen distintos tipos de sistemas e instrumentos con el fin de garantizar una conversión óptima de los reactivos en los productos deseados, maximizando así el rendimiento y la eficiencia del proceso.

La polimerización es un proceso de suma importancia también en la industria química, utilizado para sintetizar polímeros a partir de monómeros.

Estos polímeros se utilizan en diversas aplicaciones, desde plásticos hasta productos farmacéuticos y materiales avanzados. Este proceso requiere un control estricto para obtener polímeros con propiedades específicas y uniformes. Los equipos especializados permiten monitorear de manera precisa los parámetros clave durante la polimerización, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y las propiedades deseadas del producto final.

### **10.11. Desafíos de la industria química**

Para la industria química, el principal desafío es lograr reducir la dependencia de fuentes de energía fósiles como el petróleo y sus derivados. Se ha ensayado como alternativa a este tipo de combustibles fósiles, ciertas fuentes de energía renovable, los cuales tienen la ventaja de reducir la dependencia de la energía proveniente del petróleo, además de aumentar la seguridad del suministro y minimizar los riesgos de interrupción de provisiones debido a probables conflictos geopolíticos.

Otro objetivo a lograr con la sustitución de las fuentes de energía fósiles es contribuir a la preservación del ambiente, reducir la contaminación y lograr una relación más equilibrada con los ecosistemas del contexto físico de las unidades industriales, mediante la limitación drástica de las emisiones de gases como el CO<sub>2</sub>, además de disminuir la dispersión de contaminantes de consecuencias nefastas, como el material particulado, los sulfuros, el nitrógeno, los óxidos y los compuestos volátiles orgánicos.

Los estudios muestran las fuentes de energía renovable tienen una disponibilidad casi ilimitada, en contraste con las escasas y muy localizadas reservas de los combustibles fósiles, por lo que son objeto de graves disputas geopolíticas, que han motivado, no pocas veces, conflictos bélicos que interrumpen los suministros. La utilización de las energías renovables, se argumenta, promueve la sostenibilidad, porque satisface los requerimientos ambientales y socioeconómicos del presente y el futuro del planeta.

Es sabido que la biomasa es la única fuente de energía renovable basada en carbono, por lo que su demanda tiene un gran potencial. Se trata, de hecho, de la única fuente renovable de combustibles líquidos que pueden sustituir las gasolinas y gasóleos minerales. El procedimiento más conocido hasta ahora de aprovechamiento energético de la biomasa, es la combustión. El carbono que se desprende en esos procesos es neutral, porque las emisiones de CO<sub>2</sub> son equilibradas con el CO<sub>2</sub> absorbido previamente por las plantas y árboles mediante la fotosíntesis, proceso propio de la vida de los vegetales. Esto se acepta generalmente, y consta en el protocolo de Kyoto, el acuerdo

internacional para reducir la emisión de gases para evitar el calentamiento global. En ese documento se afirma que la biomasa tiene un factor de emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) igual a cero. Por lo que se orienta a los países en la necesidad del uso de este tipo de fuente de energía, pues contribuye a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, siempre y cuando sustituya a un combustible fósil.

La transformación de la biomasa en combustibles puede llevarse a cabo mediante procedimientos químicos, utilizando enzimas o mediante procesos híbridos, tales como la catálisis, la cual ha ofrecido resultados prometedores a corto plazo (Faba, Díaz, & Ordoñez, 2013). Otra ventaja adicional, es que, a partir de la biomasa se obtienen productos químicos de elevado valor agregado, con lo cual se posibilita la viabilidad técnica y económica de las denominadas biorefinerías. En estos centros productivos químicos se adicionan la obtención de energía eléctrica, combustibles líquidos y productos químicos muy variados; entre ellos, el etanol, una molécula de apreciable valor en el mercado ya que es un biocombustible equivalente a la gasolina mineral (bioetanol de primera generación) y es un precursor mediante diferentes reacciones catalíticas para producir otros productos de elevado valor.

La composición de la biomasa determina la capacidad con la que puede ser convertida en productos finales o intermedios útiles e influye en la funcionalidad del producto final. A pesar de la heterogeneidad de la materia prima, su composición se puede dividir en cuatro macromoléculas principales, obteniendo una clasificación bastante homogénea. Principalmente, un 75 % de la biomasa total se corresponde a hidratos de carbono (en lignina), de forma que sólo un 5 % se correspondería a productos minoritarios, como aceites, grasas y proteínas (Corma, Iborra, & et al, 2013).

