

# CIENCIA Y TECNOLOGÍA

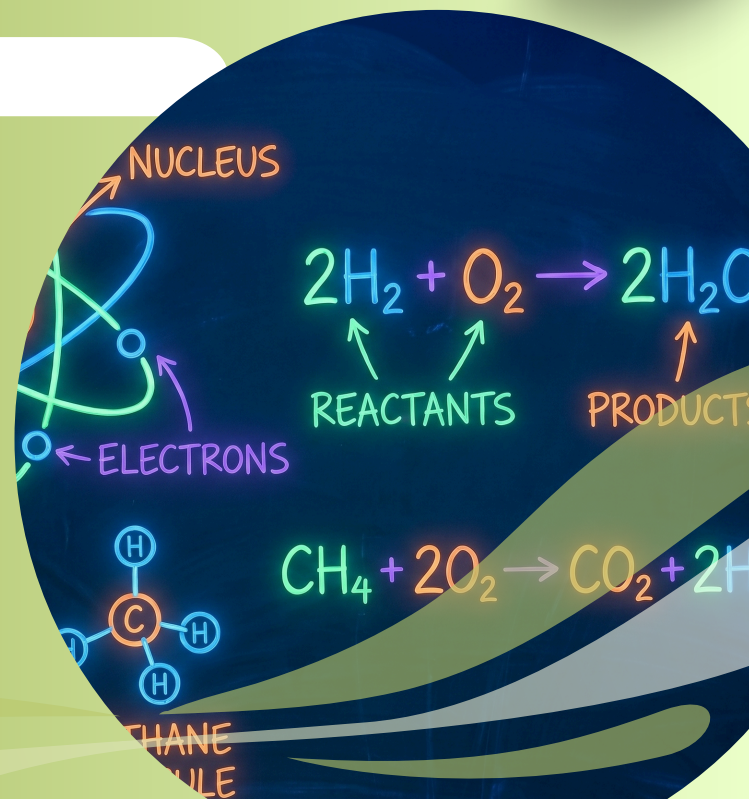


**IIBM -2026**

**3° SECUNDARIA**

**ALUMNO**

\_\_\_\_\_



Prof. Josué Arteaga Núñez

# **BIOLOGÍA**

## **TERCERO DE SECUNDARIA**

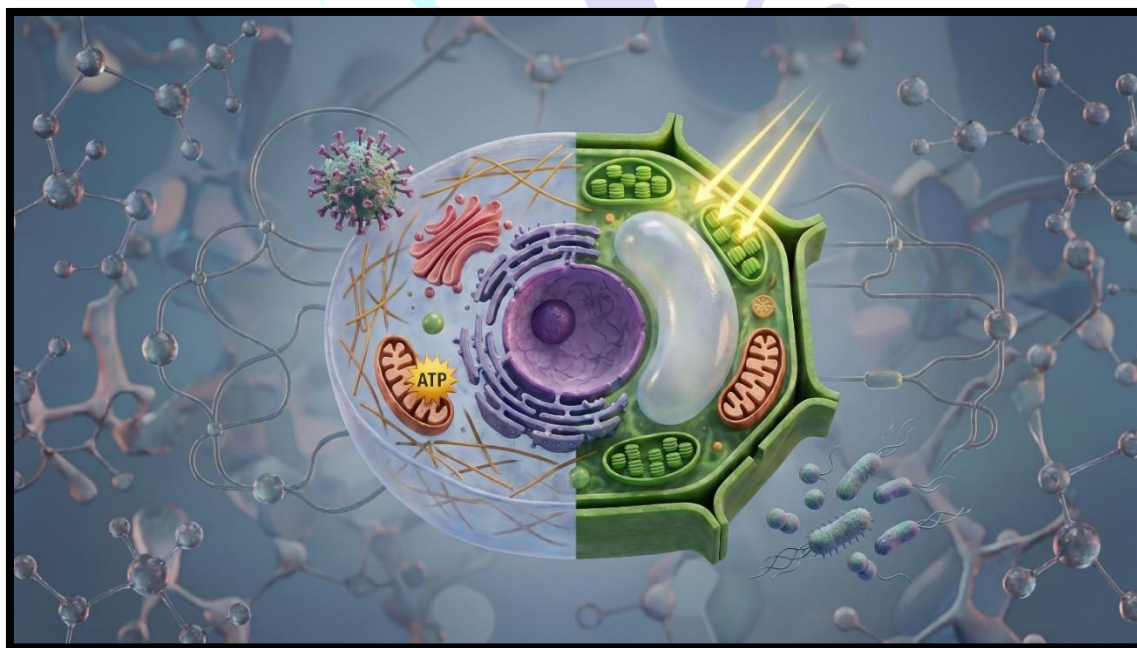
### **SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE**

Docente:

**Josué Arteaga Núñez**

### **Contenido**

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| LOS VIRUS .....                                      | 1  |
| BACTERIAS .....                                      | 5  |
| CÉLULA EUCARIOTA: SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS .....     | 8  |
| CÉLULA EUCARIOTA: MITOCONDRIAS Y CITOESQUELETO ..... | 13 |
| CÉLULA EUCARIOTA VEGETAL .....                       | 17 |
| FOTOSÍNTESIS .....                                   | 21 |
| RESPIRACIÓN CELULAR.....                             | 25 |



## SESIÓN 01

### LOS VIRUS

**PROPÓSITO:** Describir la estructura y características de los virus, reconocer su ciclo de replicación y comprender su diferencia fundamental con los organismos celulares.

#### ENTRE LO VIVO Y LO NO VIVO

Los virus son agentes infecciosos microscópicos que ocupan una posición única en la biología: se sitúan en la frontera entre lo que consideramos un ser vivo y una molécula química inerte. No son organismos vivos completos, pero tampoco son simplemente sustancias químicas inanimadas. Esta posición intermedia los convierte en uno de los objetos de estudio más apasionantes y relevantes de la biología moderna. Cuando un virus logra invadir una célula viva, aprovecha completamente su maquinaria molecular —ribosomas, enzimas, energía— para fabricar cientos de copias de sí mismo, comportándose temporalmente como si estuviera "vivo".

Desde el punto de vista biológico, los virus no se clasifican en ninguno de los cinco reinos de los seres vivos porque no cumplen los criterios mínimos: no tienen células, no poseen metabolismo independiente y no se reproducen de forma autónoma. Sin embargo, sí contienen información genética y pueden evolucionar. Esta dualidad los convierte en entidades acelulares o partículas infecciosas de enorme impacto en la historia de la humanidad.

