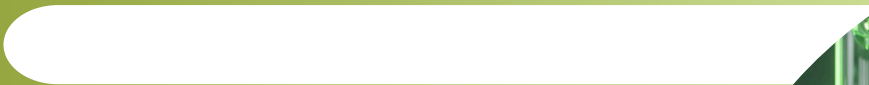


# CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**IIBM -2026**

**5° SECUNDARIA**

**ALUMNO**



*Prof. Josué Arteaga Núñez*

# BIOLOGÍA

## QUINTO DE SECUNDARIA

### SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE

INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA

Docente:

Josué Arteaga Núñez

### Contenido

NÚCLEO Y RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO .....	2
APARATO DE GOLGI Y COMPARTIMENTOS CELULARES .....	6
PLASTOS .....	9
FOTOSÍNTESIS: FASE LUMÍNICA Y CICLO DE CALVIN .....	12
MITOCONDRIA .....	15
RESPIRACIÓN CELULAR: GLUCÓLISIS Y CICLO DE KREBS .....	18
RESPIRACIÓN CELULAR: CADENA RESPIRATORIA .....	22



## SESIÓN 01

### NÚCLEO Y RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO

**PROPÓSITO:** Identificar y describir las estructuras del núcleo y del retículo endoplasmático en la célula eucariota, explicando su función en el almacenamiento genético, la síntesis y el procesamiento de proteínas y lípidos.

#### MARCO TEÓRICO

#### I. EL NÚCLEO CELULAR

**Definición:** El núcleo celular es el organelo membranoso más grande de la célula eucariota (ocupa ~10% del volumen). Contiene el ADN organizado en cromosomas y controla todas las actividades celulares regulando qué proteínas se producen y cuándo.

#### II Características generales

- Forma generalmente esférica u ovalada; puede ser lobulada en algunos tipos celulares.
- La mayoría de células son mononucleadas; los hepatocitos suelen ser binucleados y las fibras musculares esqueléticas son multinucleadas.
- Se ubica normalmente en posición central, aunque puede estar desplazado en células especializadas.

#### II.2 Estructura del núcleo

##### a) Envoltura nuclear

Está formada por dos membranas de fosfolípidos: la **membrana nuclear interna** y la **membrana nuclear externa**, separadas por un espacio perinuclear de 20–40 nm. La membrana externa se continúa directamente con el retículo endoplasmático rugoso (RER) y puede presentar ribosomas en su superficie. La membrana interna interactúa con la cromatina y con la lámina nuclear. Durante la división celular (mitosis), la envoltura nuclear se desintegra en profase y se reconstituye en telofase.

##### b) Poros nucleares

Los **poros nucleares** son complejos proteicos de gran tamaño (~120 nm) que atraviesan la envoltura nuclear. Una célula típica posee entre 3,000 y 4,000 poros. Regulan el tráfico entre el núcleo y el citoplasma: las moléculas pequeñas (iones, agua) pasan libremente, mientras que proteínas grandes y ARN necesitan señales específicas (señales de localización nuclear) y proteínas de transporte (importinas/exportinas) para cruzar.

##### c) Cromatina

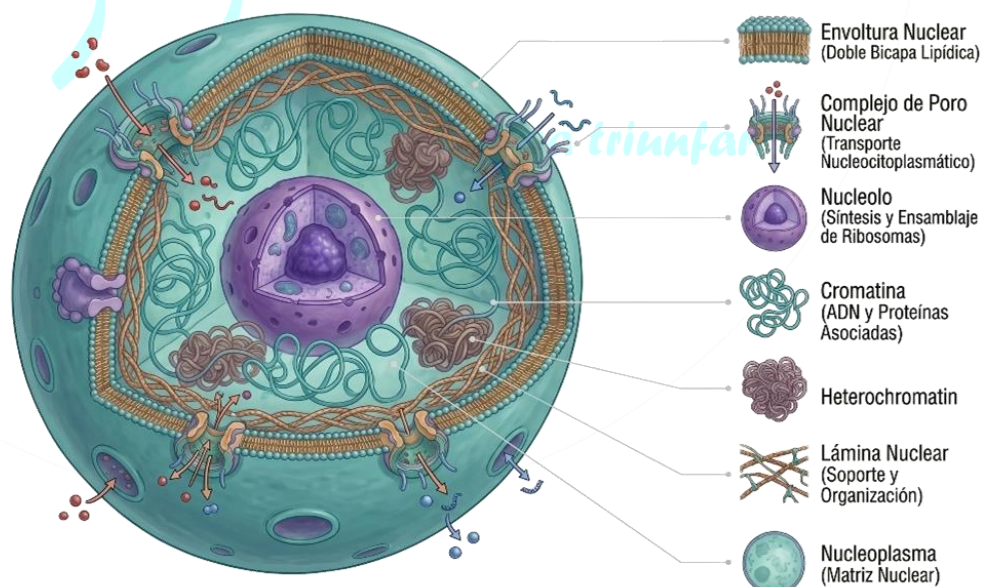
La cromatina es el complejo de ADN + proteínas histonas que empaqueta el genoma. La unidad básica es el **nucleosoma**: 147 pares de bases de ADN enrollados alrededor de un grupo de 8 histonas. Se presenta en dos formas:

**Eucromatina:** forma descondensada genes activos que se están transcribiendo.

**Heterocromatina:** forma compactada genes silenciados. Incluye constitutiva (centrómeros, telómeros) y facultativa (ej: cromosoma X inactivado).

##### d) Nucleolo

Es una región densa sin membrana propia dentro del núcleo. Es el **lugar principal de síntesis del ARN ribosómico**



(ARNr) y de ensamblaje de las subunidades ribosomales antes de ser exportadas al citoplasma. Desaparece durante la mitosis y se reconstituye al finalizar la división.

**e) Lámina nuclear**

Red de proteínas filamentosas (laminas) que tapiza la cara interna de la membrana nuclear. Proporciona soporte estructural al núcleo, ancla la cromatina y participa en la regulación del ciclo celular. Mutaciones en las láminas provocan enfermedades como la progeria (envejecimiento prematuro acelerado).

**1.3 Funciones del núcleo**

- **Almacenamiento genético:** protege el ADN del daño físico y químico.
- **Replicación del ADN:** ocurre en la fase S del ciclo celular antes de la división.
- **Transcripción génica:** síntesis de ARN mensajero (ARNm) a partir del ADN; primer paso de la expresión génica.
- **Procesamiento del ARN:** el ARN pre-mensajero se procesa (splicing, capping, poliadenilación) antes de salir al citoplasma.
- **Control del ciclo celular:** regula cuándo y cómo se divide la célula.

**Definición:** Red de membranas interconectadas que forman cisternas (sacos aplanados) y túbulos que se extienden desde la envoltura nuclear hasta la periferia celular. Representa aproximadamente el 10% del volumen celular y es el principal sistema de síntesis y distribución de proteínas y lípidos.

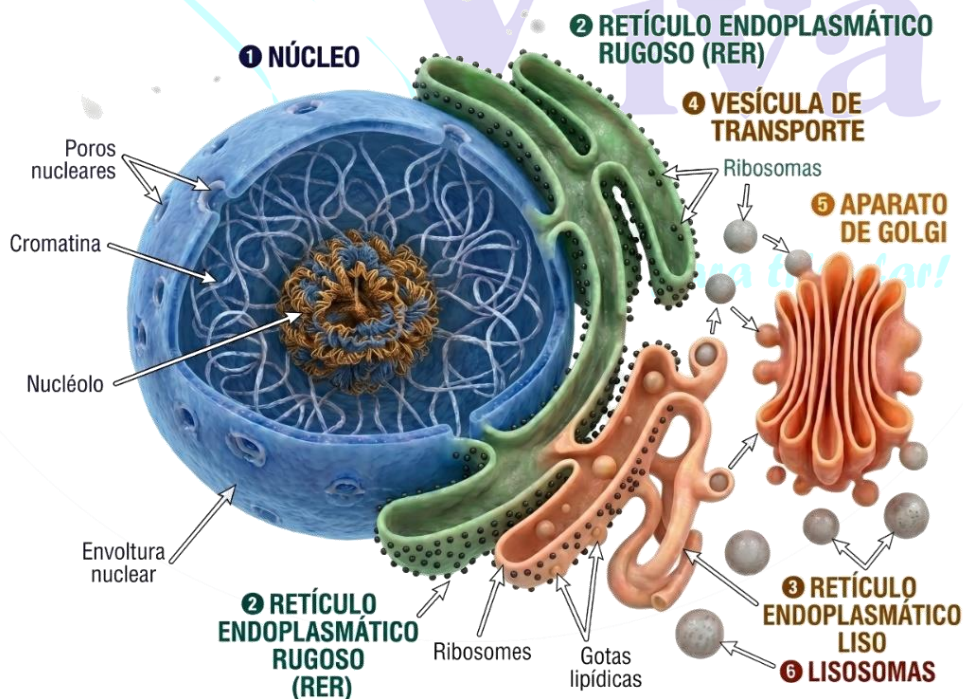
**2.1 Retículo Endoplasmático Rugoso (RER)**

Debe su nombre a los **ribosomas adheridos en su superficie exterior**. Es muy abundante en células secretoras como: linfocitos B (producen anticuerpos), células del páncreas (producen enzimas digestivas) y fibroblastos (producen colágeno). Las proteínas destinadas a ser secretadas se sintetizan en estos ribosomas y son insertadas directamente en el lumen del RER.

**Funciones principales del RER:**

- **Síntesis de proteínas secretoras y de membrana.** Las proteínas se traducen en ribosomas del RER e ingresan al lumen.
- **Glicosilación (N-glicosilación):** se agregan cadenas de azúcares a las proteínas recién sintetizadas.
- **Plegamiento asistido:** proteínas chaperonas (como la BiP) ayudan a que las proteínas adquieran su forma correcta.
- **Control de calidad:** las proteínas mal plegadas son retenidas y finalmente degradadas por el proteasoma (sistema ERAD).
- **Síntesis de fosfolípidos de membrana.**

**2. EL RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO (RE)**



## 2.2 Retículo Endoplasmático Liso (REL)

Carece de ribosomas. Forma preferentemente túbulos interconectados. Es especialmente desarrollado en hepatocitos, células musculares y células productoras de hormonas esteroideas.

### Funciones principales del REL:

**Síntesis de lípidos:** produce colesterol, fosfolípidos y hormonas esteroideas (en glándulas suprarrenales y gónadas).

**Detoxificación:** contiene enzimas (sistema del citocromo P450) que transforman sustancias tóxicas y medicamentos en compuestos más solubles para su eliminación.

**Regulación del calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ):** actúa como reservorio de  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular. Su liberación desencadena la contracción muscular, señalización celular y secreción.

**Gluconeogénesis:** en hepatocitos, participa en la síntesis de glucosa.

## PRÁCTICA

### I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

#### 1. ¿Cuál es la función de los poros nucleares?

- a) Sintetizar proteínas estructurales del núcleo
- b) Regular el transporte selectivo de moléculas entre núcleo y citoplasma
- c) Replicar el ADN en la fase S
- d) Producir ARN ribosómico

#### 2. La membrana nuclear externa se continúa directamente con:

- a) La membrana plasmática
- b) El aparato de Golgi
- c) El retículo endoplasmático rugoso (RER)
- d) La membrana interna de la mitocondria

#### 3. El nucleosoma es la unidad básica de empaquetamiento del ADN. Está formado por:

- a) 200 pares de bases + una sola histona H1
- b) 147 pares de bases de ADN + un grupo de 8 histonas
- c) Un ADN circular + laminas nucleares
- d) Solo proteínas sin ADN

#### 4. La heterocromatina se diferencia de la eucromatina porque:

- a) Está descondensada y sus genes son activos
- b) Es la forma del ADN durante la transcripción
- c) Está condensada y sus genes están silenciados
- d) Solo existe durante la división celular

#### 5. ¿Cuál es la función principal del nucleolo?

- a) Almacenar lípidos de membrana nuclear
- b) Sintetizar ARN ribosómico y ensamblar subunidades ribosomales
- c) Replicar el ADN mitocondrial
- d) Controlar el transporte de iones por los poros

#### 6. Las laminas nucleares son proteínas que:

- a) Forman los poros nucleares
- b) Sintetizan histonas para empaquetar el ADN
- c) Tapisan la cara interna de la membrana nuclear y dan soporte estructural
- d) Transportan ARNm al citoplasma

#### 7. ¿En qué tipo de célula es especialmente abundante el RER?

- a) Células musculares lisas en reposo
- b) Células secretoras como linfocitos B y células pancreáticas
- c) Eritrocitos maduros
- d) Neuronas del cerebelo

#### 8. La N-glicosilación en el RER consiste en:

- a) Añadir grupos fosfato a proteínas
- b) Agregar cadenas de azúcares a proteínas recién sintetizadas
- c) Degradar proteínas mal plegadas
- d) Plegar proteínas sin modificación química

#### 9. El sistema del citocromo P450 del REL hepático cumple la función de:

- a) Sintetizar ribosomas para el RER
- b) Transformar sustancias tóxicas en compuestos más solubles (detoxificación)
- c) Almacenar  $\text{Ca}^{2+}$  para la señalización
- d) Regular la transcripción génica

#### 10. ¿Qué ocurre con las proteínas mal plegadas detectadas en el RER (sistema ERAD)?

- a) Son glicosiladas y enviadas al Golgi
- b) Son retrotraídas al citosol y degradadas por el proteasoma
- c) Permanecen en el lumen del RE indefinidamente
- d) Son exportadas directamente a la membrana plasmática

#### II. El REL regula los niveles de calcio intracelular actuando como:

- a) Fuente de energía para la contracción
- b) Reservorio de  $\text{Ca}^{2+}$  que libera calcio en respuesta a señales
- c) Enzima que sintetiza  $\text{Ca}^{2+}$  de iones simples
- d) Receptor de  $\text{Ca}^{2+}$  en la membrana plasmática

#### 12. ¿Cuántos poros nucleares puede tener aproximadamente una célula típica?

- a) 50 a 100 poros
- b) 500 a 1000 poros
- c) 3,000 a 4,000 poros
- d) Más de 50,000 poros

13. La envoltura nuclear se desintegra y reconstituye en cada división celular durante:

- a) La fase S del ciclo celular
- b) La profase (desintegración) y la telofase (reconstitución)
- c) La anafase únicamente
- d) La interfase completa

14. La BiP es una chaperona del RER cuya función es:

- a) Añadir azúcares a proteínas secretoras
- b) Ayudar a las proteínas a adquirir su forma tridimensional correcta
- c) Degradar proteínas viejas en el lumen
- d) Transportar vesículas del RE al Golgi

15. ¿Cuál es la diferencia estructural principal entre el RER y el REL?

- a) El RER tiene membrana doble y el REL membrana simple
- b) El RER tiene ribosomas en su superficie exterior; el REL carece de ellos
- c) El RER solo existe en células vegetales
- d) El REL contiene ADN circular y el RER no

## II. Frases para Completar

1. El \_\_\_\_\_ es la unidad básica de empaquetamiento del ADN, formado por 147 pb de ADN y un grupo de 8 histonas.
2. La forma descondensada y transcripcionalmente activa de la cromatina se llama \_\_\_\_\_.
3. El \_\_\_\_\_ desaparece durante la mitosis y se reorganiza al finalizar la división celular.
4. El sistema \_\_\_\_\_ del REL hepático transforma sustancias tóxicas en compuestos más solubles para su eliminación.
5. Las proteínas secretoras sintetizadas en el RER ingresan al lumen del organelo asistidas por una partícula de reconocimiento llamada \_\_\_\_\_.

### TAREA PARA CASA

Diseña además un esquema del núcleo en diferentes fases señalando: envoltura nuclear, poros, nucleolo, eucromatina y heterocromatina.

Explica cómo la organización de la cromatina afecta la expresión génica.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 2

### APARATO DE GOLGI Y COMPARTIMENTOS CELULARES

**PROPÓSITO:** Reconocer la estructura y función del aparato de Golgi como centro de procesamiento y distribución de macromoléculas, y caracterizar los compartimentos celulares: lisosomas, vacuolas y vesículas de transporte.

- **Formación de lisosomas:** Las enzimas hidrolíticas reciben una marca química (manosa-6-fosfato) que las dirige hacia los lisosomas.
- **Secreción celular:** Hay dos tipos: secreción continua (constitutiva, sin regulación) y secreción regulada (se dispara por señales como hormonas o neurotransmisores).

#### MARCO TEÓRICO

#### I. EL APARATO DE GOLGI

**Definición:** El aparato de Golgi es un organelo membranoso que actúa como el centro de procesamiento y distribución de la célula. Recibe proteínas y lípidos del retículo endoplasmático, los modifica y los empaqueta en vesículas para enviarlos a su destino final: membrana plasmática, exterior celular o lisosomas.

#### II Organización estructural

La unidad funcional es el **dictiosoma**: una pila de 4-8 cisternas (sacos membranosos aplanados). Las células animales tienen 10-20 dictiosomas; las células vegetales pueden tener cientos. El Golgi presenta una **polaridad funcional** con tres regiones diferenciadas:

- **Cara cis:** Orientada hacia el RE. Aquí llegan las vesículas con proteínas del RER.
- **Región medial:** Zona de procesamiento principal; aquí se realizan la mayoría de modificaciones químicas.
- **Cara trans:** Orientada hacia la membrana plasmática. Clasifica y empaqueta las moléculas en vesículas según su destino.

#### I2 Funciones del aparato de Golgi

Las proteínas que provienen del RER son modificadas en el Golgi de diversas maneras:

- **Glicosilación compleja:** Se añaden y modifican cadenas de azúcares a las proteínas. Estas modificaciones son esenciales para el reconocimiento celular y la función proteica.
- **Fosforilación y sulfatación:** Adición de grupos fosfato o sulfato a proteínas específicas.
- **Síntesis de lípidos de membrana:** Produce esfingolípidos y glicolípidos para la membrana plasmática.

#### I3 Tráfico vesicular

Las vesículas son el medio de transporte entre compartimentos:

**Vesículas COPII:** transportan proteínas del RE al Golgi (dirección hacia adelante).

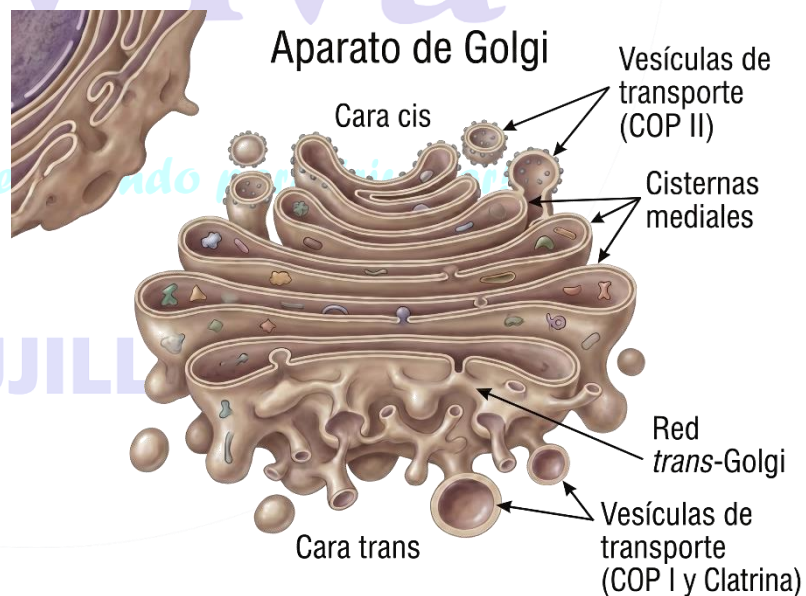
**Vesículas COPI:** recuperan proteínas del Golgi de regreso al RE (dirección retrógrada) y también median el transporte entre cisternas del Golgi.

**Vesículas con cubierta de clatrina:** transportan enzimas lisosomales del Golgi a los endosomas y lisosomas.

**Proteínas SNARE:** determinan que cada vesícula se fusione exactamente con su membrana destino, garantizando la especificidad del transporte.

#### 2. COMPARTIMENTOS CELULARES

##### 2I Lisosomas



**Definición:** Los lisosomas son organelos esféricos rodeados de una sola membrana que mantienen un pH interno muy ácido (4.5–5.0). Contienen más de 50 tipos de enzimas digestivas (hidrolasas ácidas) capaces de degradar todos los tipos de macromoléculas: proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos. Son el sistema digestivo interno de la célula.

- **Autofagia:** degradación de componentes celulares propios dañados u obsoletos (organelos, proteínas). Una membrana envuelve el material a degradar formando un autofagosoma, que se fusiona con el lisosoma.
- **Endocitosis/fagocitosis:** degradación de material externo internalizado por la célula.

**Enfermedades lisosomales:** Cuando una enzima lisosomal está ausente o no funciona, el sustrato que debe degradar se acumula dentro del lisosoma. Esto causa enfermedades graves como: Gaucher (acumulación de glucocerebrósido), Tay-Sachs (acumulación de GM2 gangliósido) y Niemann-Pick (acumulación de esfingomielina).

## 22 Vacuolas

- **Vacuola central vegetal:** puede ocupar hasta el 90% del volumen celular. Mantiene la turgencia (presión interna), almacena pigmentos (antocianinas), nutrientes y compuestos de defensa como alcaloides. Es esencial para el soporte estructural de la célula vegetal.
- **Vacuolas contráctiles:** en protistas de agua dulce (como la ameba y el paramecio). Regulan la cantidad de agua dentro de la célula expulsando el exceso.

## 23 Vesículas de transporte

Las vesículas son pequeñas esferas membranosas de 50–300 nm que se forman por gemación de una membrana donante y se fusionan con la membrana destino. Son fundamentales para la secreción, endocitosis y la comunicación entre compartimentos celulares.

## PRÁCTICA

**I. Preguntas de Selección:** Marca la respuesta correcta.

1. La unidad funcional básica del aparato de Golgi es:

- a) La cisterna aislada      b) El dictiosoma (pila de 4–8 cisternas apiladas)  
c) La vesícula de transporte      d) El lumen trans

2. ¿Qué región del Golgi recibe las vesículas provenientes directamente del retículo endoplasmático?

- a) Cara trans      b) Región medial  
c) Cara cis      d) Red trans del Golgi (TGN)

3. El marcador químico manosa-6-fosfato en las enzimas lisosomales sirve para:

- a) Activar las enzimas en el Golgi  
b) Dirigirlas desde el Golgi hacia los lisosomas  
c) Glicosilarlas con azúcares complejos  
d) Exportarlas al exterior celular

4. Las vesículas COPI son responsables del transporte:

- a) Del RE hacia el Golgi (anterógrado)  
b) Del Golgi hacia la membrana plasmática  
c) Del Golgi de regreso al RE (retrogrado) e intra-Golgi  
d) De lisosomas hacia el exterior celular

5. Las proteínas SNARE tienen como función:

- a) Sintetizar glicolípidos en el Golgi  
b) Garantizar que cada vesícula se fusione con su membrana destino específica  
c) Transportar  $Ca^{2+}$  hacia el RE  
d) Importar proteínas del citosol al núcleo

6. El pH ácido interno de los lisosomas (4.5–5.0) es necesario para:

- a) Que las SNARE funcionen correctamente  
b) Que las hidrolasas ácidas sean activas y puedan degradar macromoléculas  
c) Mantener la turgencia celular  
d) Sintetizar ATP en su interior

7. La autofagia es el proceso por el cual:

- a) La célula digiere material extracelular internalizado  
b) La célula degrada sus propios componentes dañados u obsoletos usando lisosomas  
c) Las vesículas se forman en el aparato de Golgi  
d) El RE sintetiza proteínas de membrana

8. La vacuola central de las células vegetales cumple la función de:

- a) Realizar la fotosíntesis en ausencia de cloroplastos  
b) Mantener la turgencia, almacenar pigmentos y compuestos de defensa  
c) Solo almacenar almidón  
d) Producir ATP para la célula

9. La secreción regulada en el Golgi se distingue de la constitutiva porque:

- a) Es continua e independiente de señales externas  
b) Solo se activa en presencia de señales específicas como hormonas o  $Ca^{2+}$

- c) Solo produce lípidos de membrana
- d) Depende de vesículas COPI

- a) Vesículas de clatrina
- b) Vesículas COPI
- c) Vesículas COPII
- d) Vesículas secretoras reguladas

10. ¿En qué tipo de organismos encontramos vacuolas contráctiles?