Puede notarse que el aumento en el uso de energía renovable se ha duplicado en Europa en el periodo comprendido entre 1990-2010, aunque también se ha incrementado en América (países miembros: Canadá Estados Unidos, México, Chile, Brasil). La producción de biocarburantes sólo ha sido significativa desde hace cinco años, con un mayor porcentaje en el continente americano.

En el contexto de la Revolución científico técnica actual, vale destacar que la industria química enfrenta el desafío de las nuevas tecnologías que, en su campo, tienen su expresión en los nanomateriales, cuyas propiedades todavía requieren de estudios para poder determinarlos, por lo que requieren una valoración de los riesgos de posibles exposiciones que surjan durante

su fabricación y uso. El término nanotecnología designa el diseño y la producción de objetos o estructuras muy pequeños, inferiores a 100 nanómetros (100 millonésimas de milímetro). Los nanomateriales son uno de los productos principales de las nanotecnologías, que se concretizan en nuevas partículas, tubos o fibras a nanoescala. La investigación en este campo de la nanotecnología todavía puede deparar grandes sorpresas, pues cada día se encuentran nuevas aplicaciones para los nanomateriales en campos como el de la salud, producción y procesamiento de alimentos, la fabricación de artefactos electrónicos, los cosméticos, los textiles, la informática y la protección medioambiental (Savolainen, Attemisl, Norpa, & et al, 2016).

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA  
CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES

*Referencias*



- Centro de Investigación en Química Aplicada. (15 de marzo de 2024). Empaques activos: un aspecto clave para afrontar la pérdida de alimentos perecederos. Fuente: Gobierno de Mexico: <https://www.ciqa.mx/EmpaquesActivos.aspx>
- Abdollahi, M., Rezaei, M., & Fazi, G. (2012). A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into "chitosan". *Journal of Food Engineering*, 111(1), 343-350. doi:10.1016/j.foodeng.2012.02.012
- Alvarez, C. (2021). Desarrollo histórico de la química orgánica. Fuente: <https://prezi.com/p/7svfelylkujw/desarrollo-historico-de-la-quimica-organica/>
- Avella, M., Vlieger, M., & et al. (2005). Biodegradable starch. Clay nanocomposite films for food packaging Applications. *Food Chemistry*, 93(1), 467-474. doi:10.1016/j.foodchem.2004.10.024
- Bellera, C. L. (2018). Descubrimiento y desarrollo de fármacos. Em L. Gavernet, *Introducción a la Química Medicinal* (pp. 11-21). Edulp-Editorial de la UNLP.
- Benítez, S. (2023). Explorando los Dos Mundos de la Química: Orgánica vs. Inorgánica. Fuente: <https://quo.mx/diferencias/que-diferencia-hay-entre-quimica-organica-e-inorganica/>
- Blog de la calidad. (1 de Abril de 2024). Gurús de la calidad: Waltere Shewhart. Fuente: <https://blogdela calidad.com/gurus-de-la-calidad-walter-shewart>
- Bolivar, G. (28 de mayo de 2020). Química aplicada: objeto de estudio, ramas, importancia, ejemplos. Fuente: Lifeder: <https://www.lifeder.com/quimica-aplicada/>
- Brown, T., & et al. (2004). *Química. La ciencia central*. Pearson Educación.
- Cambridge International Education. (2014). *Chemistry for the IB Diploma* (second edition). Fuente: [https://issuu.com/cupeducation/docs/chemistry\\_for\\_the\\_ib\\_diploma\\_\\_secon\\_cdf38e649149cb](https://issuu.com/cupeducation/docs/chemistry_for_the_ib_diploma__secon_cdf38e649149cb)
- Campillo, N. (2011). *Introducción al análisis químico*. Fuente: <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-1.pdf/1c49a077-8b02-405d-9100-ee5f7f1b1b7b>
- Carey, F. (2006). *Química orgánica* (6ta ed). The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Carro, R., & González, D. (2005). *El sistema de producción y operaciones*. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.