#### ESTRUCTURA DE UN VIRUS

A pesar de su extrema sencillez —son entre 10 y 100 veces más pequeños que una célula bacteriana— los virus presentan una organización estructural muy eficaz para cumplir su única función: infectar células y replicarse. Sus componentes principales son:

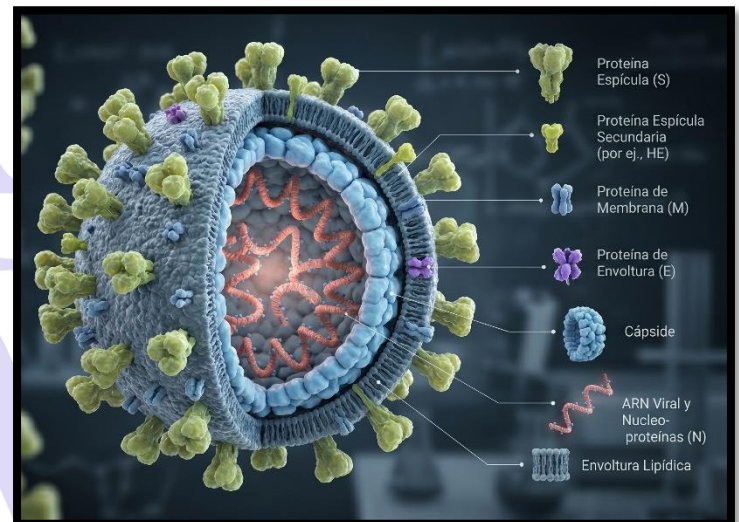
**Material genético (ADN o ARN):** El núcleo informacional del virus. Puede ser ADN o ARN (de cadena simple o doble), pero nunca ambos simultáneamente. Define cómo el virus se replicará y qué proteínas fabricará la célula infectada. Los virus de ARN mutan más rápidamente al carecer de mecanismos de corrección de errores.

**Cápside:** Cubierta proteica que rodea y protege el material genético. Está formada por subunidades denominadas capsómeros que se ensamblan espontáneamente en formas geométricas precisas: icosaédrica (20 caras triangulares, como

el adenovirus) o helicoidal (capsómeros en espiral, como el virus del tabaco).

**Envoltura lipídica (en algunos virus):** Bicapa lipídica derivada de la membrana plasmática de la célula infectada. Contiene proteínas virales insertadas clave para reconocer los receptores de la próxima célula a infectar. Los virus envueltos (VIH, coronavirus) son más frágiles: el jabón y el alcohol desintegran la envoltura.

**Espículas o glicoproteínas:** Proyecciones proteicas en la superficie viral que actúan como llaves moleculares para reconocer receptores específicos en la membrana de la célula diana. La proteína Spike del SARS-CoV-2 y las hemagglutininas del virus de la influenza son ejemplos clásicos.



#### ¿POR QUÉ LOS VIRUS NO SON SERES VIVOS?

Los virus carecen de las características fundamentales que definen a un ser vivo:

**Sin estructura celular:** No están formados por células, la unidad básica de la vida. Esta es su diferencia más radical con cualquier organismo.

**Sin metabolismo propio:** No pueden producir energía, sintetizar proteínas ni realizar ninguna función vital de forma autónoma. Dependen completamente de la célula que infectan.

**Sin reproducción independiente:** Solo pueden replicarse dentro de células vivas, sean animales, vegetales, bacterianas o fúngicas. Fuera de una célula, son partículas inertes.

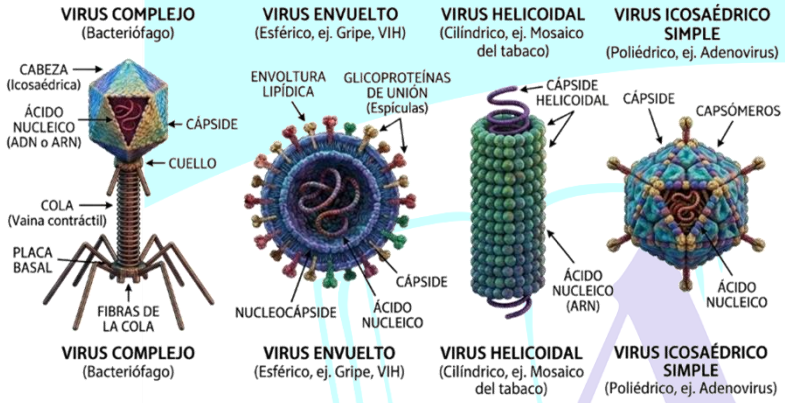
**Sin respuesta a estímulos:** No detectan ni responden al ambiente de forma autónoma, aunque sí pueden evolucionar por selección natural.

Sin embargo, sí comparten una característica importante con los seres vivos: contienen información genética y pueden evolucionar. Esta singularidad hace que algunos científicos los describan como "organismos en el límite de la vida".

|                 |                                       |                                                      |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Compleja</b> | Combina elementos de varias simetrías | Bacteriófagos (cabeza icosaédrica + cola helicoidal) |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|

**CICLO DE REPLICACIÓN VIRAL**

Cuando un virus infecta una célula, secuestra su maquinaria molecular para multiplicarse. El ciclo general comprende cinco etapas bien definidas:



**CLASIFICACIÓN: SIMETRÍA DE LA CÁPSIDE**

| TIPO DE SIMETRÍA   | DE ESTRUCTURA                              | EJEMPLO                                   |
|--------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Icosaédrica</b> | 20 caras triangulares; forma casi esférica | Adenovirus, Poliovirus, Herpesvirus       |
| <b>Helicoidal</b>  | Capsómeros en espiral alrededor del genoma | Virus influenza, Virus mosaico del tabaco |

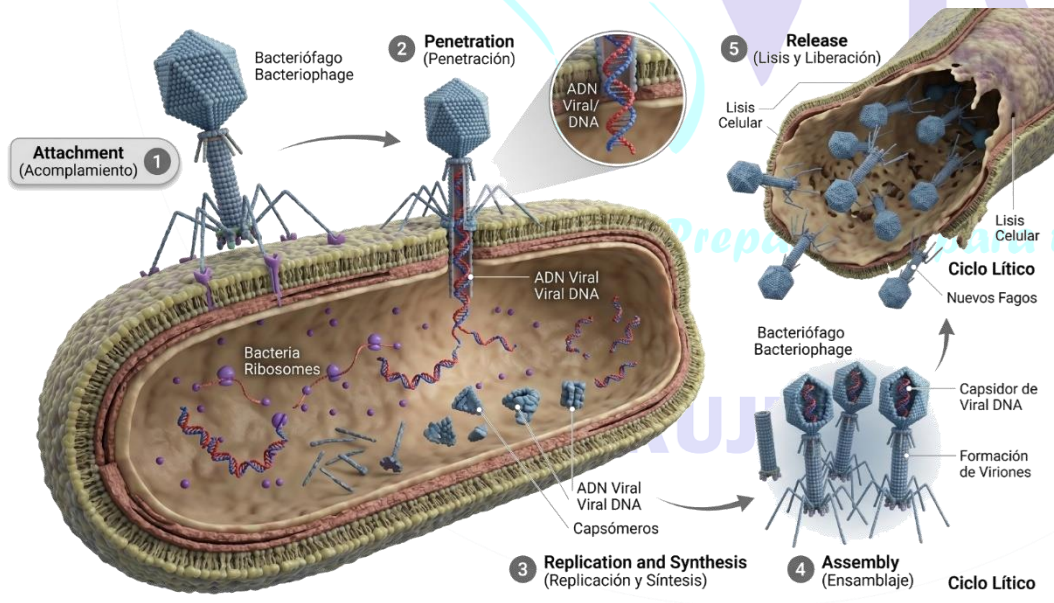
**1. Adhesión:** El virus se une específicamente a receptores moleculares en la superficie de la célula diana mediante sus espículas. Esta unión es altamente específica: el VIH reconoce el receptor CD4 de los linfocitos T; el SARS-CoV-2 reconoce la enzima ACE2 del epitelio respiratorio.