- a) En células vegetales maduras
- b) En protistas de agua dulce para regular la osmolaridad
- c) En células animales musculares
- d) En todos los hongos y levaduras

15. Las vesículas se forman por un proceso llamado:

- a) Autofagia vesicular
- b) Gemación (budding) de una membrana donante y posterior fusión con la membrana destino
- c) Fosforilación de lípidos de membrana
- d) Transcitosis directa entre compartimentos

11. La glicosilación compleja de proteínas en el Golgi consiste en:

- a) Añadir grupos fosfato a la proteína
- b) Modificar y añadir cadenas complejas de azúcares, importantes para reconocimiento celular
- c) Degradar proteínas mal glicosiladas
- d) Plegar las proteínas por primera vez

12. ¿Cuántos dictiosomas tienen típicamente las células animales?

- a) 1 dictiosoma central
- b) 4-8 dictiosomas
- c) 10-20 dictiosomas
- d) Cientos de dictiosomas distribuidos

13. En la enfermedad de Tay-Sachs, ¿qué ocurre a nivel lisosomal?

- a) Se acumula colesterol por falta de esfingomielinasa
- b) Un gangliósido (GM2) se acumula por ausencia de la enzima hexosaminidasa A
- c) Las hidrolasas se exportan por error a la membrana plasmática
- d) Los lisosomas tienen pH neutro en lugar de ácido

14. ¿Qué tipos de vesículas intervienen en el transporte de proteínas del RER al Golgi?

II Frases para Completar

1. La cara \_\_\_\_\_ del aparato de Golgi recibe vesículas del RE, mientras que la cara trans clasifica y empaqueta proteínas para su envío.
2. Las hidrolasas ácidas de los lisosomas reciben la marca química \_\_\_\_\_ que las dirige desde el Golgi a su destino.
3. Las proteínas \_\_\_\_\_ determinan que cada vesícula se fusione exactamente con su membrana destino específica.
4. La \_\_\_\_\_ es el proceso por el cual la célula degrada sus propios componentes dañados mediante la formación de un autofagosoma que se fusiona con un lisosoma.
5. La vacuola central vegetal puede ocupar hasta el \_\_\_\_\_ % del volumen celular y mantiene la turgencia estructural de la célula.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 3

### PLASTOS

**PROPÓSITO:** Clasificar los tipos de plastos y sus funciones específicas, describir en profundidad la estructura del cloroplasto, analizar los pigmentos fotosintéticos y los fotosistemas como base de la conversión de energía solar.

**Amiloplastos:** sintetizan y almacenan almidón. Son los más abundantes; se encuentran en tubérculos (papa, yuca) y granos de cereales. Curiosamente, también funcionan como sensores de gravedad en raíces (su almidón sedimenta indicando la dirección del crecimiento).

**Elaioplastos:** acumulan aceites y lípidos. Abundantes en semillas oleaginosas y plantas aromáticas.

**Proteinoplastos (aleuoplastos):** almacenan proteínas de reserva. Frecuentes en semillas de leguminosas.

### MARCO TEÓRICO

#### I. LOS PLASTOS: ORIGEN Y CLASIFICACIÓN

**¿Qué son los plastos?** Los plastos son organelos exclusivos de plantas y algas, rodeados por una doble envoltura membranosa. Poseen ADN circular propio y ribosomas similares a los bacterianos, evidencia de su origen a partir de cianobacterias ancestrales (teoría de la endosimbiosis, hace ~1,500 millones de años). Todos derivan de un precursor indiferenciado denominado **proplastidio** presente en células jóvenes (meristemáticas). Los plastos son capaces de interconvertirse entre tipos según las condiciones del entorno y la diferenciación celular.

#### 12 Cromoplastos – plastos pigmentados no fotosintéticos

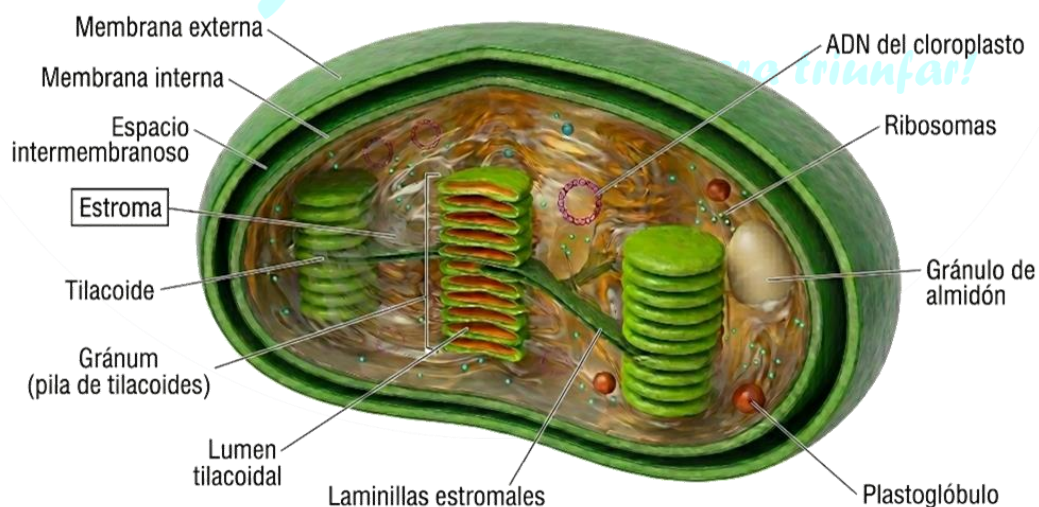
**Los cromoplastos** contienen pigmentos carotenoides (carotenos y xantofilas) que otorgan colores amarillo, naranja y rojo a flores, frutos maduros (tomate, pimiento, zanahoria) y raíces. Su función biológica principal es **atraer polinizadores y dispersores de semillas**. Se forman durante la maduración de frutos, cuando los cloroplastos pierden la clorofila y acumulan carotenoides (por ejemplo, el tomate verde → tomate rojo). También actúan como antioxidantes celulares.

#### 11 Leucoplastos – plastos incoloros

Carecen de pigmentos. Se localizan en órganos no expuestos a la luz (raíces, semillas, tejidos de almacenamiento). Se dividen según lo que almacenan:

#### 13 Etioplastos

Son plastos que se forman en plantas germinadas en completa oscuridad. Poseen una estructura membranosa interna llamada cuerpo prolamelado. Al recibir luz, se diferencian rápidamente en cloroplastos funcionales, proceso conocido como de-etiolamiento. Esta es la razón por la que una planta que crece en la oscuridad es amarillenta (etiolada) y al exponerse a la luz recupera el color verde.



## 2. EL CLOROPLASTO

El **cloroplasto** es el organelo fotosintético que convierte energía solar en energía química (glucosa). Tiene 2–10  $\mu\text{m}$  de diámetro y una célula vegetal puede contener de 20 a 100 cloroplastos. Posee herencia materna, ADN circular propio y ribosomas propios, lo que confirma su origen endosimbiótico a partir de cianobacterias ancestrales hace aproximadamente 1,500 millones de años.

### 2.1 Estructura del cloroplasto

- **Membrana externa:** permeable a moléculas pequeñas; permite el intercambio de metabolitos con el citosol.
- **Membrana interna:** altamente selectiva; controla el transporte de azúcares, aminoácidos y fosfato entre el cloroplasto y el citosol.
- **Espacio intermembrana:** zona delgada entre ambas membranas; zona de tránsito.

**Estroma:** es la matriz semilíquida interior del cloroplasto. Contiene: más de 100 enzimas del ciclo de Calvin, ADN circular, ribosomas propios, gránulos de almidón transitorio y la enzima clave **RuBisCO** (la más abundante del planeta: representa ~40% de las proteínas en las hojas).

**Sistema de tilacoides:** red de membranas internas donde ocurre la fase lumínica. Se organizan en:

- **Grana:** pilas de 10–20 tilacoides apilados donde se concentra el Fotosistema II.
- **Lamelas del estroma:** tilacoides que conectan los diferentes grana; contienen principalmente el Fotosistema I. Esta distribución separada de los fotosistemas optimiza la eficiencia fotosintética.

### 2.2 Pigmentos fotosintéticos

**Clorofila a:** el pigmento más abundante (75%). Absorbe luz roja (663 nm) y azul (430 nm). Es el pigmento de reacción en ambos fotosistemas.

**Clorofila b:** pigmento accesorio (25%). Absorbe en longitudes ligeramente diferentes y transfiere la energía a la clorofila a. **Carotenoides ( $\beta$ -caroteno, luteína, zeaxantina):** absorben entre 400–550 nm. Cumplen dos funciones: ampliar el espectro de luz capturada y proteger al cloroplasto del daño por exceso de luz (fotoprotección).

**Ficobilinas:** solo en cianobacterias y algas rojas. Absorben luz verde-amarilla, adaptación a ambientes acuáticos profundos.

## 2.3 Fotosistemas

Los fotosistemas son complejos proteicos con ~200–300 moléculas de pigmento que capturan la luz y la dirigen al centro de reacción donde ocurren las reacciones fotoquímicas:

**PSII (P680):** ubicado en los grana. Absorbe a 680 nm.

Oxida el agua y libera  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  y electrones. Es el origen de todo el oxígeno de la atmósfera terrestre.

**Plastoquinona (PQ):** transportador móvil que lleva los electrones del PSII al complejo citocromo b<sub>6</sub>f.

**Complejo citocromo b<sub>6</sub>f:** bombea  $\text{H}^+$  hacia el lumen tilacoidal, amplificando el gradiente de protones.

**Plastocianina (PC):** proteína pequeña que transfiere electrones hacia el PSI. **PSI (P700):** ubicado en las lamelas. Absorbe a 700 nm. Reduce el  $\text{NADP}^+$  a  $\text{NADPH}$  (poder reductor para el ciclo de Calvin) mediante la ferredoxina.

## PRÁCTICA

### I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. Los plastos son organelos exclusivos de:

- a) Bacterias y hongos    b) Células vegetales y algas  
c) Todas las células eucariotas    d) Animales invertebrados marinos

2. Los amiloplastos se caracterizan por:

- a) Contener clorofila y realizar fotosíntesis  
b) Dar color naranja a frutos maduros  
c) Sintetizar y almacenar almidón; también actúan como sensores de gravedad en raíces  
d) Solo existir en células del meristemo apical

3. ¿Cuál es la función biológica principal de los cromoplastos?

- a) Realizar fotosíntesis en frutos maduros  
b) Almacenar almidón en raíces de reserva  
c) Acumular carotenoides que atraen polinizadores y dispersores de semillas  
d) Producir ATP mediante fosforilación oxidativa

4. Los etioplastos se convierten en cloroplastos cuando:

- a) La temperatura sube por encima de 30°C  
b) La planta recibe luz (proceso de de-etiolamiento)  
c) La célula entra en fase S del ciclo celular  
d) Se acumula suficiente  $\text{CO}_2$  en el mesófilo

5. ¿En qué compartimento del cloroplasto ocurre el ciclo de Calvin?

- a) En los tilacoides del grana    b) En la membrana interna

- c) En el estroma del cloroplasto      d) En el espacio intermembrana

**6. El pigmento fotosintético más abundante en el cloroplasto es:**

- a) La clorofila b      b) La clorofila a (representa el 75% del total)  
c) El  $\beta$ -caroteno      d) La ficoeritrina

**7. Los carotenoides del cloroplasto tienen una función de fotoprotección porque:**

- a) Absorben más luz que la clorofila  
b) Disipan el exceso de energía lumínica, protegiendo al cloroplasto del daño oxidativo  
c) Aumentan la tasa fotosintética en condiciones de alta luz  
d) Solo capturan luz infrarroja

**8. Los grana del cloroplasto son:**

- a) Gotitas lipídicas en el estroma  
b) Pilas de 10-20 tilacoides apilados que contienen alta concentración del PSII  
c) Los granos de almidón temporales del estroma  
d) Las regiones de la membrana interna

**9. ¿Cuál es la evidencia del origen endosimbiótico del cloroplasto?**

- a) Su capacidad de absorber  $\text{CO}_2$  del ambiente  
b) La presencia de estroma y tilacoides  
c) Posee ADN circular propio, ribosomas similares a los bacterianos y herencia materna  
d) Se relaciona funcionalmente con las mitocondrias

**10. ¿Qué función cumple el Fotosistema II (PSII)?**

- a) Reducir el  $\text{NADP}^+$  a NADPH directamente  
b) Oxidar el agua liberando  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$  y electrones (fotólisis del agua)  
c) Sintetizar glucosa en el estroma  
d) Bombear  $\text{H}^+$  directamente al estroma

**11. La RuBisCO es una enzima importante del estroma porque:**

- a) Es el pigmento de reacción del PSII  
b) Es la enzima más abundante del planeta y cataliza la fijación del  $\text{CO}_2$   
c) Bombea  $\text{H}^+$  a través de la membrana tilacoidal  
d) Sintetiza ATP en el estroma

**12. ¿Cuántos cloroplastos puede tener una célula del mesófilo vegetal?**

- a) De 2 a 5 cloroplastos  
b) De 20 a 100 cloroplastos  
c) Más de 500 cloroplastos  
d) Exactamente 1 cloroplasto central

**13. El Fotosistema I (PSI) y el PSII están separados en diferentes regiones de los tilacoides porque:**

- a) Tienen diferente tamaño y no caben en el mismo espacio  
b) Esta distribución evita interferencias y optimiza la eficiencia fotosintética  
c) Solo el PSII puede absorber luz roja  
d) El PSI solo funciona en completa oscuridad

**14. Los elaioplastos se diferencian de los amiloplastos en que:**

- a) Son más grandes y contienen clorofila  
b) Acumulan aceites y lípidos en lugar de almidón  
c) Solo existen en hojas fotosintéticas  
d) Contienen pigmentos rojos y anaranjados

**15. La plastocianina transporta electrones desde el complejo citocromo b<sub>6</sub>f hacia:**

- a) La plastoquinona (PQ)  
b) El PSII directamente  
c) El PSI (P700)  
d) La ATP sintasa tilacoidal

## II. Frases para Completar

1. Todos los plastos derivan de un precursor indiferenciado llamado \_\_\_\_\_ presente en células meristemáticas jóvenes.
2. Los cromoplastos contienen pigmentos \_\_\_\_\_ que dan colores rojo, naranja y amarillo a flores y frutos maduros.
3. El \_\_\_\_\_ del cloroplasto es la matriz interna donde se encuentran las enzimas del ciclo de Calvin, incluyendo la RuBisCO.
4. Las pilas de tilacoides apilados en el cloroplasto se denominan \_\_\_\_\_ y son el sitio de concentración del Fotosistema II.
5. El proceso por el cual los etioplastos se convierten en cloroplastos funcionales al recibir luz se denomina \_\_\_\_\_.

*¡Preparando para triunfar!*

### TAREA PARA CASA

Investiga y explica brevemente:

¿De qué están conformados los siguientes complejos del cloroplasto?

Fotosistema II

Fotosistema I

ATP sintasa

Explica cómo funciona cada uno durante la fase luminosa de la fotosíntesis.

## SESIÓN 4

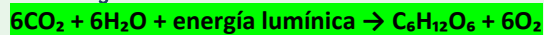
### FOTOSÍNTESIS: FASE LUMÍNICA Y CICLO DE CALVIN

**PROPÓSITO:** Explicar cómo en la fase lumínica la energía solar se transforma en ATP y NADPH a través de los fotosistemas, y cómo en la fase oscura (ciclo de Calvin) estos productos se usan para fijar CO<sub>2</sub> y sintetizar glucosa.

#### MARCO TEÓRICO

#### 1. VISIÓN GENERAL DE LA FOTOSÍNTESIS

Ecuación global:



La fotosíntesis opera en dos etapas interconectadas: la **fase lumínica** (en las membranas tilacoidales) que convierte luz en energía química, y la **fase oscura o ciclo de Calvin** (en el estroma) que usa esa energía para fabricar glucosa. La eficiencia teórica global es del ~11% de la energía solar incidente.

**Paso 1 – Activación del PSII:** los pigmentos antena capturan fotones y concentran la energía en el centro de reacción P680. El P680 excitado pierde un electrón.

**Paso 2 – Fotólisis del agua:** el P680<sup>+</sup> (cargado positivamente) extrae electrones del agua:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ . El O<sub>2</sub> se libera a la atmósfera.

**Paso 3 – Transporte de electrones:** los electrones fluyen por la Plastoquinona (PQ) → Complejo citocromo b<sub>6</sub>f (que bombea H<sup>+</sup> al lumen) → Plastocianina → hasta el P700 del PSI.

**Paso 4 – Activación del PSI:** el P700 absorbe un fotón y dona electrones a la Ferredoxina → Ferredoxina-NADP<sup>+</sup> reductasa → NADPH.

**Paso 5 – Síntesis de ATP (quimiosmosis):** el gradiente de H<sup>+</sup> entre el lumen tilacoidal (ácido) y el estroma (básico) impulsa la ATP sintasa (CF<sub>1</sub>F<sub>0</sub>) para producir ATP.

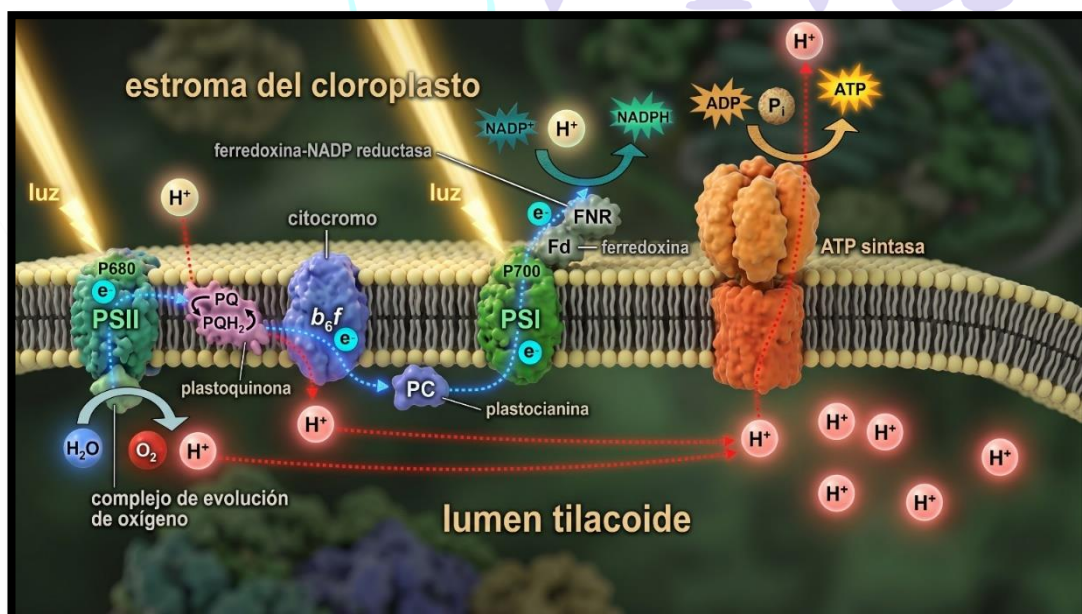
#### 2.2 Fotofosforilación cíclica

Cuando la célula necesita más ATP que NADPH, solo funciona el PSI. Los electrones del PSI regresan al complejo citocromo b<sub>6</sub>f en lugar de reducir el NADP<sup>+</sup>. Esto genera más gradiente de H<sup>+</sup> → más ATP, sin producir NADPH ni O<sub>2</sub>. Permite ajustar la relación ATP:NADPH según las necesidades del ciclo de Calvin.

#### 2. FASE LUMÍNICA

##### 2.1 Fotofosforilación no cíclica (vía principal)

El flujo de electrones sigue el llamado **esquema en Z**, así llamado por la forma que describe el potencial redox de los transportadores. Ambos fotosistemas trabajan en serie:



### 2.3 Balance de la fase lumínica

Por cada 12 moléculas de agua oxidadas se producen: → 6 O<sub>2</sub> liberados a la atmósfera → 12 NADPH (poder reductor para el ciclo de Calvin) → 18 ATP (energía para el ciclo de Calvin)

**Eficiencia:** aproximadamente el 27% de la energía lumínica absorbida se conserva en ATP y NADPH.

## 3. FASE OSCURA: CICLO DE CALVIN-BENSON

Ocurre en el estroma del cloroplasto. No requiere oscuridad; se denomina así porque no usa directamente la luz solar. Utiliza el ATP y NADPH de la fase lumínica para convertir CO<sub>2</sub> inorgánico en glucosa. Consta de tres etapas:

### 3.1 Fase 1: Fijación del CO<sub>2</sub> (Carboxilación)

**Reacción central:**

CO<sub>2</sub> + RuBP (5C) → 2 moléculas de 3-fosfoglicerato (3-PGA, 3C)

**Enzima clave:** RuBisCO (ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa). Es la enzima más abundante en la Tierra (~40% de las proteínas foliares). Relativamente lenta (3-10 reacciones/segundo), pero se compensa con su altísima concentración.

Problema: también puede reaccionar con O<sub>2</sub> en lugar de CO<sub>2</sub>, iniciando la fotorrespiración (proceso que desperdicia energía).

### 3.2 Fase 2: Reducción (Formación de G3P)

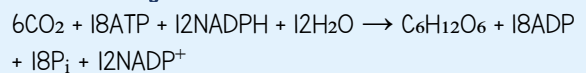
- 3-PGA + ATP → 1,3-bisfosfoglicerato (usando la enzima fosfoglicerato kinasa)
- 1,3-bisfosfoglicerato + NADPH → Gliceraldehído-3-fosfato (G3P) (usando la GAPDH)

De los 12 G3P producidos: **10 G3P → regeneran el RuBP** y **2 G3P → síntesis de glucosa** u otros carbohidratos.

### 3.3 Fase 3: Regeneración del RuBP

Es la fase más compleja bioquímicamente. Consume 6 ATP adicionales para regenerar las 6 moléculas de RuBP a partir de los 10 G3P restantes, permitiendo que el ciclo continúe.

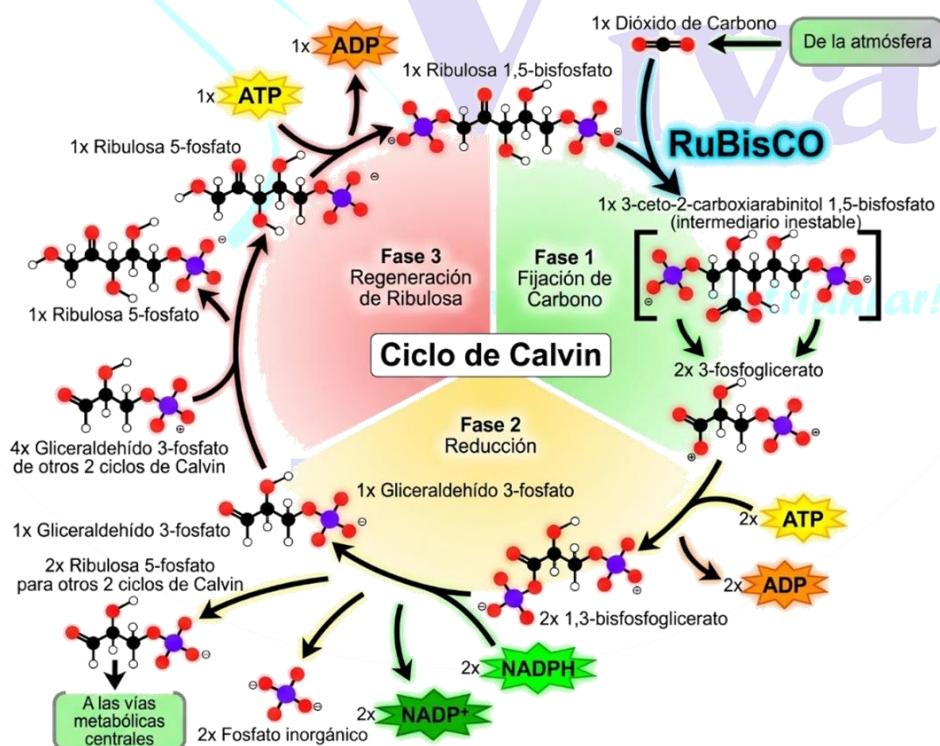
**Balance neto del ciclo de Calvin (para producir 1 molécula de glucosa):**



**Relación ATP:NADPH consumida = 3:2** (exactamente lo que produce la fotofosforilación mixta).

### 3.4 Regulación del ciclo de Calvin

En la oscuridad, varias enzimas del ciclo de Calvin se inactivan para evitar un ciclo inútil sin ATP ni NADPH disponibles. En la luz, estas enzimas son activadas por un mecanismo mediado por la proteína tiorredoxina, que recibe electrones de la cadena fotosintética y activa enzimas clave como la GAPDH y las bisfosfatasa reguladoras.