- .....
- Ceresana. (2 de Abril de 2024). Market study: surfactants. Fonte: <http://www.ceresana.com/en/market-studies/chemicals/surfactants>
- Chang, R. (2007). Química (novena edición). Mc Graw Hill.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2018). Química 12<sup>a</sup>. Ed. Mc Graw Hill.
- Cocinet Rosario. (2020). Síntesis química y actividad biológica. Fonte: <https://www.rosario-conicet.gov.ar/ciencia-y-desafios/sintesis-quimica-y-actividad-biologica>
- Conalepfelixtovar. (2012). Etapas del análisis cuantitativo. Fonte: <https://conalepfelixtovar.wordpress.com/2012/10/22/etapas-del-analisis-cuantitativo/>
- Corma, A., Iborra, S., & et al. (2013). Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals. Chemical Reviews, 107(6), 2411-2562. doi:<https://www.pharosproject.net/uploads/files/cml/1393448498>.
- EcuRed. (1 de Abril de 2024). Producción en masa. Fonte: <https://www.ecured.cu/Produccion/en-masa>
- Editorial Etecé. (2021). Química orgánica. Fonte: <https://concepto.de/quimica-organica/#ixzz8WO90CPgE>
- Equipos y Laboratorio de Colombia. (2022). La química orgánica. Fonte: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/la-quimica-organica>
- Faba, L., Díaz, E., & Ordoñez, S. (2013). La biomasa como materia prima para la obtención de combustible líquido. Ecotimes.
- Fernández, G. (2020). Papel de la química orgánica en el descubrimiento de fármacos. Fonte: <https://es.linkedin.com/pulse/papel-de-la-qu-C3%ADmica-org%C3%A1nica-en-el-descubrimiento-germ%C3%A1n-fern%C3%A1ndez>
- Fernandez, G. (1 de marzo de 2024). Reacciones Orgánicas . Fonte: Orgànics Chemistry: <https://www.quimicaorganica.net/reacciones.html>
- Ferroval. (2024). ¿Qué es la química inorgánica? Fonte: <https://www.ferroval.com/es/stem/quimica-inorganica/>
- Ferroval. (2024). ¿Qué es la química orgánica? . Fonte: <https://www.ferroval.com/es/stem/quimica-organica/>

- .....
- Gómez, N. (2013). Modelamiento y simulación de un reactor industrial de película descendente para la producción de surfactantes aniónicos (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Guerrero, G. (2021). Enlace químico. Fuente: <https://iemarcofidelsuarezpastro.edu.co/wp-content/uploads/2021/10/GUIA-9-ENLACE-QUIMICO-10%-C2%B0-QUIMICA-GUILLERMO.pdf>
- Hein, M., & Arena, S. (2014). Fundamentos de Química. 14a. . McGraw-Hill.
- Hernández, E. (29 de septiembre de 2023). Estudia la Química Aplicada. Fuente: [quo.mx: https://quo.mx/estudios/que-estudia-la-quimica-aplicada/](https://quo.mx/estudios/que-estudia-la-quimica-aplicada/)
- Herrera Celis, S. (17 de noviembre de 2023). La Industria Petroquímica. Fuente: Derysoc: <https://wwwcom/la-industria-petroquimica/>
- Hoyos, M. (20 de abril de 2020). Las Reacciones de Sustitución, Adición y Eliminación . Fuente: EDUCAPEDIA: <https://cursoparalaunam.com/reacciones-de-sustitucion-adicion-y-eliminacion>
- Instituto Tecnológico Merida Yucatan. (s/f). Diccionario químico. Fuente: <http://itm-quimica.50webs.com/diccionario.htm#:~:text=Reacci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%3A%20Proceso%20durante%20el,-que%20toman%20parte%20en%20ella.>
- IQS. (2024). Aplicaciones de la Química Orgánica en la industria farmacéutica. Fuente: <https://iqs.edu/es/blog/aplicaciones-de-la-quimica-organica-en-la-industria-farmaceutica/>
- La Industrial. (2024). Química Orgánica: Principales Aplicaciones Industriales. Fuente: <https://www.laindustrialeventos.com/quimica-organica-principales-aplicaciones-industriales/>
- Leansherpa.es. (30 de Marzo de 2024). William Edward Demong, el propulsor de la Calidad Total. Fuente: <https://leansherpa.es/william-deming-el-propulsor-de-la-calidad-total>
- Levy, A. (1989). Estudio de la estructura atómica y propiedades electrónicas de aleaciones amorfas metálicas. Fuente: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n2209\\_LevyYeyati.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2209_LevyYeyati.pdf)
- Martínez, J., & C, I. (2013). Tema 2. Las reacciones químicas. Fuente: [https://ocw.ehu.eus/file.php/232/TEMA\\_2\\_v5.pdf](https://ocw.ehu.eus/file.php/232/TEMA_2_v5.pdf)
- Montes, N. (2015). La industria química: importancia y retos. Lampsakos, 72-85.