**2. Penetración:** El virus o su material genético entra en la célula. Los virus envueltos se fusionan con la membrana celular; los fagos inyectan su ADN directamente en la bacteria.

**3. Replicación y síntesis:** El genoma viral toma el control de los ribosomas y enzimas de la célula para fabricar masivamente copias del genoma viral y de las proteínas de la cápside.

**4. Ensamblaje:** Las copias del genoma y los capsómeros recién sintetizados se ensamblan espontáneamente formando nuevas partículas virales completas (viriones).

**5. Liberación:** En el ciclo lítico, la célula es lisa y miles de nuevos virus son liberados. En el ciclo lisogénico, el genoma viral se integra al ADN celular como profago, replicándose silenciosamente hasta que un estímulo activa el ciclo lítico.



**TIPOS DE VIRUS SEGÚN SU MATERIAL GENÉTICO**

**Virus ADN:** Contienen ADN como material genético. Son generalmente más estables y mutan con menor frecuencia. Ejemplos: virus del herpes, virus de la varicela, adenovirus, VPH (virus del papiloma humano).

**Virus ARN:** Contienen ARN como material genético. Mutan más rápidamente al carecer de mecanismos de corrección de errores. Ejemplos: virus de la gripe (influenza), coronavirus, rotavirus.

**Retrovirus:** Tipo especial de virus ARN que usan la enzima transcriptasa inversa para convertir

su ARN en ADN, el cual se integra al genoma celular. Ejemplo clave: VIH, causante del SIDA.

## DEFENSAS DEL ORGANISMO CONTRA LOS VIRUS

**Barreras físicas:** La piel íntegra y las mucosas del tracto respiratorio y digestivo forman la primera línea de defensa, impidiendo la entrada de los virus al organismo.

**Sistema inmune innato:** Respuesta rápida pero inespecífica que actúa en las primeras horas. Produce interferones (proteínas que alertan a las células vecinas) y activa células asesinas naturales (NK).

**Sistema inmune adaptativo:** Respuesta específica que desarrolla anticuerpos personalizados contra cada virus y genera memoria inmunológica. Las vacunas entrenan este sistema de forma segura.

### Importancia

**Salud pública global:** Las enfermedades virales constituyen algunas de las principales causas de mortalidad mundial. La influenza mata entre 290 000 y 650 000 personas al año; el VIH, cerca de 680 000 en 2020; el COVID-19 causó millones de muertes y transformó la sociedad global.

**Biología y medicina:** Los vectores virales se usan en terapia génica para introducir genes terapéuticos en células enfermas. Las vacunas de ARNm desarrolladas contra el COVID-19 representan una revolución en vacunología.

**Terapia fágica:** Los bacteriófagos son investigados intensamente como alternativa a los antibióticos frente a la creciente resistencia bacteriana multiresistente.

## PRÁCTICA

### I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. ¿Por qué los virus se ubican en una categoría intermedia entre lo vivo y lo no vivo?

- a) Porque poseen células simples sin núcleo definido.
- b) Porque se reproducen por fisión binaria igual que las bacterias.
- c) Porque carecen de metabolismo propio y solo se replican dentro de células vivas.
- d) Porque tienen células con núcleo y orgánulos membranosos simples.

2. ¿Qué tipo de material genético puede contener un virus?

- a) ADN o ARN, pero nunca ambos al mismo tiempo.
- b) Solo ADN de doble cadena.

- c) ADN y ARN simultáneamente en distintos compartimentos.
- d) Únicamente ARN de cadena simple.

3. ¿Cuál de las siguientes características NO corresponde a los virus?

- a) Son parásitos intracelulares obligados.
- b) Contienen material genético propio.
- c) Pueden producir energía de forma autónoma.
- d) Pueden infectar células animales, vegetales y bacterianas.

4. La cápside viral está compuesta por subunidades proteicas llamadas:

- a) Espículas, que ayudan al virus a adherirse a la célula.
- b) Capsómeros, que se ensamblan en formas geométricas precisas.
- c) Nucleocápsides, que contienen el ADN circular del virus.
- d) Ribosomas, que sintetizan las proteínas virales.

5. Los virus con envoltura lipídica, como el VIH y el coronavirus, son más frágiles porque:

- a) Su ADN se fragmenta fácilmente al exponerse al aire.
- b) Producen demasiadas copias y se agotan rápidamente.
- c) El jabón y el alcohol desintegran la envoltura lipídica que necesitan para infectar.
- d) Su cápside proteica se desnaturaliza con el calor del ambiente.

6. ¿En qué consiste la primera etapa del ciclo de replicación viral?

- a) La liberación de nuevos viriones al exterior de la célula.
- b) La adhesión del virus a receptores específicos de la célula diana.
- c) La replicación del genoma viral en el núcleo celular.
- d) El ensamblaje de nuevas partículas virales en el citoplasma.

7. ¿Qué tipo de simetría de cápside tienen los adenovirus y el poliovirus?

- a) Icosaédrica, con 20 caras triangulares perfectas.
- b) Helicoidal, con proteínas en espiral alrededor del genoma.
- c) Compleja, con cabeza icosaédrica y cola helicoidal.
- d) Esférica irregular, sin patrón geométrico definido.

8. Los retrovirus, como el VIH, se diferencian de otros virus ARN porque:

- a) Infectan exclusivamente células musculares del hospedador.
- b) Pueden cristalizarse fuera de la célula durante años.
- c) Solo pueden replicarse en células con membrana lipídica externa.
- d) Convierten su ARN en ADN mediante la transcriptasa inversa e integran el genoma al huésped.

9. ¿Qué ocurre durante la fase de ensamblaje del ciclo viral?

- a) El virus se une a receptores específicos de la membrana celular.
- b) El material genético viral toma control de los ribosomas de la célula.
- c) Las copias del genoma y los capsómeros forman nuevas partículas virales.
- d) Los viriones salen de la célula destruyéndola en el proceso.

**10. ¿Cuál de las siguientes enfermedades es causada por un virus ARN?**

- a) Varicela, causada por el virus herpes varicela-zóster.
- b) COVID-19, causada por el coronavirus SARS-CoV-2.
- c) Hepatitis B, causada por un hepadnavirus de ADN.
- d) Papiloma humano (VPH), causado por un papilomavirus de ADN.

**11. ¿Qué estructura viral actúa como "llave molecular" para reconocer y unirse a células específicas?**

- a) Las espículas o glicoproteínas de superficie del virus.
- b) La cápside proteica que rodea el material genético.
- c) El genoma viral que codifica las proteínas de reconocimiento.
- d) La envoltura lipídica derivada de la célula infectada.

**12. Los bacteriófagos son virus con cápside compleja que infectan exclusivamente a:**

- a) Células vegetales con pared de celulosa.
- b) Células animales con membrana plasmática.
- c) Bacterias, siendo herramientas útiles en biotecnología.
- d) Hongos unicelulares como las levaduras.