**PRÁCTICA**

**I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.**

1. ¿En qué estructura del cloroplasto ocurre la fase lumínica?

- a) En el estroma
- b) En la membrana externa
- c) En las membranas tilacoidales
- d) En la membrana interna

2. ¿Cuáles son los productos de la fase lumínica que alimentan el ciclo de Calvin?

- a) O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>
- b) Glucosa y O<sub>2</sub>
- c) ATP y NADPH
- d) H<sub>2</sub>O y ATP

3. La fotólisis del agua en el PSII produce directamente:

- a) Glucosa y CO<sub>2</sub>
- b) O<sub>2</sub>, H<sup>+</sup> (protones) y electrones
- c) Solo oxígeno gaseoso
- d) ATP y ADP

4. La fotofosforilación cíclica difiere de la no cíclica en que:

- a) Produce ATP, NADPH y O<sub>2</sub>
- b) Produce exclusivamente ATP, sin NADPH ni O<sub>2</sub>, involucrando solo al PSI
- c) Produce solo NADPH sin ATP
- d) Ocurre en el estroma del cloroplasto

5. La enzima RuBisCO cataliza en el ciclo de Calvin:

- a) La reducción del G3P
- b) La síntesis de ATP en la ATP sintasa
- c) La fijación del CO<sub>2</sub> al RuBP (carboxilación)
- d) La regeneración del NADPH

6. Las tres fases del ciclo de Calvin son:

- a) Carboxilación, reducción y regeneración del RuBP
- b) Fotólisis, transporte electrónico y quimiosmosis
- c) Glicosilación, plegamiento y secreción
- d) Activación, oxidación y fosforilación

7. De los 12 G3P producidos por vuelta del ciclo (para 6 CO<sub>2</sub>), ¿cuántos se usan para sintetizar glucosa?

- a) 6 G3P para glucosa
- b) 2 G3P para glucosa y 10 para regenerar RuBP
- c) 12 G3P todos para glucosa
- d) 4 G3P para glucosa

8. ¿Cuántas moléculas de CO<sub>2</sub> se fijan para producir una glucosa completa en el ciclo de Calvin?

- a) 3 CO<sub>2</sub>
- b) 12 CO<sub>2</sub>
- c) 6 CO<sub>2</sub>
- d) 18 CO<sub>2</sub>

9. La síntesis de ATP en la fase lumínica se impulsa por:

- a) Energía lumínica directa sin intermediarios
- b) El gradiente de H<sup>+</sup> entre lumen y estroma (quimiosmosis)
- c) La oxidación directa del NADPH

d) La RuBisCO del estroma

10. ¿Por qué la fotorrespiración es un problema para las plantas?

- a) Produce O<sub>2</sub> en exceso que daña los tejidos
- b) La RuBisCO usa O<sub>2</sub> en lugar de CO<sub>2</sub>, consumiendo energía sin producir azúcares netos
- c) Inhibe la síntesis de clorofila
- d) Acidifica el estroma deteniendo el ciclo de Calvin

11. La relación ATP:NADPH necesaria para que el ciclo de Calvin funcione óptimamente es:

- a) 1:1 (igual cantidad)
- b) 2:3 (más NADPH que ATP)
- c) 3:2 (más ATP que NADPH)
- d) 4:1 (predominantemente ATP)

12. ¿Cuál es la eficiencia teórica de la conversión de energía lumínica en energía química (ATP+NADPH) en la fase lumínica?

- a) ~5% de la energía incidente
- b) Aproximadamente el 27%
- c) Cerca del 60%
- d) Más del 80%

13. Las enzimas del ciclo de Calvin se activan en la luz a través de:

- a) La fosforilación directa por proteínas kinasas
- b) La reducción mediada por la proteína tiorredoxina, que recibe electrones de la cadena fotosintética
- c) La eliminación del CO<sub>2</sub> del estroma
- d) La unión de Ca<sup>2+</sup> estromático

14. ¿Cuántas moléculas de ATP y NADPH se consumen en el ciclo de Calvin para producir una glucosa?

- a) 6 ATP y 6 NADPH
- b) 12 ATP y 12 NADPH
- c) 18 ATP y 12 NADPH
- d) 24 ATP y 18 NADPH

**II. Frases para Completar**

1. La fase lumínica ocurre en las membranas de los \_\_\_\_\_ mientras que el ciclo de Calvin ocurre en el estroma del cloroplasto.

2. La fotólisis del agua por el Fotosistema II libera \_\_\_\_\_ como subproducto gaseoso que se libera a la atmósfera.

3. La enzima \_\_\_\_\_ cataliza la carboxilación del RuBP y es la proteína más abundante en la Tierra.

4. La fotofosforilación \_\_\_\_\_ involucra solo al Fotosistema I y produce únicamente ATP, sin NADPH ni O<sub>2</sub>.

5. El gradiente de \_\_\_\_\_ entre el lumen tilacoidal y el estroma impulsa la ATP sintasa del cloroplasto (CFoF<sub>1</sub>) para sintetizar ATP.

## SESIÓN 5

### MITOCONDRIA

**PROPÓSITO:** Describir la estructura y función de la mitocondria, comprender el papel del ATP como moneda energética universal y analizar los mecanismos de regulación del metabolismo energético celular.

#### MARCO TEÓRICO

#### I. LA MITOCONDRIA

**Definición:** La mitocondria es un organelo altamente dinámico con origen endosimbiótico (~1,500 millones de años), derivado de una bacteria ancestral. Esta hipótesis se sustenta en que posee: ADN circular propio, ribosomas similares a los bacterianos y se divide por fisión binaria. Es la principal fuente de ATP en la célula eucariota, generando aproximadamente el 95% del ATP celular.

- Tamaño: 0.5–1.0  $\mu\text{m}$  de diámetro, 1–4  $\mu\text{m}$  de longitud.
- Forma dinámica: puede ser ovalada, alargada o ramificada; se fusiona y divide constantemente.
- Número: 100–1,000 por célula, según la demanda energética del tejido.
- Herencia materna: el ADN mitocondrial (ADNmt) se hereda de la madre.

#### II. Estructura interna de la mitocondria

**Membrana externa:** permeable a moléculas pequeñas gracias a canales proteicos (porinas VDAC). Contiene el sistema de importación de proteínas codificadas en el núcleo.

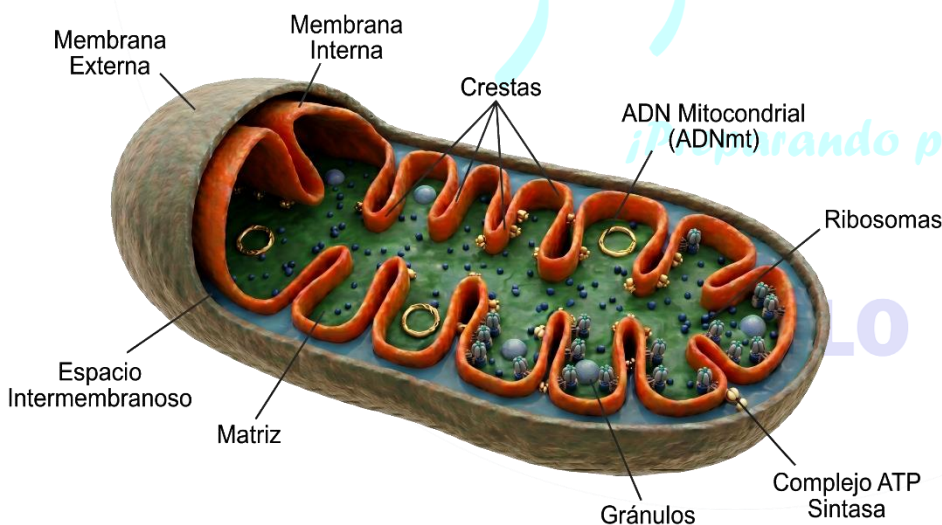
**Espacio intermembrana:** donde se acumulan los  $\text{H}^+$  bombeados por la cadena respiratoria. Aquí se encuentra también el citocromo c (importante en la apoptosis).

**Membrana interna:** extremadamente impermeable y selectiva. Alberga los complejos I–IV de la cadena respiratoria, la ATP sintasa (Complejo V) y transportadores específicos de metabolitos.

**Matriz mitocondrial:** contiene >300 enzimas (ciclo de Krebs,  $\beta$ -oxidación de ácidos grasos), el ADN mitocondrial circular, ribosomas propios y coenzimas ( $\text{NAD}^+$ , FAD, CoA).

**Crestas mitocondriales:** invaginaciones de la membrana interna que amplían enormemente la superficie disponible para la fosforilación oxidativa, aumentando la producción de ATP.

**Dato clave:** Las crestas mitocondriales pueden aumentar la superficie de la membrana interna hasta 5 veces respecto a una membrana lisa, permitiendo mayor producción de ATP. Células muy activas energéticamente, como los músculos cardíacos, tienen crestas muy densas y desarrolladas.



#### II.2 Importancia biológica de la mitocondria

- **Producción de ATP:** ~95% del ATP celular proviene de la mitocondria.
- **Regulación del calcio:** almacena y libera  $\text{Ca}^{2+}$ , regulando señalización y actividad enzimática.
- **Apoptosis (muerte celular programada):** la mitocondria libera el citocromo c al citosol, activando la cascada de destrucción celular controlada.
- **Termogénesis:** en el tejido adiposo pardo, las proteínas desacoplantes (UCP-I) disipan la energía como calor en lugar de

sintetizar ATP. Importante en recién nacidos y animales en hibernación.

$H^+$ , disipando el gradiente como calor en lugar de sintetizar ATP. Son la base de la termogénesis no tiritante. La UCP-I del tejido adiposo pardo es especialmente importante en bebés recién nacidos para mantener la temperatura corporal.

## 2. EL ATP: MONEDA ENERGÉTICA UNIVERSAL

**¿Qué es el ATP?** El ATP (adenosín trifosfato) es la molécula que acopla procesos que liberan energía con procesos que la requieren. Está formado por la base nitrogenada adenina, el azúcar ribosa y tres grupos fosfato unidos por enlaces de alta energía. La hidrólisis de un enlace fosfato libera  $\sim 305$  kJ/mol (73 kcal/mol) en condiciones estándar, y hasta 50–65 kJ/mol en condiciones celulares reales.

**Renovación del ATP:** Una célula renueva todo su ATP cada 1–2 minutos. Durante un esfuerzo físico intenso, un atleta puede sintetizar su propio peso corporal en ATP ( $\sim 40$  kg) durante un maratón. Esto evidencia la velocidad extraordinaria del metabolismo energético.

### 2.1 Mecanismos de uso del ATP

- **Fosforilación directa:** el ATP transfiere su grupo fosfato a otro compuesto activándolo. Ejemplo: la hexoquinasa fosforila la glucosa para iniciar la glucólisis.
- **Cambios de forma (conformacionales):** la unión o hidrólisis del ATP cambia la forma de proteínas. Ejemplo: la miosina usa ATP para generar movimiento en la contracción muscular.
- **Transporte activo:** bombas iónicas usan el ATP para mover iones contra gradiente. Ejemplo: la bomba  $Na^+/K^+$ -ATPasa expulsa 3  $Na^+$  e introduce 2  $K^+$  por cada ATP hidrolizado (consume  $\sim 25\%$  del ATP en neuronas).

### 2.2 Regulación del metabolismo energético

**Control por el ratio ATP/ADP:** Este es el sensor energético principal de la célula.

- ATP alto  $\rightarrow$  señal de energía abundante  $\rightarrow$  inhibe enzimas clave de la respiración (fosfofructoquinasa, isocitrato DH)  $\rightarrow$  frena la producción.
- ADP alto  $\rightarrow$  señal de necesidad energética  $\rightarrow$  activa las mismas enzimas  $\rightarrow$  acelera la respiración y la síntesis de ATP.

Este sistema de retroalimentación negativa ajusta automáticamente la producción de ATP a la demanda.

**Proteínas desacoplantes (UCP):** Son proteínas de la membrana interna que crean una vía de 'fuga' para los

## PRÁCTICA

### I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Qué porcentaje del ATP celular total generan las mitocondrias?

- Aproximadamente el 50%
- Alrededor del 75%
- Cerca del 85%
- Aproximadamente el 95%

2. Las crestas mitocondriales son invaginaciones de la membrana interna que:

- Contienen el ADN mitocondrial
- Aumentan la superficie disponible para la cadena respiratoria y la síntesis de ATP
- Conectan la mitocondria con el retículo endoplasmático
- Almacenan  $Ca^{2+}$  para la señalización

3. ¿Dónde se acumulan los  $H^+$  bombeados para crear el gradiente electroquímico mitocondrial?

- En la matriz mitocondrial
- En el citosol celular
- En el espacio intermembrana
- Dentro de las crestas mitocondriales

4. La matriz mitocondrial contiene:

- Solo los complejos de la cadena respiratoria
- Más de 300 enzimas del ciclo de Krebs, ADN circular y ribosomas propios
- Únicamente la ATP sintasa
- Solo gránulos de glucógeno

5. La evidencia del origen endosimbiótico de la mitocondria incluye:

- Solo su tamaño similar al de las bacterias
- ADN circular propio, ribosomas similares a los bacterianos y reproducción por fisión binaria
- Su capacidad de producir ATP
- La presencia de porinas en su membrana externa

6. La proteína UCP-I (termogenina) se encuentra en el tejido adiposo pardo y su función es:

- Aumentar la síntesis de ATP en bebés
- Disipar el gradiente de  $H^+$  como calor (termogénesis no tiritante)

- c) Transportar ácidos grasos a la matriz para  $\beta$ -oxidación
- d) Inhibir la cadena respiratoria en hibernación

**7. ¿Qué ocurre cuando la mitocondria libera el citocromo c al citosol?**

- a) Estimula la síntesis de ATP en ribosomas
- b) Activa la vía de apoptosis (muerte celular programada)
- c) Inhibe la glucólisis en el citosol
- d) Estimula la fusión mitocondrial

**8. La bomba  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa utiliza ATP para:**

- a) Producir gradientes de  $\text{Ca}^{2+}$  en el RE
- b) Transportar 3  $\text{Na}^+$  fuera de la célula y 2  $\text{K}^+$  hacia el interior
- c) Sintetizar glucosa en el hígado
- d) Importar proteínas al núcleo

**9. ¿Cuándo se activa la respiración mitocondrial (estado activo)?**

- a) Cuando hay exceso de ATP y escasez de sustratos
- b) Cuando hay alta disponibilidad de ADP y sustratos oxidables
- c) Solo durante la noche cuando no hay fotosíntesis
- d) Cuando el  $\text{Ca}^{2+}$  está bajo en el citosol

**10. La energía liberada por la hidrólisis de un mol de ATP en condiciones estándar es aproximadamente:**

- a) 15 kcal/mol    b) 73 kcal/mol (305 kJ/mol)
- c) 15 kcal/mol    d) 05 kcal/mol

**11. ¿Cuántos genes codifica el ADN mitocondrial humano?**

- a) Más de 500 genes completos
- b) 37 genes (13 subunidades de la cadena respiratoria + 22 ARNt + 2 ARNr)
- c) Solo 3 genes estructurales
- d) Exactamente 100 genes

**12. Las células musculares tienen entre el 20–30% de su volumen ocupado por mitocondrias porque:**

- a) Son las células más grandes del organismo
- b) Tienen una demanda energética muy alta para la contracción muscular
- c) No pueden obtener glucosa del exterior
- d) Realizan fotosíntesis subsidiaria

**13. La hidrólisis del enlace fosfato del ATP en condiciones celulares reales libera más energía (~50 kJ/mol) que en condiciones estándar (~305 kJ/mol) porque:**

- a) La temperatura corporal es más alta
- b) Las concentraciones celulares de ATP, ADP y  $\text{P}_i$  están muy lejos del equilibrio
- c) El  $\text{Mg}^{2+}$  celular aumenta la energía liberada
- d) El citosol es más ácido que el pH estándar

**14. La membrana interna mitocondrial es altamente impermeable porque:**

- a) Contiene solo lípidos sin proteínas de transporte
- b) Posee pocas proteínas y mucha cardiolipina que la hace muy selectiva
- c) Solo tiene porinas VDAC que bloquean el paso de iones
- d) Está conectada directamente con el núcleo

**15. El ratio ATP/ADP regula la respiración celular de la siguiente manera:**

- a) ATP alto activa la fosforilación oxidativa
- b) ADP alto inhibe la cadena respiratoria
- c) ATP alto inhibe enzimas clave de la respiración; ADP alto las activa (regulación alostérica)
- d) El ratio no influye en la respiración celular

**II. Frases para Completar**

1. La mitocondria evolucionó a partir de una bacteria ( $\alpha$ -proteobacteria) hace ~1,500 millones de años, evidenciado por su ADN \_\_\_\_\_ y ribosomas similares a los bacterianos.
2. Las \_\_\_\_\_ mitocondriales son invaginaciones de la membrana interna que amplían la superficie disponible para la cadena respiratoria.
3. Los  $\text{H}^+$  bombeados por la cadena respiratoria se acumulan en el \_\_\_\_\_ mitocondrial, creando el gradiente electroquímico para la síntesis de ATP.
4. La proteína desacoplante \_\_\_\_\_ del tejido adiposo pardo disipa el gradiente de  $\text{H}^+$  como calor en lugar de sintetizar ATP (termogénesis no tiritante).
5. La liberación de \_\_\_\_\_ desde el espacio intermembrana mitocondrial hacia el citosol activa la vía intrínseca de la apoptosis.

**TAREA PARA CASA**

Elabora un cuadro comparativo entre la mitocondria y el cloroplasto considerando: origen evolutivo, número de membranas, ADN, ribosomas, función principal y en qué tipo de célula se encuentran. ¿Qué similitudes estructurales y funcionales existen entre la ATP sintasa del cloroplasto ( $\text{CF}_0\text{F}_1$ ) y la de la mitocondria ( $\text{F}_1\text{F}_0$ )? ¿Por qué se habla del 'origen común' de estas estructuras?

## SESIÓN 6

# RESPIRACIÓN CELULAR: GLUCÓLISIS Y CICLO DE KREBS

**PROPÓSITO:** Analizar la glucólisis y el ciclo de Krebs como las primeras etapas de la respiración aeróbica, describiendo sus reacciones principales, enzimas reguladoras, balance energético y vías anaeróbicas alternativas.

### MARCO TEÓRICO

#### I. GLUCÓLISIS: LA VÍA UNIVERSAL

**Definición:** La glucólisis es la vía metabólica universal de degradación de la glucosa. Ocurre en el **citósol** de todas las células vivas (eucariotas y procariotas), sin requerir oxígeno. Degrada una molécula de glucosa (C<sub>6</sub>) en dos piruvatos (C<sub>3</sub>) generando ATP y NADH por fosforilación a nivel de sustrato. Es la vía metabólica más antigua evolutivamente.

#### II. Dos fases de la glucólisis

**Fase de inversión de energía (reacciones 1-5):**

Se consumen 2 ATP para activar la glucosa y dividirla en dos triosas (azúcares de 3 carbonos).

**Fase de recuperación de energía (reacciones 6-10):**

Se producen 4 ATP y 2 NADH. **Ganancia neta:** 2 ATP + 2 NADH + 2 piruvato por molécula de glucosa.

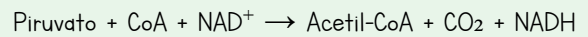
#### 1.2 Enzimas reguladoras clave

- **Hexoquinasa (R1):** Fosforila la glucosa (glucosa + ATP → glucosa-6-P). Es la primera reacción e irreversible. Se inhibe cuando se acumula su propio producto.
- **Fosfofructoquinasa-1 (PFK-1, R3):** Es el principal punto de control de toda la glucólisis. Se activa con AMP (señal de baja energía) y se inhibe con ATP y citrato (señal de energía abundante). Es la 'llave de paso' que controla el flujo glucolítico.
- **Piruvato quinasa (R10):** Produce el piruvato final y el segundo ATP. También es un punto de regulación importante.

**Balance neto de la glucólisis:** Glucosa + 2NAD<sup>+</sup> + 2ADP + 2P<sub>i</sub> → 2 Piruvato + 2NADH + 2ATP + 2H<sub>2</sub>O. Los 2 NADH generados equivalen a ~5 ATP adicionales en la fosforilación oxidativa.

#### 1.3 Conversión del piruvato a Acetil-CoA

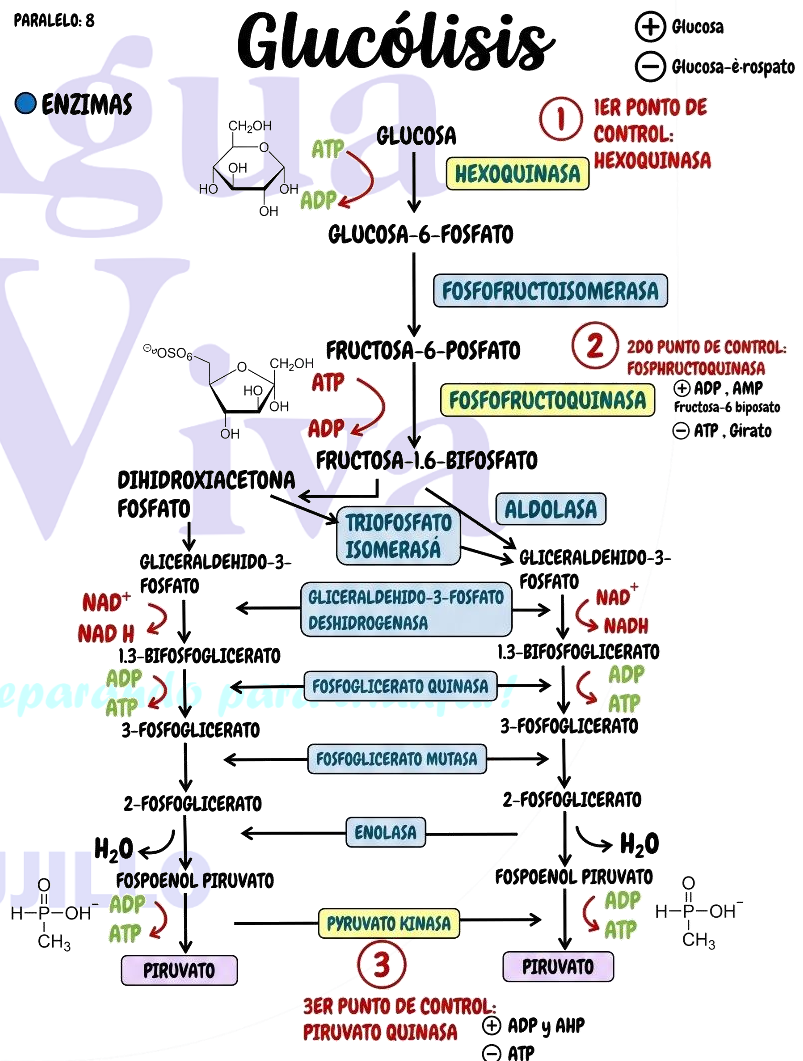
El piruvato producido en el citósol se transporta a la matriz mitocondrial donde es transformado por el **complejo piruvato deshidrogenasa (PDH)**.