- Ohno, T. (2000). El sistema de producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala. Barcelona: Gestión. Taylor & Francis Group.
- Ondarse Álvarez, D. (15 de julio de 2021). Química analítica. Fuente: concepto.de: <https://concepto.de/quimica-analitica/#ixzz8WR2p402S>
- Ondarse Álvarez, D. (9 de agosto de 2021). Reacción química. Fuente: Concepto.de.: <https://concepto.de/reaccion-quimica/#ixzz8WKozZTv9>
- Ondarse, D. (2021). Editorial Etecé. Fuente: <https://concepto.de/enlace-metalico/#ixzz8WSbZj6R2>
- Ortega, G. (2011). QUÍMICA: ORGÁNICA E INORGÁNICA . Fuente: <http://ieca-quimica-organica.blogspot.com/>
- Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). Análisis de Resultados con Errores. Fuente: [https://fisica.uc.cl/images/analisis\\_resultados\\_errores.pdf](https://fisica.uc.cl/images/analisis_resultados_errores.pdf)
- Química Moderna. (2024). Revelando la influencia de la Química Orgánica en la industria de la construcción. Fuente: [https://quimicamoderna.net/quimica-organica/revelando-influencia-quimica-organica-industria-construccion/#google\\_vignette](https://quimicamoderna.net/quimica-organica/revelando-influencia-quimica-organica-industria-construccion/#google_vignette)
- Quimica Online. (2023). Química Inorgánica. Fuente: <https://quimicaonline.net/quimica-inorganica/>
- Química y sociedad. (2023). Química inorgánica: Propiedades, Compuestos y Usos. Fuente: <https://www.quimicaysociedad.org/quimica-inorganica-propiedades-compuestos-y-usos/>
- Ricardo, R. (15 de noviembre de 2022). Química aplicada: Descripción general y ejemplo. Fuente: estudiando: <https://estudiando.com/quimica-aplicada-descripcion-general-y-ejemplo-que-es-la-quimica-aplicada/>
- Rock content. (1 de Abril de 2024). Diagrama de Ichikawa: ¿qué es y para qué sirve? Fuente: <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-diagrama-de-ishikawa>
- Rodríguez, Á., & et al. (2016). Física y Química (1.º Bachillerato). Mc. Graw Hill.
- Salager, J. (2010). Surfactantes. Tipos y usos. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería.
- Saldívar, F. (2017). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional. Educación química.

- Savolainen, K., Attemisl, T., Norpa, L., & et al. (2016). Risks assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies. A review. *Toxicology*, 219(1), 92-104. doi:10.1016/j-tox.2010.01.013
- SENER PETROQUIMICA. (1 de Abril de 2024). SENER PETROQUIMICA. Fuente: [https://www.sener.gob.mx/res/86/Petroquímica\\_final.pdf](https://www.sener.gob.mx/res/86/Petroquímica_final.pdf)
- Shinde, V. (28 de diciembre de 2023). Análisis cuantitativo y cualitativo en productos farmacéuticos. Fuente: Veeprho: <https://veeprho.com/es/analisis-cuantitativo-y-cualitativo-en-productos-farmaceuticos/>
- Soledad, M. (2016). Introducción a la Química Analítica. Universidad Nacional del Litoral.
- Statista.com. (1 de Abril de 2024). Industria química: crecimiento de la producción mundial por segmento: 2023. Fuente: <https://es.estatista.com/estadisticas/599506/crecimiento-de-la-produccion-anual-de-la-industria-quimica-por-sergmento>
- Superprof Blog. (2023). Explorando el pasado de la Química Inorgánica. Fuente: <https://www.superprof.uy/blog/historia-quimica-inorganica/>
- Unibetas. (2022). Qué es la estructura atómica. Concepto, ejemplos y explicación. Fuente: <https://unibetas.com/estructura-atmica/>
- Universidad de Guanajuato. (2023). Clase digital 4. Conceptos básicos de Química. Fuente: <https://blogs.ugto.mx/bachilleratovirtual/clase-digital-4-conceptos-basicos-de-quimica/>
- Universidad Europea. (2024). ¿En qué consiste la química orgánica y cuál es su importancia? Fuente: <https://peru.universidadeuropea.com/blog/quimica-organica/>
- Whitten, K., & et al. (2015). Química. CENGAGE Learning.
- Zschimmer & Schwarz España. (2021). Qué es una reacción química. Definición, ejemplos y tipos de reacciones químicas. Fuente: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-es-una-reaccion-quimica-definicion-ejemplos-y-tipos-de-reacciones-quimicas/>

NOCIONES DE  
**QUÍMICA GENERAL**  
Y ORGÁNICA

CONCEPTOS ACADÉMICOS ACTUALES



Publicado en Ecuador  
Abril 2024

Edición realizada desde el mes de febrero del 2024 hasta  
abril del año 2024, en los talleres Editoriales de MAWIL  
publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 50, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO  
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.  
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.