**13. ¿Cuál es la principal diferencia entre el ciclo lítico y el ciclo lisogénico?**

- a) En el lítico solo se infectan plantas; en el lisogénico, solo bacterias.
- b) En el lisogénico el virus destruye de inmediato la célula; en el lítico, no.
- c) Ambos ciclos destruyen la célula, solo diferenciándose en la velocidad.
- d) En el lítico la célula es destruida al liberarse los virus; en el lisogénico el genoma viral permanece latente integrado al ADN celular.

**II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio**

1. Los virus son entidades \_\_\_\_\_ porque no están formados por células y no poseen metabolismo propio.
2. La cubierta proteica que rodea y protege el material genético del virus se denomina \_\_\_\_\_, formada por subunidades llamadas capsómeros.
3. Los virus que infectan exclusivamente a bacterias reciben el nombre de \_\_\_\_\_ o fagos.
4. El VIH es un retrovirus que usa la enzima \_\_\_\_\_ para convertir su ARN en ADN e integrarlo al genoma celular.
5. En el ciclo \_\_\_\_\_, el genoma viral se integra al ADN de la célula hospedadora y se replica silenciosamente junto con ella.

**TAREA PARA CASA**

Elabora un mapa conceptual completo sobre el COVID-19. Incluye: nombre y tipo del virus (SARS-CoV-2), tipo de material genético, presencia de envoltura lipídica, etapas del ciclo de replicación, síntomas principales, grupos de mayor riesgo, medidas de prevención y dos tipos de vacunas con su mecanismo de acción. Finaliza con una reflexión personal: ¿qué aprendiste sobre la relación entre los virus y la salud pública global?

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 02

### BACTERIAS

**PROPÓSITO:** Reconocer las características fundamentales de los procariotas, identificar las estructuras bacterianas y sus funciones, y comprender la importancia ecológica, médica e industrial de las bacterias.

#### LOS SERES VIVOS MÁS ANTIGUOS Y ABUNDANTES

Las bacterias son organismos unicelulares microscópicos que pertenecen al dominio Bacteria. Son consideradas una de las formas de vida más antiguas y abundantes del planeta, habiéndose originado hace más de 3 500 millones de años. Se miden en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ): en el punto final de esta oración podrían caber miles de bacterias. Su simplicidad estructural no ha impedido su extraordinario éxito evolutivo: han colonizado prácticamente todos los hábitats de la Tierra, desde las profundidades oceánicas hasta el interior del tracto digestivo humano.

Estas células procariotas carecen de orgánulos membranosos como mitocondrias o cloroplastos, lo que las diferencia fundamentalmente de las células eucariotas. Su configuración genética más simple les permite reproducirse rápidamente y adaptarse con enorme facilidad a los cambios ambientales, lo que explica tanto su éxito evolutivo como la alarmante aparición de resistencia a los antibióticos.

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

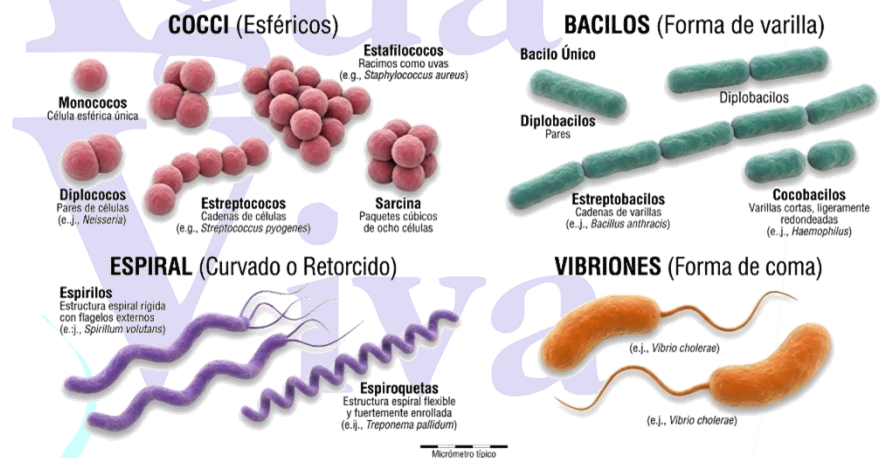
**Organismos procariotas:** Su material genético no está contenido dentro de un núcleo delimitado por membrana. El ADN circular flota libremente en el citoplasma en una región denominada nucleóide. Esta característica las distingue claramente de los eucariotas (plantas, animales, hongos y protistas).

**Formas variadas (morfología bacteriana):** Las bacterias presentan tres formas básicas: cocos (esférica), bacilos (bastón alargado) y espirilos (helicoidal). Además existen vibrios (forma de coma) y bacterias pleomórficas que pueden cambiar de forma según las condiciones ambientales.

**Reproducción rápida por fisión binaria:** Una célula madre se divide en dos células hijas genéticamente idénticas. En condiciones ideales, este proceso ocurre cada 20 minutos, lo

que permite que una sola bacteria origine más de 4 000 millones de descendientes en solo 10 horas.

| FORMA     | DESCRIPCIÓN                 | AGRUPACIONES                             | EJEMPLO PATÓGENO                         |
|-----------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Cocos     | Esférica u ovalada          | Diplococos, estreptococos, estafilococos | Streptococcus pneumoniae (neumonía)      |
| Bacilos   | Alargada, bastón o varilla  | Estreptobacilos (cadenas)                | Escherichia coli (infecciones urinarias) |
| Espirilos | Espiral o helicoidal rígida | Generalmente individuales                | Helicobacter pylori (úlceras gástricas)  |
| Vibrios   | Curvada en forma de coma    | Generalmente individuales                | Vibrio cholerae (cólera)                 |

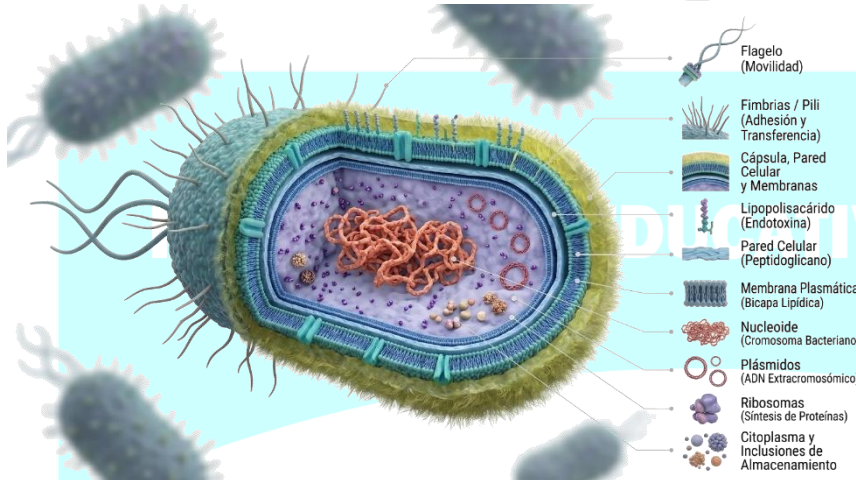


#### ESTRUCTURA DE UNA BACTERIA

A pesar de su aparente sencillez, las bacterias poseen estructuras especializadas perfectamente adaptadas a su modo de vida. Se clasifican en estructuras obligatorias (presentes en todas) y adicionales (solo en algunas especies).