**Regulación del PDH:** Se inhibe cuando hay exceso de Acetil-CoA y NADH (señal de energía abundante). Se activa por Ca<sup>2+</sup> (señal de contracción muscular, acoplado a la contracción con mayor producción de energía).

PARALELO: 8

● ENZIMAS



## 2. CICLO DE KREBS (Ciclo del Ácido Cítrico)

**Definición:** Descubierto por Hans Krebs en 1937 (Premio Nobel 1953). Es un ciclo anfibólico: catabólico (libera energía del Acetil-CoA en forma de NADH, FADH<sub>2</sub> y GTP) y anabólico (sus intermediarios son precursores de aminoácidos, porfirinas y otros compuestos esenciales). Ocurre en la **matriz mitocondrial**.

### 2.1 Reacciones y enzimas del ciclo

- **R1 – Citrato sintasa:** Acetil-CoA (2C) + Oxaloacetato (4C) → Citrato (6C). Irreversible; inhibida por ATP.
- **R2 – Aconitasa:** Citrato → Isocitrato. Reacción reversible de reordenamiento.
- **R3 – Isocitrato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH + 1 CO<sub>2</sub> (primera descarboxilación). Punto de control; activada por ADP.
- **R4 – α-cetoglutarato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH + 1 CO<sub>2</sub> (segunda descarboxilación). Inhibida por ATP.

- **R5 – Succinil-CoA sintetasa:** → produce 1 GTP (equivalente a ATP). Única fosforilación a nivel de sustrato del ciclo.
- **R6 – Succinato deshidrogenasa:** → produce 1 FADH<sub>2</sub>. Es la única enzima del ciclo embebida en la membrana interna mitocondrial (forma parte del Complejo II de la cadena respiratoria).
- **R7 – Fumarasa:** Fumarato + H<sub>2</sub>O → Malato.
- **R8 – Malato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH. Regenera el oxaloacetato para reiniciar el ciclo.

**Balance por vuelta del ciclo (1 Acetil-CoA):**

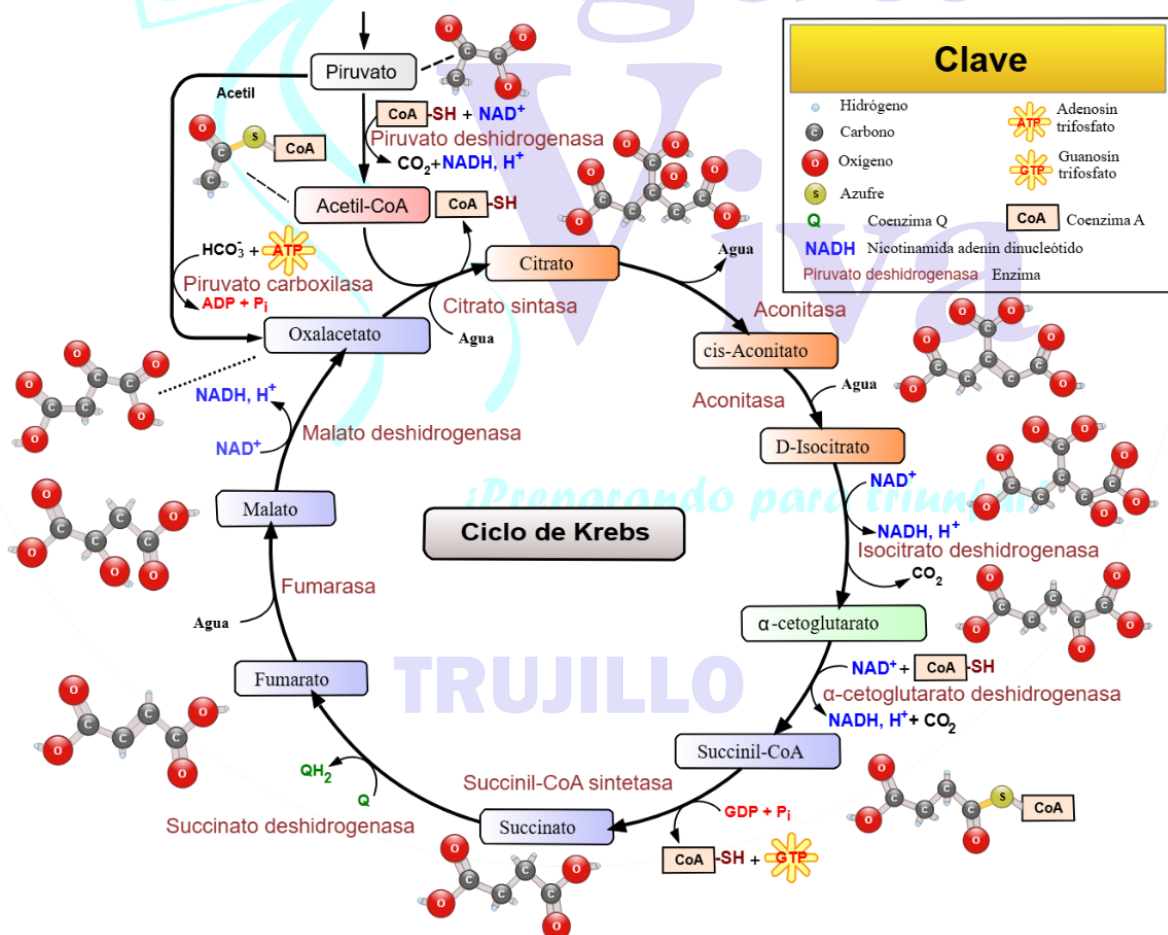
3 NADH + 1 FADH<sub>2</sub> + 1 GTP + 2 CO<sub>2</sub>

**Balance por glucosa (2 vueltas):**

6 NADH + 2 FADH<sub>2</sub> + 2 GTP + 4 CO<sub>2</sub> → equivalen a ~20 ATP en la fosforilación oxidativa

## 3. VÍAS ANAERÓBICAS: FERMENTACIÓN

**¿Por qué ocurre la fermentación?** En ausencia de O<sub>2</sub>, la cadena respiratoria no puede funcionar y el NADH producido en la glucólisis se acumula. Sin NAD<sup>+</sup> disponible, la glucólisis se detiene. La fermentación



regenera el  $\text{NAD}^+$  a partir del  $\text{NADH}$ , permitiendo que la glucólisis continúe produciendo 2 ATP por glucosa.

- **Fermentación láctica:** Piruvato +  $\text{NADH} \rightarrow$  Lactato +  $\text{NAD}^+$  (enzima: lactato deshidrogenasa). Ocurre en músculo durante ejercicio intenso y en bacterias lácticas (producción de yogur, queso, chucrut). El lactato acumulado causa la sensación de ardor muscular y es exportado al hígado donde se reconvierte en glucosa.
- **Fermentación alcohólica:** Piruvato  $\rightarrow$  Acetaldehído +  $\text{CO}_2 \rightarrow$  Etanol +  $\text{NAD}^+$  (realizada por levaduras). Base de la producción de bebidas alcohólicas y de la panificación (el  $\text{CO}_2$  hace esponjar la masa).

**Rendimiento comparativo:** • Fermentación: solo 2 ATP por glucosa • Respiración aeróbica: ~32 ATP por glucosa **La fermentación es 16 veces menos eficiente que la respiración aeróbica.**

## PRÁCTICA

**I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.**

1. ¿En qué compartimento celular ocurre la glucólisis?

- a) En la matriz mitocondrial      b) En el citosol de la célula  
c) En el espacio intermembrana      d) En el retículo endoplasmático

2. La ganancia neta de ATP en la glucólisis por molécula de glucosa es:

- a) 4 ATP netos      b) 2 ATP netos  
c) 6 ATP netos      d) 8 ATP netos

3. La fosfofructoquinasa-I (PFK-I) es el principal regulador de la glucólisis. Se activa con:

- a) ATP y citrato (señal de energía abundante)  
b) AMP (señal de baja energía)  
c) Piruvato (producto final)  
d) NADH (poder reductor acumulado)

4. Antes de entrar al ciclo de Krebs, el piruvato se convierte en:

- a) Citrato mediante la citrato sintasa  
b) Acetil-CoA mediante el complejo piruvato deshidrogenasa  
c) Succinato  
d) Oxaloacetato directamente

5. ¿Qué molécula es la que se une al oxaloacetato para iniciar el ciclo de Krebs?

- a) Piruvato (3C)      b) NADH  
c) Acetil-CoA (2C)      d) GTP

6. ¿Cuántas moléculas de  $\text{CO}_2$  se liberan en cada vuelta del ciclo de Krebs?

- a) 1  $\text{CO}_2$       b) 2  $\text{CO}_2$  (en las reacciones 3 y 4)  
c) 4  $\text{CO}_2$       d) 6  $\text{CO}_2$

7. La única enzima del ciclo de Krebs embebida en la membrana interna mitocondrial es:

- a) Citrato sintasa  
b) Isocitrato deshidrogenasa  
c) Succinato deshidrogenasa (también es el Complejo II de la CTE)  
d) Malato deshidrogenasa

8. La fosforilación a nivel de sustrato en el ciclo de Krebs produce:

- a) NADH directamente  
b) GTP (en la reacción de la succinil-CoA sintetasa)  
c)  $\text{FADH}_2$   
d)  $\text{O}_2$

9. ¿Por qué la fermentación regenera el  $\text{NAD}^+$ ?

- a) Para producir más piruvato  
b) Para que la glucólisis pueda continuar oxidando G3P y producir 2 ATP en ausencia de  $\text{O}_2$   
c) Para acidificar el citosol  
d) Para activar la cadena respiratoria

10. La fermentación alcohólica realizada por levaduras produce:

- a) Lactato y  $\text{CO}_2$   
b) Etanol,  $\text{CO}_2$  y regenera  $\text{NAD}^+$   
c) Acetil-CoA y  $\text{FADH}_2$   
d) Piruvato y NADH adicionales

11. El rendimiento comparativo de la fermentación vs. respiración aeróbica es:

- a) Son equivalentes en producción de ATP  
b) Fermentación: 2 ATP/glucosa; Respiración aeróbica: ~32 ATP/glucosa  
c) Fermentación: 36 ATP; Respiración: 2 ATP  
d) Son iguales en condiciones de alta temperatura

12. ¿Cuántas moléculas de NADH produce el ciclo de Krebs por vuelta?

- a) 1 NADH      b) 6 NADH  
c) 3 NADH      d) 5 NADH

13. La fermentación láctica ocurre en el músculo durante ejercicio intenso porque:

- a) La glucólisis se detiene completamente  
b) Hay exceso de  $\text{O}_2$  que inhibe la cadena respiratoria  
c) Falta  $\text{O}_2$  para la cadena respiratoria y se acumula NADH; la fermentación regenera el  $\text{NAD}^+$   
d) El piruvato se inhibe por retroalimentación

14. ¿Cuál es la función anfibólica del ciclo de Krebs?

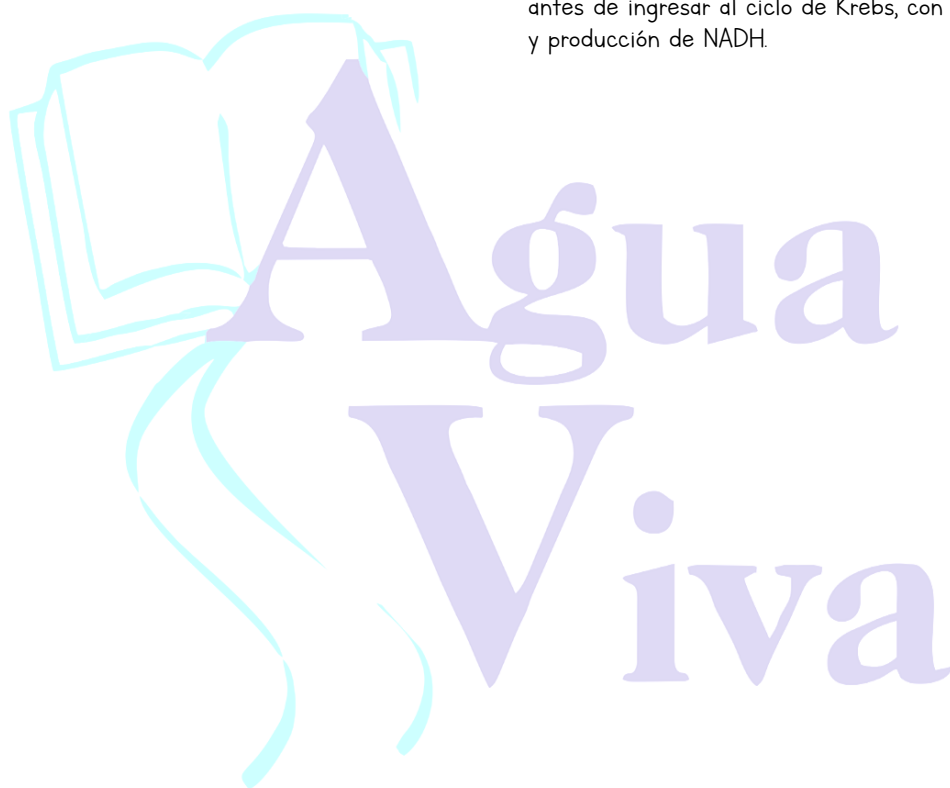
- a) Solo cataboliza nutrientes para producir  $\text{CO}_2$
- b) Es catabólico (produce  $\text{NADH}/\text{FADH}_2$ ) y anabólico (sus intermediarios son precursores biosintéticos)
- c) Solo produce GTP para señalización
- d) Es una vía solo activa en tejido hepático

15. El complejo piruvato deshidrogenasa (PDH) se activa cuando:

- a) El ratio  $\text{NADH}/\text{NAD}^+$  es alto
- b) Hay exceso de Acetil-CoA
- c) El  $\text{Ca}^{2+}$  está elevado (señal de contracción muscular)
- d) El  $\text{ATP}/\text{ADP}$  es alto

## II. Frases para Completar

1. La glucólisis convierte una molécula de glucosa ( $\text{C}_6$ ) en dos moléculas de \_\_\_\_\_ ( $\text{C}_3$ ), con una ganancia neta de 2 ATP.
2. La enzima \_\_\_\_\_ es el principal punto de control de la glucólisis, activada por AMP e inhibida por ATP y citrato.
3. La única reacción del ciclo de Krebs que produce GTP directamente es catalizada por la \_\_\_\_\_.
4. La fermentación \_\_\_\_\_ realizada por las levaduras produce etanol,  $\text{CO}_2$  y regenera el  $\text{NAD}^+$  necesario para que continúe la glucólisis.
5. El piruvato es convertido en \_\_\_\_\_ antes de ingresar al ciclo de Krebs, con liberación de  $\text{CO}_2$  y producción de NADH.



*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 7

### RESPIRACIÓN CELULAR: CADENA RESPIRATORIA

**PROPÓSITO:** Comprender el mecanismo molecular de la cadena de transporte de electrones mitocondrial (Complejos I-IV), la teoría quimiosmótica de Mitchell, el funcionamiento de la ATP sintasa y el rendimiento energético total de la respiración celular aeróbica.

#### MARCO TEÓRICO

#### I. LA CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES (CTE)

¿Qué es la cadena respiratoria? La cadena de transporte de electrones está compuesta por cuatro complejos proteicos (I-IV) incrustados en la membrana interna mitocondrial, más dos transportadores móviles. Su función es transportar electrones desde el NADH y FADH<sub>2</sub> hasta el O<sub>2</sub>, aprovechando la energía liberada para **bombear H<sup>+</sup> desde la matriz al espacio intermembrana** y crear el gradiente que sintetiza ATP.

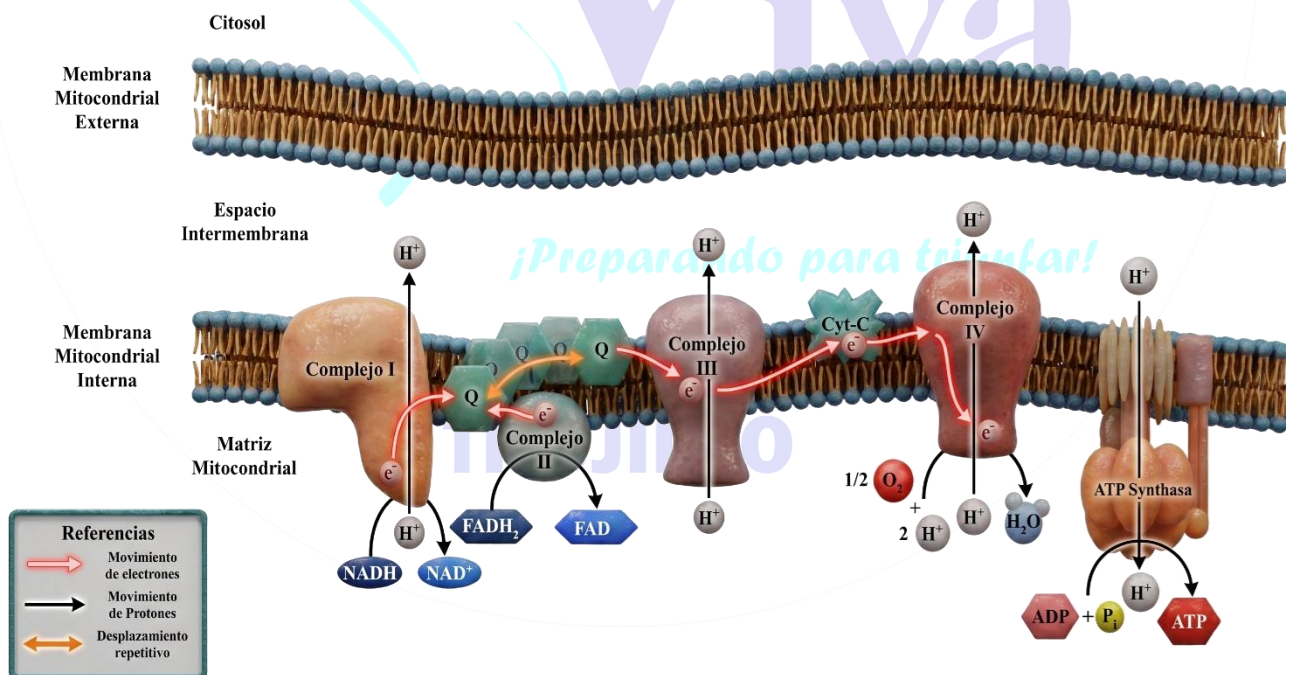
**Complejo I (NADH-CoQ oxidoreductasa):** El mayor de todos (~980 kDa). Acepta electrones del NADH y los transfiere a la Coenzima Q. **Bombea 4 H<sup>+</sup> al espacio intermembrana** por cada par de electrones. El FADH<sub>2</sub> NO entra aquí.

**Complejo II (Succinato-CoQ oxidoreductasa):** Recibe electrones del FADH<sub>2</sub> (producido en el ciclo de Krebs). Los transfiere a la CoQ. **NO bombea H<sup>+</sup>** al espacio intermembrana. Por eso el FADH<sub>2</sub> genera menos ATP que el NADH (~1.5 vs ~2.5 ATP).

**Complejo III (CoQ-citocromo c oxidoreductasa):** Recibe electrones de la CoQ reducida y los transfiere al citocromo c. **Bombea 4 H<sup>+</sup> adicionales** al espacio intermembrana por cada par de electrones, usando el mecanismo del ciclo-Q.

**Complejo IV (Citocromo c oxidasa):** Es el destino final de los electrones. Los electrones del citocromo c reaccionan con el O<sub>2</sub> molecular para formar agua:  $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ . También **bombea 2 H<sup>+</sup> adicionales** al espacio intermembrana. El O<sub>2</sub> actúa como aceptor final de electrones.

#### II. Los complejos respiratorios



## 1.2 Transportadores móviles

- **Coenzima Q (CoQ o ubiquinona):** molécula lipofílica que se mueve libremente dentro de la membrana interna. Recoge electrones de los Complejos I y II y los entrega al Complejo III. También es un antioxidante endógeno (CoQ10).
- **Citocromo c:** proteína pequeña que se desplaza por la cara interna del espacio intermembrana. Transporta electrones del Complejo III al Complejo IV. En apoptosis, su liberación al citosol activa la muerte celular programada.

- **Porción F<sub>1</sub> (el generador):** proyecta hacia la matriz. Contiene 3 sitios catalíticos que alternan entre 3 estados al rotar:
    - Estado abierto (O): baja afinidad, libera el ATP sintetizado.
    - Estado laxo (L): afinidad media, une ADP + P<sub>i</sub>.
    - Estado tenso (T): alta afinidad, cataliza la síntesis de ATP.
- Estequiometría: se necesitan ~3-4 H<sup>+</sup> para sintetizar 1 ATP.**

## 2. TEORÍA QUIMIOSMÓTICA DE PETER MITCHELL

**La gran revolución del metabolismo energético:** Peter Mitchell propuso en 1961 (Premio Nobel 1978) que la síntesis de ATP no ocurre a partir de un intermediario químico de alta energía, sino a través de un **gradiente electroquímico de H<sup>+</sup> (fuerza protón-motriz)** a través de la membrana interna mitocondrial. Este concepto fue revolucionario y tardó años en ser aceptado.

El bombeo de H<sup>+</sup> por los Complejos I, III y IV crea dos gradientes simultáneos:

- **Gradiente de concentración (ΔpH):** más H<sup>+</sup> en el espacio intermembrana → lumen más ácido (pH ~6.9) que la matriz (pH ~7.9).
- **Gradiente eléctrico (Δψ):** el espacio intermembrana se vuelve positivo y la matriz negativa.

**Fuerza protón-motriz (Δp):** La combinación de ambos gradientes genera ~200 mV de energía potencial, comparable a una presa hidroeléctrica biológica. El gradiente eléctrico contribuye ~150 mV (~75%) y el ΔpH ~60 mV (~25%). Esta energía impulsa la síntesis de ATP.

## 3. ATP SINTASA (Complejo V): LA TURBINA MOLECULAR

La **ATP sintasa** (~600 kDa) es una nanorotamotora molecular que convierte el flujo de H<sup>+</sup> en síntesis de ATP. Tiene dos partes:

- **Porción F<sub>0</sub> (el rotor):** embebida en la membrana interna. El flujo de H<sup>+</sup> a favor del gradiente hace girar esta porción como turbina (~100-150 rpm en mamíferos).

## 4. RENDIMIENTO ENERGÉTICO TOTAL

- Cálculo por molécula de glucosa (valores modernos):**
- **Glucólisis:**
    - 2 ATP directos + 2 NADH × 2.5 = 5 ATP → subtotal: 7 ATP
    - PDH (piruvato → Acetil-CoA): 2 NADH × 2.5 = 5 ATP → subtotal: 12 ATP
    - **Ciclo de Krebs:**
      - 2 GTP + 6 NADH × 2.5 + 2 FADH<sub>2</sub> × 1.5 = 20 ATP → subtotal: 32 ATP
- TOTAL: ~30-32 ATP por molécula de glucosa**  
**Eficiencia: ~40% de la energía de la glucosa se captura como ATP; el ~60% restante se libera como calor corporal.**

## 5. INHIBIDORES Y DESACOPLADORES

Comprender cómo se inhibe la cadena respiratoria es crucial para la farmacología y toxicología:

- **Rotenona (veneno vegetal):** inhibe el Complejo I. Usado en investigación del Parkinson (daña selectivamente neuronas dopaminérgicas).
- **Cianuro (CN<sup>-</sup>) y monóxido de carbono (CO):** bloquean el Complejo IV impidiendo que el O<sub>2</sub> sea el aceptor final de electrones. Son tóxicos mortales porque detienen toda la fosforilación oxidativa.
- **2,4-Dinitrofenol (DNP):** desacoplador clásico. Es un ácido débil que transporta H<sup>+</sup> a través de la membrana interna, disipando el gradiente como calor sin síntesis de ATP. Usado peligrosamente como adelgazante.
- **Oligomicina:** inhibe la porción F<sub>0</sub> de la ATP sintasa. Bloquea el canal de H<sup>+</sup>, acumulando el gradiente hasta detener la CTE.

## PRÁCTICA

### I Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Desde qué molécula y hacia dónde transfiere electrones el Complejo I?