##### Estructuras obligatorias

**Pared celular de peptidoglicano:** Polímero complejo exclusivo de las bacterias que mantiene su forma y proporciona protección mecánica. Es la diana principal de antibióticos como la penicilina, que bloquea su síntesis provocando la lisis bacteriana. Las bacterias Gram positivas tienen una capa



**Endosporas:** Estructuras de resistencia extrema formadas por los géneros *Bacillus* y *Clostridium*. Encapsulan el material genético ante condiciones adversas (calor, radiación, desecación) y pueden sobrevivir décadas o incluso siglos.

## NUTRICIÓN BACTERIANA: DIVERSIDAD METABÓLICA

Los procariontes exhiben la mayor diversidad metabólica de todos los seres vivos. Según su fuente de energía y carbono, se clasifican en:

gruesa (se tiñen de morado); las Gram negativas, una delgada más membrana externa (se tiñen de rojo).

**Membrana plasmática:** Bicapa fosfolipídica que regula el transporte selectivo de sustancias entre el interior y el exterior celular. Contiene transportadores específicos para nutrientes y alberga enzimas implicadas en la respiración celular.

**Nucleoide:** Región del citoplasma donde flota el ADN circular sin membrana nuclear. Al carecer de envoltura nuclear, este rasgo es el definitorio de los procariontes frente a los eucariotas.

**Ribosomas 70S:** Complejos macromoleculares (subunidades 30S y 50S) que sintetizan todas las proteínas bacterianas. Son más pequeños que los ribosomas eucariotas (80S), diferencia que permite bloquearlos con antibióticos como eritromicina y tetraciclinas sin dañar las células del paciente.

### Estructuras adicionales

**Flagelos:** Filamentos helicoidales compuestos por la proteína flagelina. Pueden estar en uno o ambos extremos (monotricos o anfítricos) o distribuidos por toda la superficie (peritricos). Rotan como hélices propulsando a la bacteria y permiten la quimiotaxis.

**Cápsula:** Capa viscosa de polisacáridos o polipéptidos que protege a la bacteria de la fagocitosis por el sistema inmune del hospedador. Aumenta significativamente la virulencia de las especies patógenas.

**Pili o fimbrias:** Apéndices proteicos cortos y rectos que permiten la adhesión a superficies o a otras bacterias. Los pili sexuales facilitan la conjugación bacteriana: la transferencia directa de plásmidos entre células.

**Plásmidos:** Pequeñas moléculas circulares de ADN extracromosómico que pueden transferirse entre bacterias. Suelen contener genes ventajosos como resistencia a antibióticos o producción de toxinas, lo que explica la rápida propagación de la resistencia antibiótica.

**Autótrofos fotosintéticos:** Captan energía de la luz solar. Las cianobacterias realizan fotosíntesis oxigénica y fueron las responsables de la Gran Oxidación Atmosférica hace 2 400 millones de años, transformando la Tierra primitiva.

**Autótrofos quimiosintéticos:** Obtienen energía de reacciones químicas inorgánicas sin luz solar. Ejemplos: bacterias del azufre en fuentes hidrotermales y bacterias nitrificantes que oxidan amoníaco en el suelo.

**Heterótrofos:** Dependen de la materia orgánica preformada. Pueden hacerlo por fermentación (yogur, pan, vino, cerveza) o mediante respiración aerobia o anaerobia.

### Importancia

**Fijación de nitrógeno:** *Rhizobium* y otras bacterias nitrificantes convierten el  $N_2$  atmosférico inerte en compuestos asimilables por las plantas. Sin esta función esencial, la agricultura sería prácticamente imposible.

**Descomposición y reciclaje:** Las bacterias descomponedoras degradan la materia orgánica muerta, liberando nutrientes al suelo y al agua y cerrando los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo en todos los ecosistemas terrestres.

**Microbiota intestinal:** El ser humano alberga cerca de 100 billones de bacterias en el intestino grueso, de más de 500 especies. Ayudan a digerir alimentos complejos, producen vitaminas K y B12, y entrenan al sistema inmunológico. Su desequilibrio se asocia a obesidad y depresión.

**Biología e industria:** Producen insulina recombinante, antibióticos, vacunas y plásticos biodegradables. En la industria alimentaria son esenciales para el yogur, queso, chucrut y vinagre.

**Bacterias patógenas:** Causan enfermedades graves: tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), cólera (*Vibrio cholerae*), tétanos (*Clostridium tetani*) y neumonía bacteriana. La resistencia a antibióticos es hoy una emergencia sanitaria global.

## PRÁCTICA

### I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. ¿Cuál es la característica principal que distingue a las bacterias de las células eucariotas?

- a) Las bacterias tienen mitocondrias para la respiración celular.
- b) Las bacterias poseen cloroplastos para realizar fotosíntesis.
- c) Las bacterias son procariontes y carecen de núcleo delimitado por membrana.
- d) Las bacterias tienen retículo endoplasmático para sintetizar proteínas.

2. ¿Cómo se denominan las bacterias de forma esférica que se agrupan formando cadenas?

- a) Diplococos, cuando se unen de a dos esferas.
- b) Estreptococos, que forman cadenas de cocos esféricos.
- c) Estafilococos, cuando se agrupan en racimos irregulares.
- d) Bacilos, células alargadas en forma de bastón.

3. ¿Cuál es el principal método de reproducción de las bacterias?

- a) Fisión binaria: una célula se divide en dos células hijas idénticas.
- b) Gemación: una yema crece sobre la célula madre y se separa.
- c) Esporulación: formación de esporas sexuales resistentes.
- d) Conjugación: intercambio de plásmidos entre dos bacterias.

4. ¿De qué material está compuesta principalmente la pared celular bacteriana?

- a) Celulosa, igual que en las paredes celulares de las plantas.
- b) Quitina, el mismo componente del exoesqueleto de los insectos.
- c) Lignina, que proporciona rigidez a los tallos de las plantas.
- d) Peptidoglicano, un polímero exclusivo de las bacterias y diana de antibióticos.

5. ¿Qué tipo de bacterias, según la tinción de Gram, poseen una membrana externa rica en lipopolisacáridos?

- a) Gram positivas, con gruesa capa de peptidoglicano morada al microscopio.
- b) Cianobacterias, que realizan fotosíntesis y producen oxígeno.
- c) Arqueobacterias, que viven en ambientes extremos sin pared celular.
- d) Gram negativas, con capa delgada de peptidoglicano y membrana externa adicional.

6. ¿Cuál es la función principal de los plásmidos bacterianos?

- a) Proporcionar energía a la célula mediante respiración aerobia.
- b) Contener genes no esenciales pero ventajosos como resistencia a antibióticos.
- c) Sintetizar las proteínas estructurales de la pared celular.
- d) Almacenar reservas de glucógeno como fuente de carbono de emergencia.