- a) De FADH<sub>2</sub> a la CoQ
- b) De NADH a la Coenzima Q (ubiquinona)
- c) De NADH al citocromo c directamente
- d) De ATP a la CoQ

2. ¿Cuántos H<sup>+</sup> bombea el Complejo I al espacio intermembrana por par de electrones?

- a) 2 H<sup>+</sup>
- b) 3 H<sup>+</sup>
- c) 4 H<sup>+</sup>
- d) No bombea H<sup>+</sup>

3. ¿Por qué el Complejo II (succinato deshidrogenasa) NO bombea protones?

- a) Porque recibe electrones del NADH
- b) Porque está en la membrana externa
- c) Los electrones del FADH<sub>2</sub> entran a la CTE a menor nivel energético que los del NADH, insuficiente para bombear H<sup>+</sup>
- d) Solo funciona en condiciones anaeróbicas

4. La Coenzima Q (ubiquinona) funciona como:

- a) Transportador proteico hidrofílico entre III y IV
- b) Transportador lipofílico móvil que recoge electrones de los Complejos I y II y los lleva al III
- c) Proteína de la membrana externa
- d) Enzima que sintetiza ATP en la matriz

5. ¿Cuál es el aceptor final de electrones en la respiración aeróbica?

- a) El NAD<sup>+</sup>
- b) El FAD
- c) El citocromo c
- d) El oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), que se reduce a H<sub>2</sub>O

6. La teoría quimiosmótica propuesta por Peter Mitchell establece que la síntesis de ATP:

- a) Ocurre directamente por la oxidación del NADH
- b) Se produce gracias al gradiente electroquímico de H<sup>+</sup> a través de la membrana interna mitocondrial
- c) Depende de un intermediario químico de alta energía
- d) No está relacionada con el gradiente de protones

7. ¿Qué componente de la fuerza protón-motriz ( $\Delta p$ ) contribuye más (~75%)?

- a) El gradiente de concentración de H<sup>+</sup> ( $\Delta pH$ )
- b) El gradiente eléctrico ( $\Delta \psi \approx 150$  mV)
- c) El gradiente de Na<sup>+</sup>
- d) La diferencia de temperatura

8. La porción F<sub>0</sub> de la ATP sintasa funciona como:

- a) Sitio catalítico donde se forma el ATP
- b) Rotor impulsado por el flujo de H<sup>+</sup> que transmite la rotación a F<sub>1</sub>
- c) Transportador de electrones en la CTE
- d) Canal de K<sup>+</sup> para regular el potencial de membrana

9. ¿Qué ocurre cuando el cianuro (CN<sup>-</sup>) bloquea el Complejo IV?

- a) Aumenta la producción de NADH
- b) La CTE se detiene completamente al no poder reducir el O<sub>2</sub>, bloqueando toda la fosforilación oxidativa
- c) Solo se reduce la producción de ATP en un 25%
- d) La célula cambia automáticamente a fermentación láctica

10. El 2,4-dinitrofenol (DNP) actúa como desacoplador porque:

- a) Inhibe directamente la ATP sintasa
- b) Transporta H<sup>+</sup> a través de la membrana interna, disipando el gradiente como calor sin síntesis de ATP
- c) Bloquea el Complejo I inhibiendo la entrada de NADH
- d) Oxida el citocromo c impidiendo el transporte

11. ¿Por qué el FADH<sub>2</sub> produce ~1.5 ATP y el NADH ~2.5 ATP?

- a) El FADH<sub>2</sub> tiene mayor potencial redox que el NADH
- b) El NADH entra al Complejo I (4H<sup>+</sup>); el FADH<sub>2</sub> entra al Complejo II (OH<sup>+</sup>), generando menos gradiente
- c) El FADH<sub>2</sub> solo puede reducir el NADP<sup>+</sup>
- d) El FADH<sub>2</sub> se oxida más lentamente

12. El rendimiento teórico moderno de ATP por glucosa en respiración aeróbica es aproximadamente:

- a) 28 ATP
- b) 32 ATP (~30-32)
- c) 38 ATP
- d) 45 ATP

13. La eficiencia energética de la respiración celular (% de energía capturada como ATP) es de:

- a) Aproximadamente el 10%
- b) Alrededor del 40%
- c) Cerca del 75%
- d) Exactamente el 60%

14. ¿Cuántos H<sup>+</sup> totales se bombean al espacio intermembrana por cada par de electrones del NADH (pasando por los Complejos I + III + IV)?

- a) 6 H<sup>+</sup> en total
- b) 10 H<sup>+</sup> en total (4 del I + 4 del III + 2 del IV)
- c) 8 H<sup>+</sup> en total
- d) 12 H<sup>+</sup> en total

15. La oligomicina inhibe la porción  $F_0$  de la ATP sintasa.  
¿Cuál es la consecuencia inmediata?

- a) La CTE se acelera para compensar
- b) El gradiente de  $H^+$  aumenta al máximo porque los  $H^+$  no pueden fluir de regreso, y la CTE se frena
- c) La ATP sintasa sigue funcionando mediante otro mecanismo
- d) Los  $H^+$  se acumulan en la matriz

**INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA**

## II. Frases para Completar

1. El Complejo I también se denomina \_\_\_\_\_ y bombea 4  $H^+$  al espacio intermembrana por cada par de electrones del NADH.
2. En el Complejo IV, el  $O_2$  molecular recibe 4 electrones y 4  $H^+$  para formar 2 moléculas de \_\_\_\_\_.
3. La fuerza protón-motriz total (~200 mV) está compuesta por el gradiente eléctrico ( $\Delta\psi$ ) y el gradiente de \_\_\_\_\_.
4. El desacoplador \_\_\_\_\_ (DNP) disipa el gradiente de  $H^+$  como calor sin producir ATP, y fue usado peligrosamente como adelgazante.
5. La respiración celular captura aproximadamente el \_\_\_\_\_ % de la energía de la glucosa como ATP; el resto se libera como calor corporal.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

# QUÍMICA

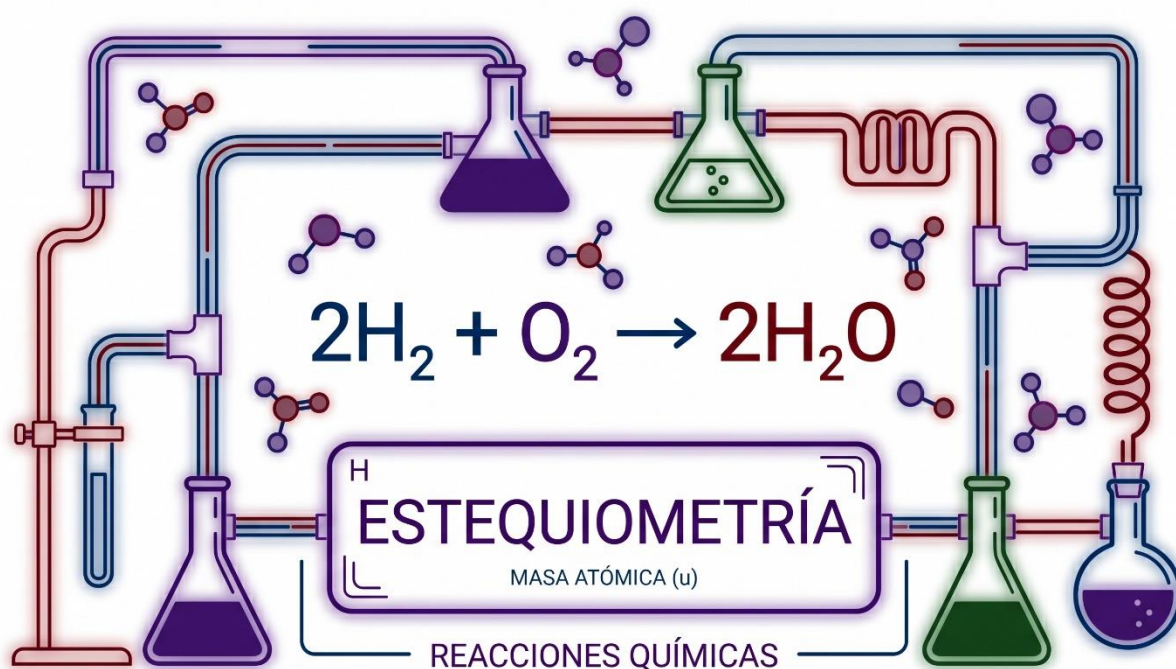
## QUINTO DE SECUNDARIA

### SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE

Docente:  
Josué Arteaga Núñez

#### Contenido

NOMENCLATURA INORGÁNICA .....	1
FUNCIÓN ÁCIDOS Y SALES .....	4
UNIDADES QUÍMICAS DE MASA .....	7
ESTADO GASEOSO .....	10
REACCIONES QUÍMICAS.....	13
ESTEQUIOMETRÍA .....	16
UNIDADES DE CONCENTRACIÓN QUÍMICA.....	19



## SESIÓN 1

### NOMENCLATURA INORGÁNICA

**PROPÓSITO:** Identificar y aplicar los tres sistemas de nomenclatura (IUPAC sistemático, tradicional y Stock) para nombrar y formular compuestos inorgánicos de las principales funciones: óxido, hidróxido, hidruro y peróxido.

Stock	N.O. en números romanos entre paréntesis	Metales de transición	Óxido de hierro (III)
-------	--	-----------------------	-----------------------

#### 1.3 Función Óxido

Los óxidos son compuestos binarios formados por un elemento + oxígeno. Se clasifican en dos tipos:

**Óxido Básico (Metal + O<sub>2</sub>):** El metal cede electrones al oxígeno. Fórmula: M<sub>2</sub>O<sub>a</sub>, donde 'a' es el N.O. del metal. Al reaccionar con agua forman hidróxidos (bases). Ejemplo: CaO + H<sub>2</sub>O → Ca(OH)<sub>2</sub>

**Óxido Ácido / Anhídrido (No metal + O<sub>2</sub>):** El no metal comparte electrones con el oxígeno. Al reaccionar con agua forman ácidos oxácidos. Ejemplo: SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### I. MARCO TEÓRICO

#### II Número de Oxidación (NO.)

El número de oxidación (NO.) o estado de oxidación representa la carga eléctrica aparente que posee un átomo dentro de un compuesto, suponiendo que todos los enlaces son completamente iónicos. Es una herramienta fundamental para determinar fórmulas y nombrar compuestos.

**Regla general:** La suma algebraica de los NO. de todos los átomos de una molécula es CERO. En un ion poliatómico, la suma es igual a la carga del ion.

Reglas específicas: O = -2 (en peróxidos O = -1)

H = +1 (en hidruros metálicos H = -1)

Metales IA: +1

Metales IIA: +2

Elemento libre: NO. = 0

#### 1.2 Tres Sistemas de Nomenclatura

Para nombrar compuestos inorgánicos existen tres sistemas reconocidos internacionalmente que se aplican de manera complementaria:

Sistema	Descripción	Uso típico	Ejemplo: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sistemático (IUPAC)	Prefijos griegos: mono, di, tri, tetra, penta...	Compuestos binarios	Trióxido de dihierro
Tradicional (Clásico)	Sufijos -oso (menor EO) e -ico (mayor EO)	Metales con varios EO.	Óxido férrico

Fórmula	Sistemática	Tradicional	Stock
Cu <sub>2</sub> O	Monóxido de dicobre	Óxido cuproso	Óxido de cobre (I)
CuO	Monóxido de cobre	Óxido cúprico	Óxido de cobre (II)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trióxido de dihierro	Óxido férrico	Óxido de hierro (III)
Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Heptóxido de dicloro	Óxido perclórico	Óxido de cloro (VII)
SO <sub>3</sub>	Trióxido de azufre	Anhídrido sulfúrico	Óxido de azufre (VI)
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de dinitrógeno	Anhídrido nítrico	Óxido de nitrógeno (V)

#### 1.4 Función Hidróxido (Bases) e Hidruro

**Hidróxido:** Metal + grupo OH<sup>-</sup>. Fórmula: M(OH)<sub>a</sub>. Se obtienen disolviendo el óxido básico en agua. Son compuestos ternarios. Ejemplo: NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>.

**Hidruro Metálico:** Metal + H (H con N.O. = -1). Ej: NaH = hidruro de sodio, CaH<sub>2</sub> = hidruro de calcio.

**Hidruro No Metálico:** H + no metal → gas. En solución acuosa se llama ácido. Ej: HCl(g) = cloruro de hidrógeno; HCl(ac) = ácido clorhídrico.

**Hidruros Especiales:** NH<sub>3</sub> (amoníaco), PH<sub>3</sub> (fosfina), CH<sub>4</sub> (metano), SiH<sub>4</sub> (silano), BH<sub>3</sub> (borano).

## 1.5 Función Peróxido

**Peróxido:** Compuesto con el grupo funcional O<sub>2</sub><sup>2-</sup>, donde el N.O. del oxígeno es -1 (en lugar del usual -2). Se obtiene oxidando óxidos básicos. Ejemplos: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrógeno), Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de sodio), BaO<sub>2</sub> (peróxido de bario).

### RECUERDA

- N.O. del O = -2 normalmente, en peróxidos = -1. N.O. del H = +1; en hidruros metálicos = -1.
- Sistemático: prefijos griegos (di, tri...). Tradicional: -oso/-ico. Stock: números romanos (I, II, III).
- Óxido básico = metal + O<sub>2</sub>. Óxido ácido (anhídrido) = no metal + O<sub>2</sub>.
- La suma de N.O. en cualquier molécula = 0; en ion poliatómico = carga del ion.
- Hidróxido: metal + OH. Peróxido: grupo O<sub>2</sub><sup>2-</sup>.

## 2. EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN

### EJEMPLO 1 — Nombrar: MnO<sub>2</sub>

**Paso 1** Identificar el compuesto:  
MnO<sub>2</sub> es un óxido (metal + oxígeno).

**Paso 2** N.O. del O = -2  
Hay 2 átomos de O → aporte total = -4.

**Paso 3** N.O. del Mn:  
Mn + (-4) = 0 → N.O.(Mn) = +4.

**Paso 4** Sistemático:  
'di-' (2 O) + 'óxido' + 'di-' (de) + 'manganeso' → **Dióxido de manganeso**

**Paso 5** Stock:  
Mn tiene N.O. = +4 → **Óxido de manganeso (IV)**

**Paso 6** Tradicional:  
Mn tiene varios E.O. (+2=oso, +4=ico\*) → **Óxido mangánico**

\* Raíz "mangan-"  
+ ico → mayor E.O. (+4)  
+ oso → menor E.O. (+2)

**Respuesta:** Dióxido de manganeso | Óxido de manganeso (IV) | Óxido mangánico

### EJEMPLO 2 — Determinar la fórmula: Tríóxido de dicromo

**Paso 1** Interpretar el nombre sistemático:  
'di-cromo' → 2 átomos de Cr  
'tri-óxido' → 3 átomos de O

**Paso 2** Escribir la fórmula tentativa:  
**Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Paso 3** Verificación de números de oxidación (N.O.):  
Reglas: O = -2 (en óxidos)  
Sea x el N.O. del Cr.  
La suma de N.O. en un compuesto neutro = 0

$$x(\text{Cr}) \times 2 + (-2)(\text{O}) \times 3 = 0$$

$$2x - 6 = 0$$

$$2x = +6$$

$$x = +3$$

→ N.O. del Cr = +3

**Paso 4** Nomenclatura Stock:  
Como el Cr tiene N.O. = +3, se nombra:  
**Óxido de cromo (III)**

**Paso 5** Nomenclatura tradicional:  
El Cr presenta dos estados de oxidación comunes:  
E.O. del Cr | Sufijo tradicional  
+2 | -oso (cromo-oso)  
+3 | -ico (cromo-ico)  
Para Cr(+3) se usa -ico: **Óxido crómico**

**Respuesta:** Fórmula = Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> | Óxido de cromo (III) | Óxido crómico

### EJEMPLO 1 — Nombrar: MnO<sub>2</sub>

**Paso 1** Identificar el compuesto:  
MnO<sub>2</sub> es un óxido (metal + oxígeno).

**Paso 2** N.O. del O = -2  
Hay 2 átomos de O → aporte total = -4.

**Paso 3** N.O. del Mn:  
Mn + (-4) = 0 → N.O.(Mn) = +4.

**Paso 4** Sistemático:  
'di-' (2 O) + 'óxido' + 'di-' (de) + 'manganeso' → **Dióxido de manganeso**

**Paso 5** Stock:  
Mn tiene N.O. = +4 → **Óxido de manganeso (IV)**

**Paso 6** Tradicional:  
Mn tiene varios E.O. (+2=oso, +4=ico\*) → **Óxido mangánico**

\* Raíz "mangan-"  
+ ico → mayor E.O. (+4)  
+ oso → menor E.O. (+2)

**Respuesta:** Dióxido de manganeso | Óxido de manganeso (IV) | Óxido mangánico

## 3. PRÁCTICA

### I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Cuál es el N.O. del azufre en el ion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>?

- a) +8    b) -2    c) +6    d) +2    e) +4

2. El compuesto PbO<sub>2</sub> se denomina en nomenclatura Stock:

- a) Óxido de plomo (IV)    b) Óxido plúmbico  
c) Óxido de plomo (II)    d) Dióxido de plomo (II)  
e) Óxido de plomo (VI)

3. ¿Cuál es la fórmula del pentóxido de dinitrógeno?

- a) NO<sub>2</sub>    b) NO<sub>5</sub>    c) N<sub>2</sub>O    d) N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
e) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

4. Indica cuál de los siguientes es un hidruro metálico:

- a) HCl(g)    b) SiH<sub>4</sub>    c) H<sub>2</sub>S(g)    d) NH<sub>3</sub>  
e) CaH<sub>2</sub>

5. ¿Cuál es el N.O. del nitrógeno en HNO<sub>3</sub>?

- a) +2    b) +5    c) +3    d) +1    e) +4

6. El  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tiene como nombre tradicional:

- a) Óxido férrico    b) Óxido de hierro (IV)  
c) Trióxido de hierro    d) Óxido de hierro (II)  
e) Óxido ferroso

7. ¿Cuál de los siguientes compuestos es un peróxido?

- a)  $\text{NaOH}$     b)  $\text{Na}_2\text{O}$     c)  $\text{NaH}$     d)  $\text{Na}_2\text{O}_2$   
e)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

8. El nombre IUPAC del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es:

- a) Trióxido de dialuminio    b) Óxido de aluminio (II)  
c) Dióxido de aluminio    d) Óxido aluminico  
e) Óxido de aluminio (III)

9. ¿Cuál es el N.O. del cromo en el  $\text{CrO}_3$ ?

- a) +3    b) +5    c) +4    d) +2    e) +6

10. Si el óxido básico de un metal M es  $\text{M}_2\text{O}_3$ , ¿cuántos átomos tiene el hidróxido?

- a) 4    b) 5    c) 7    d) 8    e) 6

11. Un elemento X forma el óxido básico  $\text{X}_2\text{O}_5$ . Si la masa molar del óxido es 342 g/mol y el O pesa 16 uma, la masa atómica de X es:

- a) 56    b) 52    c) 208    d) 108    e) 31

12. El N.O. del manganeso en  $\text{KMnO}_4$  es:

- a) +7    b) +6    c) +4    d) +2    e) +5

13. ¿Cuántos electrones pierde el átomo central para formar  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ ?

- a) 3    b) 6    c) 7    d) 1    e) 5

14. Si el peróxido de un metal M bivalente es  $\text{MO}_2$ , ¿cuál es la fórmula de su hidróxido?

- a)  $\text{M}_3(\text{OH})_2$     b)  $\text{M}(\text{OH})_3$     c)  $\text{MOH}$   
d)  $\text{M}_2\text{OH}$     e)  $\text{M}(\text{OH})_2$

15. Un compuesto tiene 52% de Cr y 48% de O en masa. Si la masa atómica del Cr=52 y O=16, la fórmula empírica es:

- a)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$     b)  $\text{Cr}_3\text{O}_4$     c)  $\text{CrO}_3$     d)  $\text{CrO}$   
e)  $\text{CrO}_2$

1 H +1																	2 He
3 Li +1	4 Be +2											5 B -3,+3	6 C -4,+2,+4	7 N -3,-2,-1,+1 +2,+3,+4,+5	8 O -1,-2	9 F -1	10 Ne
11 Na +1	12 Mg +2											13 Al +3	14 Si -4,+2,+4	15 P -3,+3,+5	16 S -2,+2,+4 +6	17 Cl -1,+1,+3 +5,+7	18 Ar
19 K +1	20 Ca +2	21 Sc +3	22 Ti +2,+3,+4	23 V +2,+3, +4,+5	24 Cr +2,+3,+6	25 Mn +2,+3, +4,+6,+7	26 Fe +2,+3	27 Co +2,+3	28 Ni +2,+3	29 Cu +1,+2	30 Zn +2	31 Ga +1,+3	32 Ge +2,+4	33 As -3,+3,+5	34 Se -2,+2,+4 +6	35 Br -1,+1,+3 +5,+7	36 Kr
37 Rb +1	38 Sr +2	39 Y +3	40 Zr +3,+4	41 Nb +2,+3, +4,+5	42 Mo +2,+3, +4,+5,+6	43 Tc +4,+5, +6,+7	44 Ru +2,+3,+4, +5,+6,+7,+8	45 Rh +2,+3, +4,+5,+6	46 Pd +2,+4	47 Ag +1	48 Cd +2	49 In +1,+3	50 Sn +2,+4	51 Sb -3,+3,+5	52 Te -2,+2,+4 +6	53 I -1,+1,+3 +5,+7	54 Xe
55 Cs +1	56 Ba +2	57 La +3	72 Hf +3,+4	73 Ta +3,+4,+5	74 W +2,+3, +4,+5,+6	75 Re +2,+3, +4,+6,+7	76 Os +2,+3,+4, +5,+6,+7,+8	77 Ir +2,+3, +4,+5,+6	78 Pt +2,+4	79 Au +1,+3	80 Hg +1,+3	81 Tl +1,+3	82 Pb +2,+4	83 Bi +3,+5	84 Po -2,+2,+4 +6	85 At -1,+1,+5	86 Rn
87 Fr +1	88 Ra +2	89 Ac +3	104 Rf +3,+4	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh +1,+3	114 Fl +2,+4	115 Mc +3,+5	116 Lv -2,+2,+4 +6	117 Ts -1,+1,+5	118 Og

## SESIÓN 2

### FUNCIÓN ÁCIDOS Y SALES

**PROPÓSITO:** Clasificar, formular y nombrar correctamente los ácidos hidrácidos, los ácidos oxácidos y sus sales derivadas (haloideas y oxisales), aplicando las reglas de nomenclatura IUPAC, tradicional y Stock, y calculando la atomicidad de cada compuesto.

**Caso 2 – N.O. par del no metal (S, C, Cr, Mn):**

Fórmula:  $H_2XO(2+a/2) \rightarrow 2$  átomos de H. Ej:  $S^{+6} \rightarrow H_2SO_4$  (ácido sulfúrico);  $C^{+4} \rightarrow H_2CO_3$  (ácido carbónico).

**Caso 3 – Especial (B, P, As, Sb):** Fórmula:

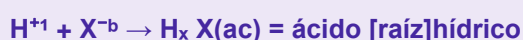
$H_3XO(3+a/2) \rightarrow 3$  átomos de H. Ej:  $P^{+5} \rightarrow H_3PO_4$  (ácido fosfórico).

### I. MARCO TEÓRICO

#### II Ácidos Hidrácidos (Binarios)

**Definición:** Compuestos binarios formados por  $H^{+1}$  y un no metal (grupo VIA: S, Se, Te; grupo VIIA: F, Cl, Br, I). En estado gaseoso se llaman 'haluros de hidrógeno'; en solución acuosa reciben el prefijo 'ácido' y el sufijo **hídrico**.

**Nomenclatura tradicional de oxácidos:** Usando el sufijo: -oso para el ácido de MENOR N.O. y -ico para el de MAYOR N.O. Prefijo 'hipo-' para N.O. aún menor; prefijo 'per-' para N.O. aún mayor. Ejemplo para el Cl:  $HClO$ =hipocloroso |  $HClO_2$ =cloroso |  $HClO_3$ =clórico |  $HClO_4$ =perclórico.



Gas	Nombre gas	Solución acuosa	Nombre ácido
HF(g)	Fluoruro de hidrógeno	HF(ac)	Ácido fluorhídrico
HCl(g)	Cloruro de hidrógeno	HCl(ac)	Ácido clorhídrico
HBr(g)	Bromuro de hidrógeno	HBr(ac)	Ácido bromhídrico
H <sub>2</sub> S(g)	Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S(ac)	Ácido sulfhídrico

Fórmula	Tradicional	IUPAC
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ácido sulfuroso	Trioxosulfato(IV) de hidrógeno
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico	Tetraoxosulfato(VI) de hidrógeno
HNO <sub>2</sub>	Ácido nitroso	Dioxonitrato(III) de hidrógeno
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico	Trioxonitrato(V) de hidrógeno
HClO <sub>3</sub>	Ácido clórico	Trioxoclorato(V) de hidrógeno
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Ácido fosfórico	Tetraoxofosfato(V) de hidrógeno
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ácido carbónico	Trioxocarbonato(IV) de hidrógeno
HClO <sub>4</sub>	Ácido perclórico	Tetraoxoclorato(VII) de hidrógeno

#### 1.2 Ácidos Oxácidos (Ternarios)

Los ácidos oxácidos son compuestos ternarios (H, no metal, O) que se obtienen haciendo reaccionar un anhídrido (óxido ácido) con agua. La cantidad de átomos de hidrógeno en la fórmula depende del N.O. del no metal:

**Caso 1 – N.O. impar del no metal (N, Cl, Br, I):**

Fórmula:  $HXO(1+a/2) \rightarrow 1$  solo H. Ej:  $N^{+3} \rightarrow HNO_2$  (ácido nitroso);  $N^{+5} \rightarrow HNO_3$  (ácido nítrico).

#### 1.3 Sales Haloideas y Oxisales

Sales haloideas: Derivan de ácidos hidrácidos. Terminación -uro. Se forman al reemplazar el H del ácido por un metal. Ejemplo:  $FeCl_3$  = cloruro de hierro (III).

Oxisales: Derivan de ácidos oxácidos. Terminación -ito (de ácido -oso) o -ato (de ácido -ico). Ejemplo:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  = sulfato de sodio;  $\text{KNO}_2$  = nitrito de potasio.

Fórmula	Tipo	Nombre
$\text{FeCl}_2$	Haloidea	Cloruro de hierro (II) / Cloruro ferroso
$\text{FeCl}_3$	Haloidea	Cloruro de hierro (III) / Cloruro férrico
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Oxisal	Sulfato de sodio
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Oxisal	Nitrato de calcio
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Oxisal	Sulfato de aluminio
$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$	Oxisal	Carbonato de hierro (III)

**RECUERDA**

- Ácido hidrácido: H + no metal. En solución: ácido [raíz]hídrico.
- Ácido oxácido: NO. impar  $\rightarrow$  IH; par  $\rightarrow$  2H; B, P, As, Sb  $\rightarrow$  3H.
- Sal haloidea termina en -uro; oxisal termina en -ito (ácido -oso) o -ato (ácido -ico).
- Atomicidad = suma de todos los átomos en la fórmula del compuesto.

**2 EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN**

**EJEMPLO 1 — Formular el ácido sulfuroso**

**Dato:** Azufre con N.O. = +4 (par).

**1 IDENTIFICAR EL ELEMENTO CENTRAL**

Elemento: Azufre (S)  
N.O. dado: +4 (par)

**S**

**2 DETERMINAR EL ÓXIDO CORRESPONDIENTE**

Los oxoácidos se forman a partir del anhídrido (óxido no metálico). Para S con N.O. = +4, el óxido es:

**$\text{SO}_2$**

Verificación del N.O. en  $\text{SO}_2$ .  
 $\text{S} + 2(-2) = +4 \rightarrow \text{S} = +4 \checkmark$

**3 HIDRATAR EL ÓXIDO**

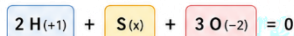
Se agrega agua al óxido para formar el ácido:



Esto da el ácido correspondiente.

**4 VERIFICAR EL NÚMERO DE OXIDACIÓN DEL AZUFRE**

En  $\text{H}_2\text{SO}_3$ :



$2(+1) + x + 3(-2) = 0$

$2 + x - 6 = 0$

$x = +4 \checkmark$

**5 FÓRMULA DEL ÁCIDO**

**$\text{H}_2\text{SO}_3$**   
Ácido sulfuroso

**6 NOMBRES**

- Tradicional: ácido sulfuroso
- Stock: ácido sulfuroso (IV)
- Sistemática (IUPAC): ácido trioxosulfúrico (IV)

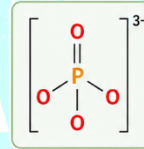


**EJEMPLO 2 — Determinar la fórmula de la sal: fosfato de aluminio**

**1 ÁCIDO DE ORIGEN**

$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$  ácido fosfórico

Ion derivado:  
fosfato =  $\text{PO}_4^{3-}$



**2 METAL**

$\text{Al}^{3+} \rightarrow$  aluminio  
(N.O. = +3)

**$\text{Al}^{3+}$**

**3 COMBINACIÓN DE IONES**

Iones presentes:



Las cargas tienen el mismo valor absoluto (3), por lo que se combinan en la proporción más sencilla:

**1 : 1**

Relación  $\text{Al}^{3+} : \text{PO}_4^{3-} = 1 : 1$

**4 FÓRMULA RESULTANTE**

**$\text{AlPO}_4$**

**5 VERIFICACIÓN ELÉCTRICA**



Correcto.

**6 NOMBRES**

- Stock: Fosfato de aluminio
- IUPAC sistemática: Tetraoxofosfato(V) de aluminio



**3. PRÁCTICA**

**I Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.**

1. ¿Cuál es la fórmula del ácido sulfúrico? (E.O. del S = +6)

- a)  $\text{HSO}_4$       b)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$       c)  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
d)  $\text{H}_2\text{SO}_3$       e)  $\text{H}_2\text{SO}_2$

2. El ácido perclórico tiene la fórmula:

- a)  $\text{HClO}_4$       b)  $\text{HClO}_2$       c)  $\text{HClO}$   
d)  $\text{HClO}_3$       e)  $\text{H}_2\text{ClO}_4$

3. La sal  $\text{Cu}_2\text{CO}_3$  tiene como nombre:

- a) Carbonato cúprico      b) Carbonato de cobre (II)  
c) Carbonato de dicobre      d) Carbonato cuproso  
e) Bicarbonato de cobre

4. ¿Cuántos átomos tiene el ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )?

- a) 6      b) 7      c) 9      d) 5      e) 8

5. El  $\text{Br}_2\text{O}_5$  al reaccionar con agua produce:

- a)  $\text{H}_2\text{BrO}_3$       b)  $\text{HBrO}_3$  (ácido brómico)  
c)  $\text{HBrO}$  (hipobromoso)      d)  $\text{HBrO}_2$  (bromoso)  
e)  $\text{HBrO}_4$  (perbrómico)

6. ¿Qué fórmula corresponde al nitrato de magnesio?

- a)  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$       b)  $\text{MgNO}_2$       c)  $\text{Mg}_2\text{NO}_3$   
d)  $\text{Mg}_3(\text{NO}_3)_2$       e)  $\text{MgNO}_3$

7. La suma de atomicidades del ácido nitroso + ácido carbónico es:

- a) 6    b) 8    c) 12    d) 10    e) 14

8. El nombre del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  es:

- a) Sulfato de aluminio    b) Sulfato aluminico (II)  
c) Sulfato de dealuminio    d) Sulfito de aluminio  
e) Trisulfato de aluminio

9. ¿Cuál ácido oxácido tiene NO. del cloro = +3?

- a)  $\text{HClO}$  (hipocloroso)    b)  $\text{H}_2\text{ClO}_2$   
c)  $\text{HClO}_4$  (perclórico)    d)  $\text{HClO}_3$  (clórico)  
e)  $\text{HClO}_2$  (ácido cloroso)

10. ¿Qué fórmula corresponde al sulfato de hierro (III)?

- a)  $\text{Fe}_3\text{SO}_4$     b)  $\text{FeSO}_4$     c)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$   
d)  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$     e)  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$

11. La masa molar del nitrato de calcio,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , es ( $\text{Ca}=40$ ,  $\text{N}=14$ ,  $\text{O}=16$ ):

- a) 148 g/mol    b) 180 g/mol    c) 196 g/mol  
d) 164 g/mol    e) 124 g/mol

12. Si el oxisal de un metal M bivalente con el  $\text{SO}_4$  tiene 13 átomos en total, ¿cuántos átomos tiene el hidróxido del metal?

- a) 5    b) 6    c) 4    d) 3    e) 7

13. El porcentaje másico del N en el  $\text{HNO}_3$  ( $M=63$ ) es aproximadamente:

- a) 31,7%    b) 40%    c) 22,2%    d) 10%  
e) 14%

14. ¿Cuántos moles de iones  $\text{SO}_4^{2-}$  hay en 2 mol de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ?

- a) 1 mol    b) 3 mol    c) 2 mol  
d) 4 mol    e) 6 mol

15. La fórmula del dicromatode potasio es  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . El NO. del Cr es:

- a) +3    b) +2    c) +4    d) +6    e) +7

### TAREA PARA CASA

Formula y nombra en los tres sistemas: ácido yódico, ácido perbrómico, sulfato de hierro (III), nitrito de plata, clorato de bario, carbonato de calcio, fosfato de aluminio, sulfuro de cobre (II). Calcula la atomicidad y el porcentaje másico de cada elemento para los tres últimos compuestos.

*¡Preparando para triunfar!*

## TRUJILLO

## SESIÓN 3

### UNIDADES QUÍMICAS DE MASA

**PROPÓSITO:** Calcular la masa atómica promedio, la masa molecular, la masa molar y aplicar el concepto de mol y el número de Avogadro para resolver problemas cuantitativos de composición química, determinación de fórmulas empíricas y molares.

(átomos, moléculas, iones, electrones, etc.). Este número se llama Número de Avogadro ( $N_a$ ).

$$N_a = 6,022 \times 10^{23} \text{ partículas} \cdot \text{mol}^{-1}$$

#### I. MARCO TEÓRICO

##### II Unidad de Masa Atómica (u.m.a.)

La **unidad de masa atómica (u.m.a.)** es la doceava parte de la masa del isótopo carbono-12. Su equivalencia con el sistema internacional es:

$$1 \text{ u.m.a.} = 1/N_a \text{ gramos} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$$

**Masa atómica ( $m_A$ ):** Masa relativa de un átomo expresada en u.m.a. Es el promedio ponderado de las masas de todos sus isótopos naturales según su abundancia.

##### II.2 Masa Atómica Promedio e Isótopos

Cuando un elemento tiene varios isótopos, su masa atómica se calcula como promedio ponderado con las abundancias relativas:

$$m_A(E) = (m_{A_1} \cdot a_1 + m_{A_2} \cdot a_2 + \dots + m_{A_n} \cdot a_n) / (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$$

**Isótopos del Cloro:**  $^{35}\text{Cl}$  con abundancia 75% y  $^{37}\text{Cl}$  con abundancia 25%:

$$m_A(\text{Cl}) = (35 \times 75 + 37 \times 25) / 100 = (2625 + 925) / 100 = 35,5 \text{ u.m.a.}$$

Este valor aparece en la tabla periódica.

##### III El Mol y el Número de Avogadro

**Un mol (mol):** Cantidad de sustancia que contiene exactamente  $6,022 \times 10^{23}$  entidades elementales

##### III.4 Masa Molar (M) y Relaciones Mol

**Masa molar:** Masa en gramos de 1 mol de partículas de una sustancia. Numéricamente igual a la masa atómica (para elementos) o masa molecular (para compuestos), pero con unidad g/mol.

$$n(\text{mol}) = m(\text{g}) / M(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) = N^\circ \text{partículas} / N_a = V(\text{L, CN}) / 22,4$$

**Volumen Molar a CN ( $P=1 \text{ atm}$ ,  $T=0^\circ\text{C}=273\text{K}$ ):** 1 mol de cualquier gas ideal a Condiciones Normales ocupa exactamente 22,4 litros. Esto es independiente del tipo de gas:  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$  a CN.

Sustancia	Masa molar (g/mol)	1 mol contiene
H (átomo)	1	$6,022 \times 10^{23}$ átomos H
H <sub>2</sub> (molécula)	2	$6,022 \times 10^{23}$ moléculas H <sub>2</sub> y $2N_a$ átomos
H <sub>2</sub> O	18	$6,022 \times 10^{23}$ moléculas; $2N_a$ átomos H + $N_a$ átomos O
NaCl	58,5	$N_a$ iones $\text{Na}^+$ + $N_a$ iones $\text{Cl}^-$
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	310	$3N_a$ iones $\text{Ca}^{2+}$ + $2N_a$ iones $\text{PO}_4^{3-}$
Fe	56	$6,022 \times 10^{23}$ átomos Fe

##### III.5 Porcentaje de Composición y Fórmula Empírica

**Porcentaje másico:** % de cada elemento = (masa del elemento en 1 mol del compuesto / masa molar total)  $\times$  100.

**Fórmula empírica:** La razón más simple de moles de cada elemento. Se obtiene dividiendo cada porcentaje entre la masa atómica y luego normalizando al entero más pequeño.

**RECUERDA**

- 1 mol =  $N_a = 6,022 \times 10^{23}$  partículas. Masa molar (g/mol) = masa atómica o molecular en uma.
- $n = m/M = N/N_a = V(CN)/22,4$ . Estas cuatro cantidades están siempre relacionadas con el mol.
- A CN (0°C y 1 atm): 1 mol de gas = 22,4 L. Solo aplica para gases a esas condiciones.
- Masa atómica promedio = promedio ponderado con las abundancias isotópicas.
- Porcentaje másico = (masa del elemento en 1 mol / M total)  $\times$  100.

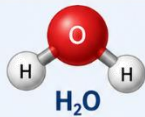
**2. EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN**

**EJEMPLO 1 — Moles, átomos y volumen de 36 g de H<sub>2</sub>O**



**DATOS:**

- Masa de H<sub>2</sub>O = 36 g
- Masa molar del H<sub>2</sub>O:  
M(H<sub>2</sub>O) = 2(1) + 16 = 18 g/mol



**1 MOLES DE H<sub>2</sub>O**

$$n = \frac{\text{masa}}{M}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{36 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

**Resultado:**

✓ 2 mol de H<sub>2</sub>O

**2 NÚMERO DE MOLÉCULAS**

$$\text{N}^\circ \text{ moléculas} = n \times N_a$$

donde  $N_a = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$$\text{N}^\circ \text{ moléculas} = 2 \times 6,022 \times 10^{23}$$

$$= 1,204 \times 10^{24} \text{ moléculas}$$

**Resultado:**

✓  $1,204 \times 10^{24}$  moléculas

**3 ÁTOMOS TOTALES**



Cada molécula de H<sub>2</sub>O tiene 3 átomos (2 H + 1 O)

$$\text{Átomos totales} = n \times (\text{átomos por molécula}) \times N_a$$

$$= 2 \text{ mol} \times 3 \times 6,022 \times 10^{23}$$

$$= 6 \times 6,022 \times 10^{23}$$

$$= 3,613 \times 10^{24} \text{ átomos}$$

**Resultado:**

✓  $3,613 \times 10^{24}$  átomos

**4 VOLUMEN A CN (si fuera gas)**

A condiciones normales (CN):

$$1 \text{ mol de gas} = 22,4 \text{ L}$$

$$\text{Volumen} = n \times 22,4 \text{ L/mol}$$

$$= 2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol}$$

$$= 44,8 \text{ L}$$

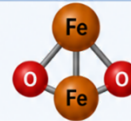
**Resultado:**

✓ 44,8 L (a CN)

**EJEMPLO 2 — Porcentaje másico y cantidad de Fe en 1 TM de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**DATO:**

1 TM = 1 tonelada métrica =  $1 \times 10^6$  g  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = óxido de hierro(III)



Fe Hierro (Fe)  
M(Fe) = 56 g/mol  
O Oxígeno (O)  
M(O) = 16 g/mol

**1 MASA MOLAR DE Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2(56) + 3(16)$$

$$= 112 + 48$$

$$= 160 \text{ g/mol}$$

**Resultado:**

✓ M(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 160 g/mol

**2 PORCENTAJE MÁSICO DE Fe**

$$\% \text{ Fe} = \frac{\text{masa de Fe en el compuesto}}{\text{masa molar del compuesto}} \times 100$$

$$\% \text{ Fe} = \frac{112}{160} \times 100 = 70\%$$

**Resultado:**

✓ Porcentaje de Fe = 70%

**3 MASA DE Fe EN 1 TM DE Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

$$1 \text{ TM} = 1 \times 10^6 \text{ g de Fe}_2\text{O}_3$$

$$\text{Masa de Fe} = (\% \text{ Fe}) \times (\text{masa total})$$

$$= 0,70 \times 1 \times 10^6 \text{ g}$$

$$= 700 \text{ 000 g} = 700 \text{ kg}$$

**Resultado:**

✓ Masa de Fe en 1 TM = 700 000 g = 700 kg

**4 NÚMERO DE MOLES DE Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> EN 1 TM**

$$n = \frac{\text{masa}}{\text{masa molar}}$$

$$n = 1 \times 10^6 \text{ g} / 160 \text{ g/mol} = 6250 \text{ mol}$$

**Resultado:**

✓ n(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en 1 TM = 6250 mol

**5 NÚMERO DE ÁTOMOS DE O EN 1 TM**

Cada mol de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tiene 3 átomos de O.

$$\text{N}^\circ \text{ átomos de O} = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \times 3 \times N_a$$

$$= 6250 \text{ mol} \times 3 \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$= 18 \text{ 750} \times 6,022 \times 10^{23}$$

$$= 1,13 \times 10^{28} \text{ átomos}$$

**Resultado:**

✓ N° de átomos de O en 1 TM  $\approx 1,13 \times 10^{28}$  átomos

**3. PRÁCTICA**

I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Cuántos moles hay en 240 g de calcio? (Ca=40)

- a) 1 mol    b) 2 mol    c) 6 mol  
d) 4 mol    e) 3 mol

2. ¿Cuántos moles de Mg hay en 1,2 kg? (Mg=24)

- a) 50 mol    b) 10 mol    c) 5 mol  
d) 20 mol    e) 25 mol

3. El número total de átomos en 3 moles de CH<sub>4</sub> es:

- a) 3 N<sub>a</sub>    b) 12 N<sub>a</sub>    c) 4 N<sub>a</sub>  
d) 15 N<sub>a</sub>    e) 5 N<sub>a</sub>

4. ¿Cuántas moléculas hay en 900 g de agua (M=18)?

- a)  $3 \times 10^{24}$     b)  $3 \times 10^{22}$     c)  $3 \times 10^{21}$   
d)  $3 \times 10^{23}$     e)  $3 \times 10^{25}$

5. ¿Cuántos g de K hay en 112 g de KOH? (K=39, O=16, H=1)

- a) 56 g    b) 78 g    c) 32 g  
d) 48 g    e) 39 g

6. ¿Cuántos g de oxígeno hay en 360 g de CH<sub>3</sub>COOH (M=60)?

- a) 192 g    b) 144 g    c) 32 g  
d) 172 g    e) 96 g

- a)  $3,6 \times 10^{25}$     b)  $3,6 \times 10^{23}$     c)  $6 \times 10^{24}$   
d)  $7,2 \times 10^{23}$     e)  $1,2 \times 10^{25}$

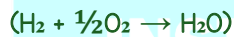
7. La masa molar del  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  es (Ca=40, P=31, O=16):

- a) 210 g/mol    b) 248 g/mol    c) 272 g/mol  
d) 310 g/mol    e) 330 g/mol

13. El porcentaje de N en la úrea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (M=60) es:

- a) 23,33%    b) 14%    c) 46,67%  
d) 28%    e) 20%

8. ¿Cuántos moles de agua se obtienen con 12 g de  $\text{H}_2$ ?



- a) 6 mol    b) 4 mol    c) 3 mol  
d) 1 mol    e) 2 mol

14. ¿Cuántos gramos de  $\text{CO}_2$  (M=44) hay en  $3,011 \times 10^{23}$  moléculas?

- a) 66 g    b) 11 g    c) 44 g    d) 88 g    e) 22 g

9. Un mineral contiene 80% de  $\text{CaCO}_3$  (M=100).

¿Cuántos g de Ca hay en 500 g del mineral?

- a) 80 g    b) 400 g    c) 200 g  
d) 100 g    e) 160 g

15. Si 4 g de un gas ocupan 2,24 L a CN, la masa molar del gas es:

- a) 4 g/mol    b) 20 g/mol    c) 22,4 g/mol  
d) 40 g/mol    e) 80 g/mol

10. ¿Cuántos átomos totales hay en 195 g de K? (K=39)

- a)  $3 \times 10^{25}$     b)  $3 \times 10^{23}$     c)  $3 \times 10^{24}$   
d)  $6 \times 10^{24}$     e)  $3 \times 10^{22}$

11. La masa atómica del Cu sabiendo que  $^{63}\text{Cu} = 69\%$  y

$^{65}\text{Cu} = 31\%$  es:

- a) 63 u.m.a.    b) 65 u.m.a.    c) 62,8 u.m.a.  
d) 63,62 u.m.a.    e) 64 u.m.a.

12. ¿Cuántos átomos de hidrógeno hay en 5 mol de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (glucosa)?

### TAREA PARA CASA

Una muestra de 2390 TM de mineral contiene 30% de galena ( $\text{PbS}$ , Pb=207, S=32). Si el proceso de extracción tiene rendimiento de 80%, ¿cuántas TM de Pb se obtienen? Calcula además: la masa atómica promedio del silicio ( $^{28}\text{Si}=92,2\%$ ,  $^{29}\text{Si}=4,7\%$ ,  $^{30}\text{Si}=3,1\%$ ) y el porcentaje de composición del  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 4

### ESTADO GASEOSO

**PROPÓSITO:** Comprender las propiedades y el comportamiento de los gases ideales, aplicar la ecuación universal de los gases ( $PV=nRT$ ), las leyes de Boyle-Mariotte, Charles y Gay-Lussac, y resolver problemas de mezcla de gases aplicando la ley de Dalton.

Volumen (V): En litros para el SI práctico.  $1 \text{ L} = 1000 \text{ mL} = 1000 \text{ cm}^3$ .  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

#### 1.3 Gas Ideal y Ecuación Universal

**Gas ideal:** Modelo teórico que cumple exactamente las leyes de los gases. Supone: (a) volumen propio de las moléculas = 0; (b) fuerzas intermoleculares = 0; (c) choques perfectamente elásticos. Se aproxima mejor a bajas presiones y altas temperaturas.

### I. MARCO TEÓRICO

#### II Propiedades de los Gases

Los gases son el estado de la materia con mayor separación entre partículas. Sus propiedades macroscópicas los diferencian claramente de sólidos y líquidos:

Propiedad	Descripción	Implicación práctica
Compresibilidad	A mayor presión, menor volumen	Los neumáticos y tanques de gas aprovechan esta propiedad
Expansibilidad	Llenan completamente el recipiente que los contiene	Perfumes, humo, vapor de agua
Difusibilidad	Se trasladan de zona de alta a baja concentración	Detección de fugas de gas
Efusibilidad	Atraviesan pequeños orificios	Separación isotópica del uranio
Baja densidad	Mucho menos densa que sólidos y líquidos	Los globos de helio flotan en el aire

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Constante R	Valor	Se usa cuando
R	0,082 $\text{Latmmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	P en atm, V en L
R	62,4 $\text{LmmHgmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	P en mmHg, V en L
R	8,314 $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	P en Pa, V en $\text{m}^3$ (SI)

**Densidad del gas ideal:**  $D = PM / RT$  donde M = masa molar del gas (g/mol). A mayor masa molecular o mayor presión, mayor densidad. A mayor temperatura, menor densidad.

#### 1.4 Procesos Especiales y Ecuación General

**Ecuación general:**  $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$  (para masa constante)

#### 1.2 Variables de Estado y Unidades

**Presión (P):** Fuerza por unidad de área. Conversiones:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 101,3 \text{ kPa} = 14,7 \text{ psi}$

**Temperatura absoluta (T):** Siempre en Kelvin para los cálculos.  $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$ . Nunca puede ser negativa en valor absoluto.