7. ¿Qué estructura bacteriana permite el movimiento activo en medios líquidos?

- a) Los flagelos, filamentos helicoidales que rotan como hélices propulsoras.
- b) Los pili sexuales, que facilitan la conjugación entre bacterias.
- c) La cápsula polisacárida, que protege del sistema inmune del hospedador.
- d) Los ribosomas 70S, donde se sintetizan las proteínas bacterianas.

8. Los ribosomas bacterianos son de tipo 70S, lo que es importante porque:

- a) Les permite replicar el ADN circular con mayor velocidad.
- b) Son más grandes que los ribosomas eucariotas y más eficientes.
- c) Permiten que ciertos antibióticos los bloqueen sin afectar las células del paciente.
- d) Facilitan la transferencia de plásmidos mediante conjugación bacteriana.

9. ¿Cuál es la función principal de las endosporas en las bacterias?

- a) Permitir el movimiento activo en ambientes líquidos adversos.
- b) Facilitar la transferencia de genes de resistencia a otras bacterias.
- c) Aumentar la velocidad de reproducción en condiciones óptimas.
- d) Sobrevivir condiciones extremas (calor, sequía, radiación) durante décadas.

10. La bacteria *Rhizobium* es ecológicamente fundamental porque:

- a) Causa la tuberculosis en mamíferos y aves de corral.
- b) Fija el nitrógeno atmosférico en compuestos asimilables por las plantas.
- c) Descompone el petróleo en ambientes contaminados por hidrocarburos.
- d) Produce ácido láctico en la fermentación del yogur y el queso.

### II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio

1. Las bacterias son organismos \_\_\_\_\_ porque carecen de núcleo delimitado por membrana y de orgánulos membranosos.

2. La región del citoplasma bacteriano donde flota libremente el ADN circular se denomina \_\_\_\_\_.

3. Las bacterias Gram positivas se tiñen de color morado porque su gruesa capa de \_\_\_\_\_ retiene el colorante violeta cristal.

4. La estructura de resistencia extrema que forman algunas bacterias para sobrevivir condiciones adversas durante décadas se llama \_\_\_\_\_.

5. Los \_\_\_\_\_ son pequeñas moléculas circulares de ADN extracromosómico que pueden transferirse entre bacterias y conferir resistencia a antibióticos.

## SESIÓN 03

### CÉLULA EUCARIOTA: SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS

**PROPÓSITO:** Identificar los orgánulos membranosos del sistema de endomembranas y comprender las funciones específicas de cada compartimento celular eucariota.

#### LA CÉLULA EUCARIOTA: UNIDAD DE COMPLEJIDAD

La célula eucariota es la unidad fundamental de los organismos más complejos: protistas, hongos, plantas y animales. El término eucariota proviene del griego eu (verdadero) y karyon (núcleo), pues su característica más distintiva es poseer un núcleo verdadero delimitado por membrana. A diferencia de las células procariontes, las eucariotas presentan un alto grado de compartimentalización interna: cuentan con orgánulos membranosos que permiten que reacciones químicas incompatibles ocurran de forma simultánea y ordenada en un mismo espacio celular, algo que sería imposible sin esta organización.

Su tamaño oscila entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ . Su ADN se organiza en cromosomas lineales asociados a proteínas histonas dentro del núcleo. La división celular ocurre por mitosis (crecimiento y reparación tisular) o meiosis (formación de gametos en la reproducción sexual).

#### MEMBRANA PLASMÁTICA: LA FRONTERA SELECTIVA DE LA CÉLULA

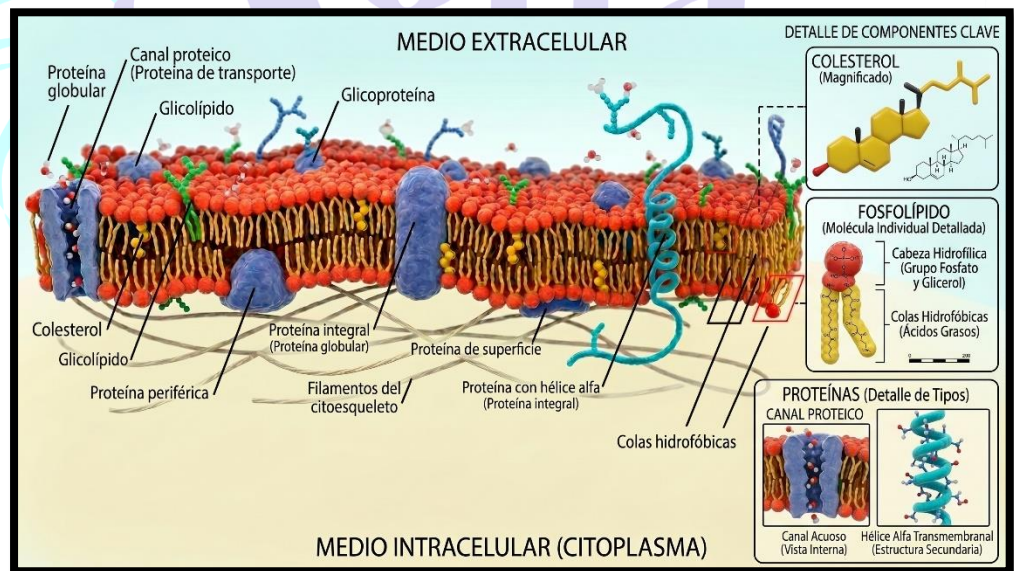
La membrana plasmática es la estructura que delimita físicamente a la célula y regula todo intercambio con el medio exterior. No es una simple barrera rígida; es un sistema dinámico y altamente selectivo que controla qué entra y qué sale en cada momento.

**Estructura: modelo del mosaico fluido:** Bicapa fosfolipídica con proteínas que se mueven lateralmente ("flota" en el plano de

la membrana). Las cabezas de los fosfolípidos son hidrófilas (hacia el agua) y las colas son hidrófobas (hacia el interior de la membrana). El colesterol se intercala entre los fosfolípidos y regula la fluidez según la temperatura.

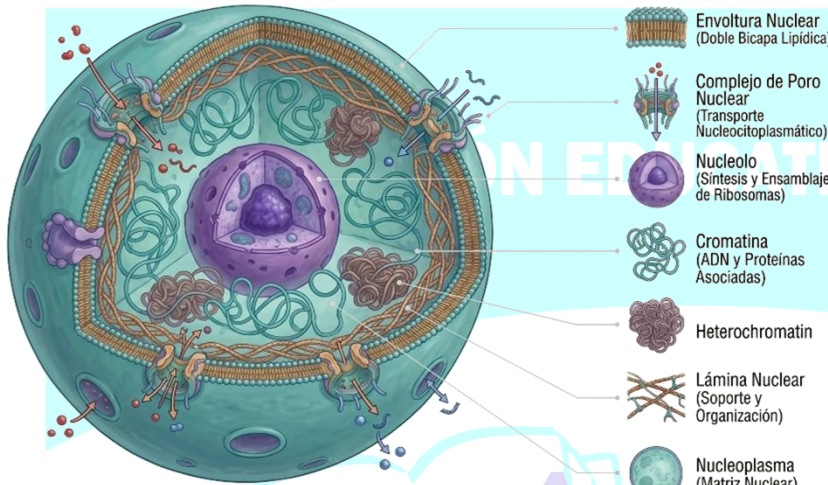
**Tipos de proteínas membranales:** Proteínas integrales: atraviesan completamente la bicapa (canales, bombas, receptores). Proteínas periféricas: se adhieren solo a la superficie interna o externa. Glucoproteínas y glicolípidos: en la cara externa forman el glucocáliz, clave para el reconocimiento celular.