Proceso	Variable constante	Ley	Fórmula reducida
Isotérmico	Temperatura	Boyle-Mariotte	$P_1V_1 = P_2V_2$
Isobárico	Presión	Charles	$V_1/T_1 = V_2/T_2$

Isocórico (Isovolumétr.)	Volumen	Gay-Lussac	$P_1/T_1 = P_2/T_2$
-----------------------------	---------	------------	---------------------

## 15 Mezcla de Gases – Ley de Dalton

**Ley de Dalton (1801):** La presión total de una mezcla de gases ideales es igual a la suma de las presiones parciales de cada componente. Cada gas ejerce su presión como si ocupara solo el recipiente.

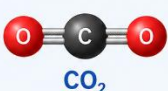
$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad | \quad P_i = X_i \cdot P_t \quad | \quad X_i = n_i / n_t$$

### RECUERDA



- Gas ideal:  $PV = nRT$ .  $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$  o  $62,4 \text{ L}\cdot\text{mmHg}/\text{mol}\cdot\text{K}$ .
- Convertir SIEMPRE temperatura a Kelvin:  $K = ^\circ\text{C} + 273$ .
- CN:  $P=1 \text{ atm}$ ,  $T=273 \text{ K} \rightarrow 1 \text{ mol de gas} = 22,4 \text{ L}$  (volumen molar).
- Boyle:  $T \text{ cte}$ ,  $P_1V_1=P_2V_2$ . Charles:  $P \text{ cte}$ ,  $V_1/T_1=V_2/T_2$ . Gay-Lussac:  $V \text{ cte}$ ,  $P_1/T_1=P_2/T_2$ .
- Ley de Dalton:  $P_t = \sum P_i$ . Fracción molar:  $X_i = n_i/n_t$ . Suma de fracciones = 1.

## 2. EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN

### EJEMPLO 1 – Volumen de 4 mol de $\text{CO}_2$ a $27^\circ\text{C}$ y $2 \text{ atm}$ ( $R = 0,082$ )

<p><b>DATOS DEL PROBLEMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>n = 4 \text{ mol de } \text{CO}_2</math></li> <li><math>T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}</math></li> <li><math>P = 2 \text{ atm}</math></li> <li><math>R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}</math></li> </ul>	 <p><b>OBJETIVO</b></p> <p>Calcular el volumen (V) que ocupan 4 mol de <math>\text{CO}_2</math> bajo las condiciones dadas.</p>
<p><b>1 FÓRMULA A USAR</b></p> <p>Ley de los gases ideales:</p> $PV = nRT$ <p>Despejando el volumen (V):</p> $V = \frac{nRT}{P}$	<p><b>2 SUSTITUCIÓN DE VALORES</b></p> $V = \frac{nRT}{P}$ $V = \frac{(4 \text{ mol})(0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K})(300 \text{ K})}{2 \text{ atm}}$
<p><b>3 CÁLCULO</b></p> $V = \frac{4 \times 0,082 \times 300}{2} = \frac{98,4}{2} = 49,2 \text{ L}$	<p><b>4 VERIFICACIÓN DE UNIDADES</b></p> $\frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \times \frac{\text{mol}}{\text{atm}} \times \frac{\text{K}}{\text{atm}} = \text{L}$ <p>✓ La unidad final es litro (L). Correcto.</p>
<p><b>5 RESPUESTA</b></p> <p>El volumen ocupado por 4 mol de <math>\text{CO}_2</math> a <math>27^\circ\text{C}</math> y <math>2 \text{ atm}</math> es:</p> <p><b>49,2 litros</b></p>	

### EJEMPLO 2 – Gas a $27^\circ\text{C}$ y $3 \text{ atm}$ en $10 \text{ L}$ ; cambia a $127^\circ\text{C}$ y $1 \text{ atm}$

<p><b>DATOS DEL PROBLEMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Estado inicial: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}</math></li> <li><math>P_1 = 3 \text{ atm}</math></li> <li><math>V_1 = 10 \text{ L}</math></li> </ul> </li> <li>Estado final: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>T_2 = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}</math></li> <li><math>P_2 = 1 \text{ atm}</math></li> <li><math>V_2 = ?</math></li> </ul> </li> </ul>	<p><b>ESTADO INICIAL</b></p>  <p><b>ESTADO FINAL</b></p> 
<p><b>1 ECUACIÓN GENERAL</b></p> <p>Ley combinada de los gases:</p> $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$	<p><b>2 DESPEJAR <math>V_2</math></b></p> <p>Despejando el volumen final (<math>V_2</math>):</p> $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2}$ <p>Donde:  <math>P</math> = presión (atm)  <math>V</math> = volumen (L)  <math>T</math> = temperatura (K)</p>
<p><b>3 SUSTITUCIÓN Y CÁLCULO</b></p> $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{(3 \text{ atm})(10 \text{ L})(400 \text{ K})}{(300 \text{ K})(1 \text{ atm})}$ $V_2 = \frac{12000}{300} = 40 \text{ L}$	<p><b>Cálculo paso a paso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>3 \times 10 \times 400 = 12000</math></li> <li><math>12000 / 300 = 40</math></li> </ul>
<p><b>4 VERIFICACIÓN RÁPIDA (SENTIDO FÍSICO)</b></p> <p>✓ La temperatura aumenta (de 300 K a 400 K) y la presión disminuye (de 3 atm a 1 atm).  <math>\rightarrow</math> El volumen debe aumentar.  De 10 L a 40 L: ✓ Correcto.</p>	<p><b>5 RESPUESTA</b></p> <p>El nuevo volumen del gas a <math>127^\circ\text{C}</math> y <math>1 \text{ atm}</math> es:</p> <p><b>40 L</b> ✓</p>

## 3. PRÁCTICA

### I Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Cuántos moles de  $\text{CO}$  hay en  $336 \text{ L}$  a condiciones normales?

- a) 30 mol    b) 12 mol    c) 15 mol  
d) 10 mol    e) 1,5 mol

2. En un proceso isotérmico,  $P$  pasa de 2 a 4 atm. Si  $V_1=16 \text{ L}$ , el  $V_2$  es:

- a) 8 L    b) 16 L    c) 4 L    d) 32 L    e) 2 L

3.  $10 \text{ L}$  de  $\text{O}_2$  a  $273^\circ\text{C}$  y  $3 \text{ atm} \rightarrow$  a  $0^\circ\text{C}$  y  $1 \text{ atm}$ , el volumen final es:

- a) 3 L    b) 1,5 L    c) 30 L    d) 15 L    e) 2 L

4. La presión de  $160 \text{ g}$  de  $\text{CH}_4$  ( $M=16$ ) en un recipiente de  $2 \text{ L}$  a  $27^\circ\text{C}$  es ( $R=0,082$ ):

- a) 120 atm    b) 125 atm    c) 118 atm    d) 121 atm  
e) 123 atm

5.  $30 \text{ L}$  de  $\text{He}$  a  $27^\circ\text{C}$  y  $2 \text{ atm}$  se trasladan a  $127^\circ\text{C}$  y  $4 \text{ atm}$ . El nuevo volumen es:

- a) 4 L    b) 20 L    c) 5 L    d) 10 L    e) 15 L

6.  $440 \text{ g}$  de  $\text{CO}_2$  ( $M=44$ ) en  $4 \text{ L}$  a  $127^\circ\text{C}$  tiene una presión de ( $R=0,082$ ):

- a) 82 atm    b) 10 atm    c) 8,2 atm    d) 4,1 atm  
e) 41 atm

7. El volumen de  $280 \text{ g}$  de  $\text{C}_2\text{H}_4$  ( $M=28$ ) a condiciones normales es:

- a) 22,4 L    b) 3,2 L    c) 2,24 L    d) 224 L  
e) 1,2 L

8. Una mezcla: 2 mol  $N_2$  y 3 mol  $O_2$  a  $P$  total=10 atm. La  $P$  parcial del  $O_2$  es:

- a) 6 atm    b) 8 atm    c) 4 atm    d) 2 atm  
e) 3 atm

9. La densidad del gas  $CO_2$  ( $M=44$ ) a  $27^\circ C$  y 1 atm ( $R=0,082$ ) es:

- a) 0,89 g/L    b) 3,20 g/L    c) 1,25 g/L    d) 2,45 g/L  
e) 1,79 g/L

10. Cuando la temperatura absoluta de un gas en recipiente cerrado aumenta 100%, la presión:

- a) no cambia    b) aumenta en 50%    c) también aumenta 100%  
d) aumenta 200%    e) disminuye 100%

11. Un gas ocupa 5 L a 2 atm y 300 K. Al pasar a 6 atm y 600 K, su nuevo volumen es:

- a) 5 L    b) 10 L    c) 1,67 L    d) 3,33 L    e) 2 L

12. La masa molecular de un gas cuya densidad es 1,43 g/L a CN (CN: 22,4 L/mol) es:

- a) 32 g/mol    b) 44 g/mol    c) 28 g/mol    d) 16 g/mol  
e) 2 g/mol

13. ¿A qué temperatura ( $^\circ C$ ) ocupa 1 mol de un gas ideal 41 L a 2 atm? ( $R=0,082$ )

- a)  $453^\circ C$     b)  $999^\circ C$     c)  $726^\circ C$     d)  $127^\circ C$   
e)  $180^\circ C$

14. Mezcla de 1 mol Ar, 2 mol Ne y 2 mol He. La fracción molar del Ar es:

- a) 0,25    b) 0,4    c) 0,1    d) 0,5    e) 0,2

15. Un recipiente rígido con gas a  $27^\circ C$  y 4 atm se calienta hasta que la presión llega a 6 atm. La temperatura final es:

- a)  $450^\circ C$     b)  $300^\circ C$     c)  $154^\circ C$     d)  $177^\circ C$   
e)  $127^\circ C$

### TAREA PARA CASA

Un tanque de  $N_2$  contiene el gas a 2 atm y 250 K en un volumen de 20,5 L. Calcula: (a) la masa de  $N_2$  ( $R=0,082$ ); (b) si se calienta hasta 500 K a volumen constante, la nueva presión; (c) si una mezcla de 3 mol Ar y 2 mol Ne tiene  $P$  total=5 atm, determina la presión parcial y fracción molar de cada gas.

# Agua Viva

*¡Preparando para triunfar!*

## TRUJILLO

## SESIÓN 5

### REACCIONES QUÍMICAS

**PROPÓSITO:** Clasificar los tipos de reacciones químicas, balancear ecuaciones por los métodos del tanteo y redox (transferencia de electrones), identificar los agentes oxidante y reductor, y aplicar los conceptos de entalpía y espontaneidad.

#### I. MARCO TEÓRICO

##### II Concepto y Evidencia de Reacción

Una **reacción química** es un proceso en el que se rompen y forman enlaces, transformando sustancias llamadas **reactantes** en nuevas sustancias llamadas **productos**. Las evidencias observables incluyen: cambio de color, formación de precipitado, producción de gas, cambio de temperatura y emisión de luz.

**Ley de Lavoisier (1789):** En toda reacción química la masa total de los reactantes es igual a la masa total de los productos. La materia no se crea ni se destruye, solo se transforma.

##### 12 Clasificación de Reacciones

Tipo	Forma general	Ejemplo	Aplicación
Síntesis / Combinación	$A + B \rightarrow AB$	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	Producción de amoníaco (Haber-Bosch)
Descomposición	$AB \rightarrow A + B$	$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$	Obtención de $O_2$ en laboratorio
Adición (no metales)	$A + BC \rightarrow ABC$	$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$	Fabricación de ácido sulfúrico
Desplazamiento simple	$A + BC \rightarrow AC + B$	$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$	Obtención de $H_2$ en laboratorio
Doble desplazamiento	$AB + CD \rightarrow AD + CB$	$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$	Neutralización ácido-base
Exotérmica	Reactantes $\rightarrow$ Productos + Q	Combustión $CH_4$	Calefacción, motor
Endotérmica	Reactantes + Q $\rightarrow$ Productos	Fotosíntesis	Almacenamiento de energía

##### 13 Balanceo por Tanteo

El **método del tanteo** consiste en ajustar los coeficientes de la ecuación para que el número de átomos de cada elemento sea igual en reactantes y productos. Orden sugerido: (1) metales  $\rightarrow$  (2) no metales  $\rightarrow$  (3) hidrógeno  $\rightarrow$  (4) oxígeno.

**Suma de coeficientes:** En química pre-universitaria se pide frecuentemente la suma de los coeficientes de la ecuación balanceada. Ejemplo:  
 $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2 \rightarrow$  suma =  $2+6+2+3 = 13$ .

##### 14 Reacciones Redox (Transferencia de Electrones)

Semirreacción	Proceso	NO.	Agente
Oxidación	Pierde electrones	Aumenta (+)	Reductor (AR) – se oxida
Reducción	Gana electrones	Disminuye (-)	Oxidante (AO) – se reduce

**Regla mnemotécnica OIL-RIG:** OIL: Oxidation Is Loss (oxidación = pierde  $e^-$ ). RIG: Reduction Is Gain (reducción = gana  $e^-$ ). El agente oxidante (AO) gana  $e^-$  y se reduce. El agente reductor (AR) pierde  $e^-$  y se oxida.

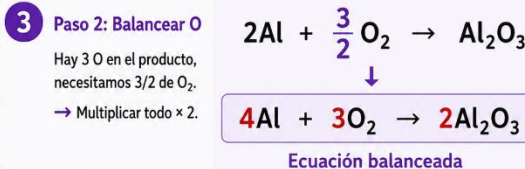
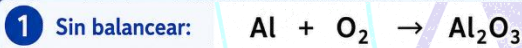
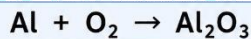
**Dismutación (autoredox):** Un mismo elemento actúa simultáneamente como oxidante (se reduce) y como reductor (se oxida). Ejemplo:  $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ . El O pasa de -1 a -2 (se reduce) y de -1 a 0 (se oxida).

**RECUERDA**

- Ley de Lavoisier: masa total reactantes = masa total productos.
- Tipos: síntesis, descomposición, adición, desplazamiento simple y doble.
- Redox: oxidación = pierde e<sup>-</sup> (NO. sube). Reducción = gana e<sup>-</sup> (NO. baja).
- AO se reduce (gana e<sup>-</sup>). AR se oxida (pierde e<sup>-</sup>). OIL-RIG.
- ΔH < 0 = exotérmica (libera calor). ΔH > 0 = endotérmica (absorbe calor).

**2 EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN**

**EJEMPLO 1 — Balancear por tanteo**



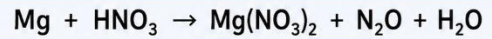
**4 Verificación:**

Elemento	Reactivos		Productos	
	Fórmula	Total	Fórmula	Total
Al	4Al	4	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4
O	3O <sub>2</sub>	6	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6

Reactivos: 4Al, 6O  
Productos: 4Al, 6O  
¡Está balanceada!

Suma de coeficientes =  $4 + 3 + 2 = 9$

**EJEMPLO 2 — Redox**



**1 Identificar cambios de N.O.**

Mg: 0 → +2  
(pierde 2e<sup>-</sup>, se oxida)  
AR (Agente Reductor)

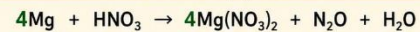
N en HNO<sub>3</sub>: +5 → N en N<sub>2</sub>O: +1  
(gana 4e<sup>-</sup>, se reduce)  
AO (Agente Oxidante)

**2 Igualar e<sup>-</sup> (electrones)**

Mg pierde 2e<sup>-</sup>  
 $Mg^0 \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

Para igualar e<sup>-</sup>:  
m.c.m. de 2 y 4 = 4  
→ necesitamos  
2 N y 4 Mg  
(2 × 4 = 4 × 2)

N gana 4e<sup>-</sup> (por cada N)  
 $N^{+5} \rightarrow N^{+1} + 4e^-$



**3 Balancear H y O por tanteo**

**Reactivos**

$4Mg + 10HNO_3 \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

Reactivos	Productos
H: 10	En 4Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> : O = 24
O: 30	En N <sub>2</sub> O: O = 1
	En 5H <sub>2</sub> O: O = 5
	Total H: 10
	Total O: 30

**4 Verificación**

Elemento	Reactivos		Productos	
	Fórmula	Total	Fórmula	Total
Mg	4Mg	4	4Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4
N	10HNO <sub>3</sub>	10	4Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (8 N) + N <sub>2</sub> O (2 N)	10
H	10HNO <sub>3</sub>	10	5H <sub>2</sub> O	10
O	10HNO <sub>3</sub>	30	4Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (24 O) + N <sub>2</sub> O (1 O) + 5H <sub>2</sub> O (5 O)	30

¡Está balanceada!  
Reactivos: Mg 4, N 10, H 10, O 30  
Productos: Mg 4, N 10, H 10, O 30

Suma de coeficientes:  $4 + 10 + 4 + 1 + 5 = 24$

**EJEMPLO 3 — Determinar AO, AR, forma oxidada y reducida**



**1 Asignar números de oxidación (N.O.)**

HNO <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	HIO <sub>3</sub>	NO	H <sub>2</sub> O
H: +1	I: 0	H: +1	N: x	H: +1 (x2)
N: x		I: x	O: -2	O: x
O: -2 (x3)		O: -2 (x3)		
$x + 1 - 6 = 0$	$I = 0$	$1 + x - 6 = 0$	$x - 2 = 0$	$2 + x = 0$
<b>N = +5</b>		<b>I = +5</b>	<b>N = +2</b>	<b>O = -2</b>

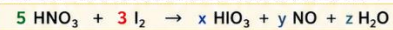
**2 Identificar cambios de N.O., AO, AR y formas**

N en HNO <sub>3</sub> : +5 → N en NO: +2 Cambio: -3 (gana e <sup>-</sup> , se reduce) HNO <sub>3</sub> = AO (Agente Oxidante)	I en I <sub>2</sub> : 0 → I en HIO <sub>3</sub> : +5 Cambio: +5 (pierde e <sup>-</sup> , se oxida) I <sub>2</sub> = AR (Agente Reductor)
Forma oxidada (del N): HNO <sub>3</sub> (N +5)	Forma reducida (del N): NO (N +2)
Forma reducida (del I): I <sub>2</sub> (I 0)	Forma oxidada (del I): HIO <sub>3</sub> (I +5)

**3 Igualar electrones (método ion-electrón)**

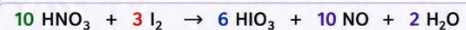
e <sup>-</sup> ganados por N = 3 (por cada N) N: +5 → +2 (gana 3e <sup>-</sup> )	MCM(3,5) = 15	e <sup>-</sup> perdidos por I = 5 (por cada I) I: 0 → +5 (pierde 5e <sup>-</sup> )
Para que N gane 15 e <sup>-</sup> : $15 / 3 = 5 N$ → 5 HNO <sub>3</sub> (AO)	Para igualar: <b>15 e<sup>-</sup></b>	Para que I pierda 15 e <sup>-</sup> : $15 / 5 = 3 I$ → 3 I (pero I <sub>2</sub> )

Ecuación con coeficientes redox (sin balancear H y O):



Como el yodo está en I<sub>2</sub>, necesitamos 3/2 I<sub>2</sub>. Multiplicamos todo × 2 para obtener coeficientes enteros.

**4 Balancear H y O por tanteo**



Comprobación rápida de H y O:	Reactivos	Productos
	H: 10	H: (6) + (2×2) = 10
	O: 30	O: (6×3) + (10×1) + (2×1) = 30

**5 Verificación de átomos**

Elemento	Reactivos		Productos	
	Fórmula	Total	Fórmula	Total
H	10HNO <sub>3</sub>	10	6HIO <sub>3</sub> + 10NO + 2H <sub>2</sub> O	10
N	10HNO <sub>3</sub>	10	10NO	10
I	3I <sub>2</sub>	6	6HIO <sub>3</sub>	6
O	10HNO <sub>3</sub>	30	6HIO <sub>3</sub> + 10NO + 2H <sub>2</sub> O	30

¡Está balanceada!  
Todos los átomos están balanceados.  
¡Ecuación balanceada correctamente!

Suma de coeficientes:  $10 + 3 + 6 + 10 + 2 = 31$

### 3. PRÁCTICA

#### I. Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.

1. ¿Cuál es una reacción de adición?

- a)  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$       b)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   
 c)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$       d)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$   
 e)  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$

2. La suma de coeficientes al balancear:  $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$  es:

- a) 5      b) 4      c) 3      d) 6      e) 7

3. ¿Cuál es el agente reductor en:  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ?

- a)  $\text{HNO}_3$       b)  $\text{H}_2\text{O}$       c)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   
 d)  $\text{Cu}$       e)  $\text{NO}_2$

4. La reacción  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  es un ejemplo de:

- a) Doble desplazamiento      b) Reducción simple  
 c) Neutralización      d) Síntesis      e) Dismutación (autoredox)

5. La combustión del propano  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ : suma de coeficientes es:

- a) 5      b) 13      c) 10      d) 8      e) 12

6. En:  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ . El Zn pasa de 0 a +2:

- a) Se oxida (pierde  $2e^-$ ), es el agente reductor  
 b) No cambia su estado de oxidación  
 c) Se reduce (pierde  $2e^-$ ), es el agente oxidante  
 d) Se oxida (gana  $2e^-$ ), es el agente reductor  
 e) Se reduce (gana  $2e^-$ ), es el agente oxidante

7. En:  $\text{P}_4 + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{NaH}_2\text{PO}_2 + \text{PH}_3$ . El tipo de reacción es:

- a) Síntesis      b) Descomposición      c) Doble desplazamiento  
 d) Dismutación del fósforo      e) Combustión incompleta

8. Al balancear:  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2$ , la suma de coeficientes es:

- a) 15      b) 8      c) 18      d) 12      e) 10

9. ¿Cuál de las siguientes NO es una reacción exotérmica?

- a) Combustión      b) Reacción  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$   
 c) Oxidación de metales      d) Neutralización  
 e) Fotosíntesis

10. En la semirreacción:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ , el Cr pasa de:

- a) NO. +7 a +3 (se reduce)      b) NO. +3 a +6 (se oxida)  
 c) NO. +6 a +3 (se reduce)      d) NO. +3 a 0 (se oxida)  
 e) NO. +6 a 0 (se reduce)

11. Balancear:  $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . La suma de coeficientes es:

- a) 24      b) 30      c) 48      d) 36      e) 18

12. En redox:  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ . El AO y AR son:

- a)  $\text{AO}=\text{MnO}_4^-$ ;  $\text{AR}=\text{Fe}^{2+}$       b)  $\text{AO}=\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{AR}=\text{Mn}^{2+}$   
 c)  $\text{AO}=\text{H}^+$ ;  $\text{AR}=\text{Fe}^{2+}$       d)  $\text{AO}=\text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{AR}=\text{MnO}_4^-$   
 e)  $\text{AO}=\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{AR}=\text{H}^+$

13. Para la reacción:  $\text{C}_7\text{H}_{16} + 11\text{O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ , la suma de coeficientes es:

- a) 22      b) 30      c) 27      d) 24      e) 18

14. ¿Cuántos electrones transfiere el Mn al pasar de  $\text{MnO}_4^-$  (NO.=+7) a  $\text{MnO}_2$  (NO.=+4) por ion?

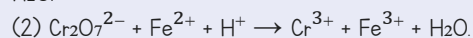
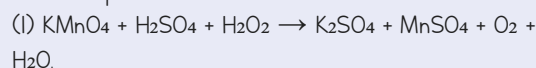
- a) 4 electrones      b) 2 electrones      c) 5 electrones  
 d) 7 electrones      e) 3 electrones

15. Al balancear por redox:  $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{dil}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ , los coeficientes de Cu:NO son:

- a) 1:1      b) 2:1      c) 1:2      d) 3:2      e) 2:3

#### TAREA PARA CASA

Balancea por el método redox:



Para cada reacción: identifica el AO, AR, la forma oxidada, la forma reducida y los coeficientes finales balanceados.