**Tipos de transporte a través de la membrana:** Difusión simple: moléculas pequeñas no polares como  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  cruzan sin ayuda. Difusión facilitada: iones y glucosa cruzan por canales o proteínas transportadoras sin gasto de energía. Transporte activo: bombea sustancias contra el gradiente gastando ATP (bomba sodio-potasio). Endocitosis y exocitosis: para macromoléculas.



#### EL NÚCLEO CELULAR: CENTRO DE CONTROL GENÉTICO

El núcleo es el orgánulo más voluminoso y prominente de la célula eucariota. Contiene toda la información genética (excepto la del ADN mitocondrial y cloroplástico) y dirige todas las actividades celulares mediante la transcripción del ADN en ARN mensajero.



con alta actividad de síntesis proteica (células secretoras, neuronas) tienen nucleolos muy grandes y visibles.

**RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO (RE):  
LA RED INTERNA DE MEMBRANAS**

El retículo endoplasmático es un sistema interconectado de membranas que forman cisternas aplanadas y túbulos ramificados, cuyo lumen (espacio interior) es continuo y se conecta directamente con el espacio perinuclear de la envoltura nuclear. Representa cerca del 50 % de todas las membranas de la célula y existe en dos variantes funcionalmente distintas:

**Envoltura nuclear:** Doble membrana (membrana nuclear externa e interna) que rodea completamente al núcleo. La membrana externa está conectada con el retículo endoplasmático rugoso y tiene ribosomas adheridos. Los poros nucleares (~3 000 por núcleo) son complejos proteicos que regulan el tránsito bidireccional: el ARNm sale al citoplasma para ser traducido, y las proteínas reguladoras y los factores de transcripción entran al núcleo.

**Nucleoplasma:** Medio viscoso semilíquido que llena el interior del núcleo. Contiene la cromatina, los factores de transcripción, los nucleótidos libres y las ARN polimerasas. Tiene una composición química muy diferente al citoplasma gracias al control de los poros nucleares.

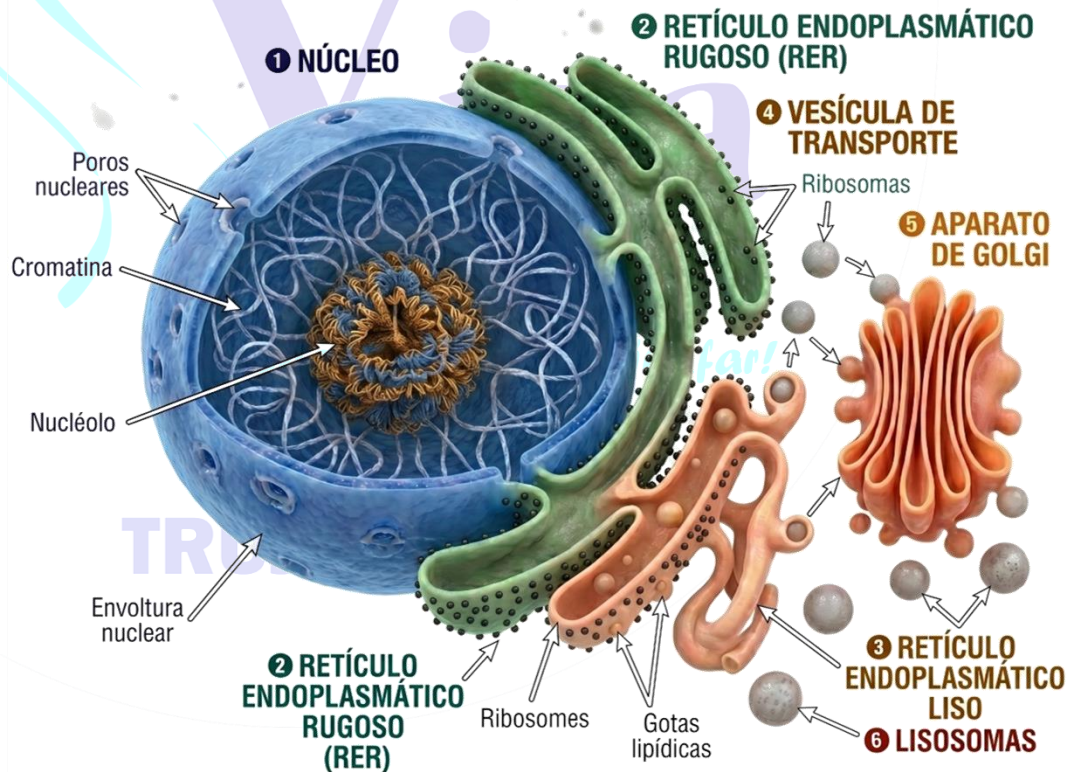
**Cromatina y cromosomas:** La cromatina es el complejo de ADN + proteínas histonas (H1, H2A, H2B, H3, H4). La unidad básica de empaquetamiento es el nucleosoma: 147 pb de ADN enrolladas alrededor de un octámero de histonas. Durante la interfase el ADN está en forma extendida (eucromatina activa) o condensada (heterocromatina inactiva). En la mitosis se condensa completamente en los cromosomas visibles.

**Nucleolo:** Región densa y visible dentro del núcleo, sin membrana propia. Lugar donde se transcriben los genes ARNr y se ensamblan las subunidades ribosomales (pequeña y grande) antes de salir al citoplasma por los poros nucleares. Las células

**Retículo Endoplasmático Rugoso (RER)**

**Estructura detallada:** Cisternas membranosas aplanadas y apiladas cuya superficie citoplasmática está cubierta de ribosomas adheridos, confiriendo el aspecto granular que le da el nombre. Tiene lumen continuo con el espacio perinuclear. Se localiza en la periferia del núcleo y es especialmente abundante en células secretoras (células del páncreas, plasmocitos que secretan anticuerpos).

**Funciones del RER:** (I) Síntesis de proteínas de secreción (insulina, anticuerpos, enzimas digestivas) y proteínas de



membrana. (2) Plegamiento correcto de las proteínas asistido por chaperonas. (3) Inicio de la glicosilación (adición de cadenas de azúcares). (4) Control de calidad: las proteínas mal plegadas son retenidas y destruidas por el sistema ubiquitina-proteasoma. (5) Inicio del transporte vesicular hacia el Golgi.

**Retículo Endoplasmático Liso (REL)**

**Estructura detallada:** Red tubular de membranas interconectadas sin ribosomas adheridos, lo que le confiere su aspecto liso. Está en continuidad con el RER pero es más abundante en células especializadas: hepatocitos (células del hígado), células de glándulas endocrinas esteroideas y células musculares.