**TRUJILLO**

## SESIÓN 6

### ESTEQUIOMETRÍA

**PROPÓSITO:** Aplicar las relaciones estequiométricas (molar, másica y volumétrica) para resolver problemas cuantitativos de reacciones químicas, incluyendo reactivo limitante, pureza de reactivos y rendimiento de reacción.

**Identificar el RL:** Calcular los moles disponibles de cada reactivo. Dividir entre el coeficiente estequiométrico. El reactivo que dé el menor cociente es el limitante.

#### I. MARCO TEÓRICO

#### I.4 Pureza y Rendimiento

$$\text{Masa pura} = \text{Masa muestra} \times (\% \text{pureza} / 100)$$

$$\text{Masa real} = \text{Masa teórica} \times (\text{Rendimiento}\% / 100)$$

#### II Definición y Fundamento

La **estequiometría** estudia las relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en una reacción química. Se basa en las **leyes ponderales**: conservación de masa (Lavoisier, 1789), proporciones definidas (Proust, 1799) y proporciones múltiples (Dalton, 1804).

#### I.5 Contracción Volumétrica

**Contracción volumétrica (CV):** Reducción del volumen total de gases durante una reacción. Se calcula con los coeficientes gaseosos:

$$\text{CV}\% = [(\sum \text{Vol. reactivos} - \sum \text{Vol. productos}) / \sum \text{Vol. reactivos}] \times 100$$

**Principio fundamental:** Los coeficientes de una ecuación balanceada representan la relación entre moles de reactantes y productos. A partir de ellos se pueden calcular masas, volúmenes y número de partículas de cualquier especie involucrada.



Vol. reactivos = 1+3=4;

Vol. productos = 2. CV = (4-2)/4 × 100 = 50%.

El volumen disminuye a la mitad.

#### I.2 Procedimiento General

**Pasos para resolver problemas estequiométricos:** 1. Escribir y balancear la ecuación. 2. Identificar lo dado (masa, mol, volumen, partículas). 3. Convertir dato a moles. 4. Aplicar la relación de coeficientes (regla de 3). 5. Convertir moles del producto a las unidades pedidas.

$$\text{Coeficientes} \leftrightarrow \text{moles} \leftrightarrow \text{masa(g)} \\ \leftrightarrow \text{Vol(CN)} \leftrightarrow \text{N}^\circ \text{partículas}$$

#### RECUERDA

- Balancear siempre ANTES de calcular relaciones estequiométricas.
- Coeficientes = moles. 1 mol de gas a CN = 22,4 L.
- Reactivo limitante: divide moles disponibles entre coeficiente; el menor es el RL.
- Rendimiento: masa real = masa teórica × (RR/100).
- Pureza: masa pura = masa muestra × (%pureza/100).

#### I.3 Reactivo Limitante y Reactivo en Exceso

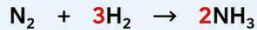
**Reactivo limitante (RL):** Es el que se consume completamente primero y determina la cantidad máxima de producto que puede formarse.

**Reactivo en exceso (RE):** Es el que sobra al terminar la reacción. Su masa sobrante = masa inicial - masa que reaccionó.

**2. EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN**

**EJEMPLO 1 — Masa de NH<sub>3</sub> producida a partir de 42 g de N<sub>2</sub> (N = 14, H = 1)**

**1. Ecuación química balanceada**



**2. Masas molares**

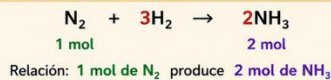
- $M(\text{N}_2) = (2 \times 14) \text{ g/mol} = 28 \text{ g/mol}$
- $M(\text{NH}_3) = (14 + 3 \times 1) \text{ g/mol} = 17 \text{ g/mol}$

**3. Moles de N<sub>2</sub> disponibles**

$$n(\text{N}_2) = \frac{\text{masa}}{M(\text{N}_2)}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{42 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

**4. Relación estequiométrica**



**5. Moles de NH<sub>3</sub> que se producen**

$$n(\text{NH}_3) = n(\text{N}_2) \times \text{relación estequiométrica}$$

$$n(\text{NH}_3) = 1,5 \text{ mol} \times 2 = 3 \text{ mol}$$

**6. Masa de NH<sub>3</sub> producida**

$$\text{masa}(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \times M(\text{NH}_3)$$

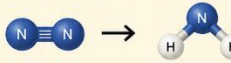
$$\text{masa}(\text{NH}_3) = 3 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol} = 51 \text{ g}$$

**Resumen del cálculo**

- 1  $n(\text{N}_2) = 42/28 = 1,5 \text{ mol}$
- 2 Relación: 1 mol N<sub>2</sub> → 2 mol NH<sub>3</sub>
- 3  $n(\text{NH}_3) = 1,5 \times 2 = 3 \text{ mol}$
- 4  $\text{masa}(\text{NH}_3) = 3 \times 17 = 51 \text{ g}$

**Respuesta:**

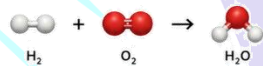
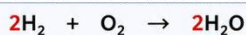
Se producen **51 g de NH<sub>3</sub>**  
a partir de 42 g de N<sub>2</sub>.



Datos: N = 14, H = 1

**EJEMPLO 2 — Reactivo limitante:  
4 g H<sub>2</sub> + 32 g O<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O**

**1 Ecuación balanceada**



**2 Moles disponibles de cada reactivo**

Para H<sub>2</sub>

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{\text{masa}}{M(\text{H}_2)} = \frac{4 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

Para O<sub>2</sub>

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{\text{masa}}{M(\text{O}_2)} = \frac{32 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$$

**3 Cociente estequiométrico (para RL)**

Reactivo	n disponibles (mol)	Coefficiente en la ecuación	Cociente (n / coef.)
H <sub>2</sub>	2 mol	2	2 / 2 = 1
O <sub>2</sub>	1 mol	1	1 / 1 = 1

Los cocientes son iguales (1 y 1)  
↓  
Ambos reactivos se agotan exactamente.  
**No hay reactivo limitante.**

**4 Moles y masa de H<sub>2</sub>O producida**

Relación en la ecuación:  
2 mol H<sub>2</sub> → 2 mol H<sub>2</sub>O  
1 : 1

Como ambos se consumen completamente:  
n(H<sub>2</sub>O) = 2 mol

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$\text{masa}(\text{H}_2\text{O}) = n \times M = 2 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 36 \text{ g}$$

**5 ¿Qué pasa si las cantidades no están en proporción estequiométrica?**

Ejemplo: 3 mol H<sub>2</sub> y 1 mol O<sub>2</sub>

Reactivo	n disponibles (mol)	Coefficiente	Cociente (n / coef.)
H <sub>2</sub>	3 mol	2	3 / 2 = 1,5
O <sub>2</sub>	1 mol	1	1 / 1 = 1

El menor cociente es 1 (para O<sub>2</sub>)  
↓  
**O<sub>2</sub> es el reactivo limitante.**  
↓  
H<sub>2</sub> está en exceso.  
(se consumirá todo el O<sub>2</sub> primero)

**Resumen del ejemplo inicial (4 g H<sub>2</sub> + 32 g O<sub>2</sub>)**

- ✓ No hay reactivo limitante.
- ✓ Se forman 2 mol de H<sub>2</sub>O.

$$\text{masa}(\text{H}_2\text{O}) = 36 \text{ g}$$

- Datos:
- $M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$
  - $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$
  - $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$

**EJEMPLO 3 — Con pureza y rendimiento**



**DATOS:**

- 560 g de mineral con 80% de Fe puro
- Rendimiento del proceso = 75%

**1 Masa pura de Fe en el mineral**

Pureza = 80% → fracción = 0,80

$$\text{Masa pura de Fe} = \text{masa del mineral} \times \text{fracción de pureza}$$

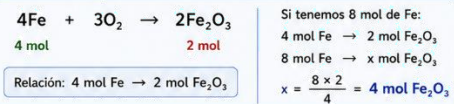
$$= 560 \text{ g} \times 0,80 = 448 \text{ g}$$

**2 Moles de Fe disponibles**

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ g/mol}$$

$$n(\text{Fe}) = \frac{\text{masa}}{M(\text{Fe})} = \frac{448 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 8 \text{ mol}$$

**3 Relación estequiométrica**



**4 Masa teórica de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

$$M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = (2 \times 56) + (3 \times 16) = 160 \text{ g/mol}$$

$$\text{Masa teórica} = n \times M = 4 \text{ mol} \times 160 \text{ g/mol} = 640 \text{ g}$$

- Masa molar:
- Fe = 56 g/mol
  - O = 16 g/mol
  - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 160 g/mol

**5 Masa real considerando el rendimiento**

Rendimiento (RR) = 75% = 0,75

$$\text{Masa real} = \text{Masa teórica} \times \text{RR}$$

$$= 640 \text{ g} \times 0,75 = 480 \text{ g}$$

El rendimiento indica qué fracción de la masa teórica se obtiene realmente en el proceso.

**RESUMEN DEL PROBLEMA**

- Mineral inicial: 560 g
- Pureza del Fe: 80%
- Masa pura de Fe: 448 g
- Moles de Fe: 8 mol
- Moles teóricos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 4 mol
- Masa teórica de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 640 g
- Rendimiento del proceso: 75%

**RESULTADO FINAL**

Masa real de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> producida =  
**480 g**

Respuesta: Se obtienen 480 g de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reales con un mineral de 560 g al 80% de pureza y un rendimiento del 75%.

**3. PRÁCTICA**

**I Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.**

1.  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ . Si reaccionan 12 mol de H<sub>2</sub>, los moles de NH<sub>3</sub> producidos son:

- a) 20 mol    b) 10 mol    c) 8 mol    d) 4 mol  
e) 2 mol

2.  $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ . Si reaccionan 24 mol de HCl, los moles de H<sub>2</sub> producidos son:

- a) 12 mol    b) 15 mol    c) 6 mol    d) 18 mol  
e) 24 mol

3.  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ . La masa de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> formada a partir de 56 g de Fe (Fe=56) es:

- a) 40 g    b) 160 g    c) 560 g  
d) 80 g    e) 112 g

4. ¿Cuántos litros de O<sub>2</sub> a CN se obtienen de 490 g de KClO<sub>3</sub>? ( $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ , M=122,5)

- a) 224 L    b) 56 L    c) 112 L  
d) 1344 L    e) 134,4 L

5.  $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ . La contracción volumétrica es:

- a) 0%    b) 33,3%    c) 50%  
d) 25%    e) 66,7%

6.  $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Los L de  $\text{O}_2$  a CN para obtener 1 mol de  $\text{N}_2$ :

- a) 33,6 L    b) 67,2 L    c) 44,8 L  
d) 16,8 L    e) 22,4 L

7.  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ . Si reaccionan 63,5 g de Cu, los g de  $\text{H}_2\text{O}$  son:

- a) 36 g    b) 48 g    c) 18 g  
d) 24 g    e) 72 g

8. ¿Cuántos g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (M=142) se obtienen de 0,5 mol de NaOH? ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ )

- a) 35,5 g    b) 71 g    c) 45,5 g  
d) 22,4 g    e) 32,5 g

9.  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ . La contracción volumétrica es:

- a) 25%    b) 100%    c) 75%  
d) 50%    e) 0%

10. Mineral con 30% de PbS (M=239, Pb=207). Con 2390 kg de mineral y RR=80%, los kg de Pb son:

- a) 160 kg    b) 239 kg    c) 207 kg  
d) 300 kg    e) 180 kg

11. Para 2 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : ¿cuántos moles de Fe se necesitan según  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?

- a) 3 mol    b) 6 mol    c) 8 mol  
d) 4 mol    e) 2 mol

12. La eficiencia de una reacción produce 18 g de  $\text{H}_2\text{O}$  de 30 g teóricos. El rendimiento es:

- a) 60%    b) 30%    c) 80%  
d) 40%    e) 90%

13. Mineral con 75% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (M=160): ¿cuántos kg de Fe (Fe=56) hay en 320 kg de mineral?

- a) 168 kg    b) 112 kg    c) 84 kg  
d) 75 kg    e) 56 kg

14.  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ . Si se usan 160 g de  $\text{SO}_2$  (M=64) y exceso de  $\text{O}_2$ , la masa de  $\text{SO}_3$  (M=80) producida es:

- a) 320 g    b) 80 g    c) 160 g  
d) 240 g    e) 200 g

15. Para 100 g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (M=74) con 80% de pureza: ¿cuántos mol de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  puro hay?

- a) 0,8 mol    b) 0,54 mol    c) 1,35 mol  
d) 1,08 mol    e) 2,16 mol

TRUJILLO

¡Preparando para triunfar!

## SESIÓN 7

### UNIDADES DE CONCENTRACIÓN QUÍMICA

**PROPÓSITO:** Calcular y convertir entre las principales unidades de concentración química (fracción molar, molaridad, normalidad y molalidad) y resolver problemas de dilución, mezcla de soluciones y neutralización ácido-base.

**Normalidad (N):** Número de equivalentes-gramo de soluto disueltos en 1 litro de solución. Relacionada con la molaridad mediante el parámetro theta ( $\theta$ ).

$$N = n_{\text{eq}} / V_{\text{sol}}(\text{L}) \quad | \quad N = M \times \theta \quad | \quad \text{Peso equivalente} = M_{\text{mol}} / \theta$$

#### I. MARCO TEÓRICO

#### II Soluciones – Conceptos Básicos

**Solución:** Mezcla homogénea de dos o más componentes. El **soluto** es el componente que se disuelve (menor cantidad). El **solvente** es el componente que disuelve (mayor cantidad). La **concentración** cuantifica la cantidad de soluto por unidad de solución o solvente.

#### 12 Fracción Molar (X)

**Fracción molar (X):** Relación del número de moles de un componente respecto al número total de moles de la mezcla. Es adimensional (sin unidades).

$$X_i = n_i / n_t \quad | \quad X_{\text{soluto}} + X_{\text{solvente}} = 1 \quad | \quad \sum X_i = 1$$

#### 13 Molaridad (M)

**Molaridad (M) o concentración molar:** Número de moles de soluto disueltos en 1 litro de solución. Unidad: mol/L (también escrito como M).

$$M = n_{\text{soluto}} / V_{\text{sol}}(\text{L}) \quad | \quad M = \text{masa}(\text{g}) / (M_{\text{mol}} \times V_{\text{sol}}(\text{L}))$$

Si se conoce densidad y porcentaje en masa:  $M = (10 \times D \times \% \text{masa}) / M_{\text{mol}}$  donde D = densidad de la solución en g/mL.

#### 14 Normalidad (N)

Tipo de sustancia	Parámetro $\theta$	Ejemplo
Ácidos	Nº de H ionizables	HCl: $\theta=1$ ; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : $\theta=2$ ; H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : $\theta=3$
Bases (hidróxidos)	Nº de OH sustituibles	NaOH: $\theta=1$ ; Ca(OH) <sub>2</sub> : $\theta=2$ ; Al(OH) <sub>3</sub> : $\theta=3$
Sales	Carga neta del catión	NaCl: $\theta=1$ ; CaCl <sub>2</sub> : $\theta=2$ ; AlCl <sub>3</sub> : $\theta=3$
Óxidos	Carga total del O aportado	Na <sub>2</sub> O: $\theta=2$ ; CaO: $\theta=2$ ; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : $\theta=6$
Redox	Nº de e <sup>-</sup> transferidos por fórmula	KMnO <sub>4</sub> (Mn+7 → +2): $\theta=5$

#### 15 Molalidad (m)

**Molalidad (m):** Número de moles de soluto por kilogramo de SOLVENTE (no de solución). Ventaja: no depende de la temperatura, pues se usa masa, no volumen.

$$m = n_{\text{soluto}} / \text{masa}_{\text{solvente}}(\text{kg}) \quad [\text{unidad: mol} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{mola}]$$

#### 16 Dilución, Mezcla y Neutralización

**Dilución (agregar solvente):**  $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$ . El número de moles de soluto se conserva. Aplica para M o N.

**Mezcla de soluciones (mismo soluto):**  $C_1V_1 + C_2V_2 = C_3V_3$  donde  $V_3 = V_1 + V_2$ .

**Neutralización (ácido-base):**  $V_{\text{ácido}} \times N_{\text{ácido}} = V_{\text{base}} \times N_{\text{base}}$  (Ley de equivalentes). Esta relación indica que los equivalentes de ácido igualan los de base.

**RECUERDA**

- Fracción molar:  $X_i = n_i/n_t$  Suma de todas las fracciones = 1. Sin unidades.
- Molaridad  $M = \text{mol soluto/L solución}$ . Con densidad y %:  $M = \text{IOD\%/Mmol}$ .
- Normalidad  $N = M \times \theta$ .  $\theta$  depende del tipo de reacción (ácido-base o redox).
- Molalidad  $m = \text{mol soluto/kg SOLVENTE}$  (no de solución). No depende de T.
- Neutralización:  $V_{\text{ácido}} \times N_{\text{ácido}} = V_{\text{base}} \times N_{\text{base}}$ .

**2. EJEMPLOS DE RESOLUCIÓN**

**EJEMPLO 1 MOLARIDAD DE NaOH:**  
40 g en 500 mL de solución

**DATOS**

- Masa de NaOH = 40 g
- Masa molar (NaOH) =  $40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Volumen de solución = 500 mL

**FÓRMULA DE MOLARIDAD**

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

M = molaridad (mol/L)  
n = moles de soluto (mol)  
V = volumen de solución (L)

**1 CÁLCULO DE MOLES DE NaOH**

$$n(\text{NaOH}) = \frac{40 \text{ g}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

**2 VOLUMEN DE LA SOLUCIÓN**

$$V_{\text{sol}} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

**3 CÁLCULO DE MOLARIDAD (M)**

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 2 \text{ mol/L}$$

**RESUESTA:**  
La molaridad es **2 M**.

**NORMALIDAD (N)**

NaOH es una base que aporta 1 grupo  $\text{OH}^-$   
 $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

Factor de equivalencia ( $\theta$ ) = 1

$$N = M \times \theta$$

$$N = 2 \times 1 = 2 \text{ N}$$

**RESUESTA:**  
La normalidad es **2 N**.

**RESUMEN**

- Molaridad (M) = 2 M
- Normalidad (N) = 2 N



**EJEMPLO 2 — DILUCIÓN**

Preparar 500 mL de HCl 0,2 M a partir de HCl 2 M

**DATOS**

- $C_1 = 2 \text{ M}$  (concentración inicial)
- $C_2 = 0,2 \text{ M}$  (concentración final)
- $V_2 = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$  (volumen final)
- $V_1 = ?$  (volumen de solución concentrada)

**FÓRMULA DE DILUCIÓN**

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$C_1$  = concentración inicial  
 $C_2$  = concentración final  
 $V_1$  = volumen de solución inicial  
 $V_2$  = volumen de solución final

**CÁLCULO DE  $V_1$**

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{0,2 \times 0,5}{2}$$

$$V_1 = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ L}$$

$$V_1 = 0,05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$$

**PROCEDIMIENTO**

- 1 Tomar 50 mL de HCl 2 M.
- 2 Transferir a un matraz aforado de 500 mL.
- 3 Añadir agua destilada hasta la marca de 500 mL y mezclar.



**RESUESTA:**

Se necesitan **50 mL** de la solución concentrada (HCl 2 M).

**EJEMPLO 3 — NEUTRALIZACIÓN**

¿Qué volumen de NaOH 0,5 N neutraliza 40 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N?

**DATOS**

- $V_1 = 40 \text{ mL} = 0,04 \text{ L}$  (volumen del ácido  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- $N_1 = 1 \text{ N}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- $N_2 = 0,5 \text{ N}$  (NaOH)
- $V_2 = ?$  (volumen de NaOH requerido)

**LEY DE EQUIVALENTES**

$$V_{\text{ácido}} \times N_{\text{ácido}} = V_{\text{base}} \times N_{\text{base}}$$

En este caso:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

**CÁLCULO DEL VOLUMEN DE NaOH ( $V_2$ )**

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$0,04 \times 1 = V_2 \times 0,5$$

$$0,04 = 0,5 V_2$$

$$V_2 = \frac{0,04}{0,5} = 0,08 \text{ L}$$

$$V_2 = 0,08 \text{ L} = 80 \text{ mL}$$

**VERIFICACIÓN (Equivalentes)**

Equivalentes del ácido

$$\text{Eq}(\text{H}_2\text{SO}_4) = V_1 \times N_1$$

$$= 0,04 \text{ L} \times 1 \text{ N}$$

$$= 0,04 \text{ Eq}$$

Equivalentes de la base

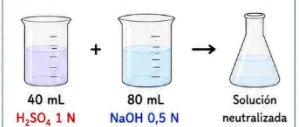
$$\text{Eq}(\text{NaOH}) = V_2 \times N_2$$

$$= 0,08 \text{ L} \times 0,5 \text{ N}$$

$$= 0,04 \text{ Eq}$$

Los equivalentes son iguales. La neutralización es correcta.

**REACCIÓN QUÍMICA**



**RESUESTA:**

Se necesitan **80 mL** de NaOH 0,5 N para neutralizar 40 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N.

**3. PRÁCTICA**

**I Preguntas de Selección: Marca la respuesta correcta.**

1. Se mezclan 5 mol de etanol y 3 mol de éter. La fracción molar del etanol es:

- a) 3/8    b) 1    c) 5/8    d) 5/3    e) 3/5

2. Se disuelven 20 g de NaOH en 200 mL de solución. La molaridad es (M<sub>NaOH</sub>=40):

- a) 2,5 M    b) 5 M    c) 10 M  
d) 2 M    e) 1 M

3. La normalidad de 200 mL con 8 g de NaOH (M=40) es:

- a) 2 N    b) 4 N    c) 5 N    d) 1 N    e) 3 N

4. La masa de NaOH en 500 mL de solución 2 M (M<sub>NaOH</sub>=40) es:

- a) 20 g    b) 60 g    c) 80 g  
d) 10 g    e) 40 g

5. Los gramos de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (M=98) para 2 L de solución 4 M son:

- a) 78,4 g    b) 784 g    c) 98 g  
d) 196 g    e) 392 g

6. 800 mL de solución 1 M se diluyen hasta 1 L. La nueva molaridad es:

- a) 0,8 M    b) 0,7 M    c) 0,4 M  
d) 0,65 M    e) 0,6 M

7. Se mezclan 2 L de HCl 4 M con 8 L de HCl 2 M. La concentración final es:

- a) 1 M    b) 4 M    c) 1,8 M  
d) 2,4 M    e) 3,6 M

8. La molaridad de KOH al 40% con densidad 1,4 g/mL (M<sub>KOH</sub>=56) es:

- a) 10 M    b) 16 M    c) 25 M  
d) 5 M    e) 15 M

9. Si 100 mL de NaOH 1 M se diluyen hasta 500 mL, la nueva molaridad es:

- a) 0,25 M    b) 0,215 M    c) 0,1 M  
d) 0,5 M    e) 0,2 M

10. ¿Qué volumen de HCl 1,5 M se obtiene diluyendo 2 L de HCl 4,5 M?

- a) 3 L    b) 2 L    c) 6 L  
d) 5 L    e) 4 L

11. La molaridad de 10 g de NaOH (M=40) en 500 g de agua es:

- a) 0,25 mol/kg    b) 2 mol/kg  
c) 5 mol/kg    d) 0,5 mol/kg    e) 1 mol/kg

12. ¿Qué volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N neutraliza 5,83 g de Mg(OH)<sub>2</sub> (M=58,3, θ=2)?

- a) 2 L    b) 2 mL    c) 20 mL  
d) 0,2 L    e) 22 mL

13. La normalidad de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 2 M (considerando los 3 H ionizables) es:

- a) 2 N    b) 1 N    c) 6 N  
d) 4 N    e) 3 N

14. Se mezclan 300 mL de NaOH 2 M con 200 mL de NaOH 3 M. La molaridad resultante es:

- a) 3 M    b) 2,5 M    c) 2 M  
d) 2,6 M    e) 2,4 M

15. ¿Cuántos gramos de Ca(OH)<sub>2</sub> (M=74) se necesitan para neutralizar 200 mL de HCl 1 N?

- a) 3,7 g    b) 18,5 g    c) 14,8 g  
d) 7,4 g    e) 1,85 g

**TRUJILLO**

*¡Preparando para triunfar!*