**Funciones del REL:** (1) Síntesis de fosfolípidos de membrana y esteroides (cortisol, testosterona, estrógenos). (2) Detoxificación de fármacos, alcohol y tóxicos (el REL hepático contiene el sistema enzimático del citocromo P450). (3) Almacenamiento y liberación de  $Ca^{2+}$  en células musculares (el  $Ca^{2+}$  desencadena la contracción). (4) Metabolismo del glucógeno en células hepáticas.

**APARATO DE GOLGI: EL SISTEMA POSTAL DE LA CÉLULA**

El aparato de Golgi (o complejo de Golgi) fue descubierto por el italiano Camillo Golgi en 1898. Es el centro de procesamiento, modificación y distribución de proteínas y lípidos de la célula. Está formado por una pila de 4-8 cisternas membranosas aplanadas y curvadas, con dos caras bien diferenciadas:

**Cara cis (cara de entrada):** La cara convexa orientada hacia el RER. Recibe las vesículas de transporte que llegan del RER cargadas de proteínas recién sintetizadas y que entran al lumen del Golgi para ser modificadas progresivamente.

**Compartimentos mediales:** Las cisternas intermedias donde se realizan las principales modificaciones postraduccionales: glicosilación compleja (adición, eliminación y modificación de cadenas de azúcares), sulfatación y fosforilación de proteínas.

**Cara trans (cara de salida):** La cara cóncava que genera vesículas de transporte con destino definido. Cada vesícula lleva señales moleculares (etiquetas) que determinan su destino: membrana plasmática

(secreción), lisosoma o reciclaje al RE. Es también donde se forman los lisosomas al empaquetar las enzimas hidrolíticas.

**LISOSOMAS, VACUOLAS Y PEROXISOMAS**

**Lisosomas: el sistema digestivo de la célula**

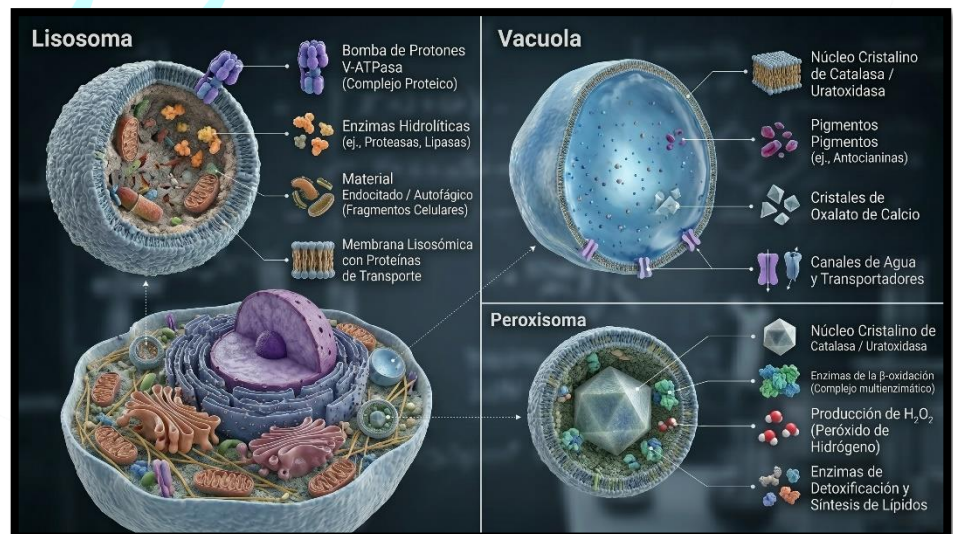
Los lisosomas son vesículas esféricas (0.1-1  $\mu m$  de diámetro) rodeadas por una membrana simple especial (glucoproteínas que la protegen de las enzimas internas). Su interior se mantiene a pH ácido (~5) gracias a bombas de protones que usan ATP, mientras el citoplasma tiene pH neutro (~7.2). Esta diferencia de pH activa las enzimas lisosomales y protege al citoplasma de ser digerido.

**Enzimas lisosomales (más de 50 tipos):** Proteasas (degradan proteínas), lipasas (degradan grasas), nucleasas (degradan ADN y ARN), glucosidasas (degradan carbohidratos), fosfatasa. Todas son hidrolasas ácidas, es decir, rompen enlaces por hidrólisis y solo funcionan al pH ácido del lisosoma.

**Tipos de función lisosomal:** Autofagia: digiere los propios orgánulos dañados o envejecidos de la célula (control de calidad interno). Heterofagia: digiere material externo capturado por endocitosis o fagocitosis (macrófagos digiriendo bacterias). Autólisis: destrucción controlada de la célula completa (muerte celular programada durante el desarrollo embrionario).

**Vacuolas**

**Vacuola central vegetal:** Gran vesícula rodeada por el tonoplasto. En células maduras ocupa el 80-90 % del volumen. El jugo vacuolar contiene: agua, iones inorgánicos, azúcares, ácidos orgánicos, pigmentos (antocianinas: rojo-azul en flores), aminoácidos libres, alcaloides y compuestos de defensa química. Mantiene la turgencia presionando la pared celular.



**Vacuolas en células animales:** Son pequeñas y temporales. Las vacuolas contráctiles de protozoos expulsan el exceso de agua por osmorregulación. Las vacuolas fagocíticas (fagosomas) contienen material engullido que espera fusionarse con un lisosoma para su digestión.

## Peroxisomas

**Estructura y biogénesis:** Vesículas esféricas (0.1-1 μm) con membrana simple. Se forman por crecimiento y fisión de peroxisomas preexistentes (no se originan del Golgi) e importan sus proteínas desde el citoplasma. Son muy abundantes en células hepáticas y en células del tejido adiposo.

**Funciones de los peroxisomas:** (1) β-oxidación de ácidos grasos de cadena muy larga (los de cadena media se oxidan en las mitocondrias). (2) Catabolismo del peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>): la catalasa convierte 2H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → 2H<sub>2</sub>O + O<sub>2</sub>. (3) Detoxificación del alcohol etílico en células hepáticas. (4) Síntesis de plasmalógenos (lípidos de membrana del tejido nervioso). (5) Fotorrespiración en células vegetales.

## Importancia

**Compartimentalización celular:** Los orgánulos membranosos permiten que reacciones incompatibles ocurran simultáneamente, maximizando la eficiencia metabólica. Sin ellos, la complejidad de los organismos pluricelulares sería imposible.

**Medicina:** Enfermedades lisosomales de almacenamiento (Gaucher, Tay-Sachs) ocurren cuando fallan enzimas específicas. La disfunción del RE está asociada al estrés del RE en diabetes tipo 2. Los peroxisomas defectuosos causan adrenoleucodistrofia.

## PRÁCTICA

**I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta**

**1. ¿Cuál es la diferencia principal entre célula procariota y eucariota?**

- a) Las eucariotas son unicelulares; las procariotas forman tejidos.
- b) Las procariotas tienen mitocondrias; las eucariotas, no.
- c) Las eucariotas poseen núcleo verdadero y orgánulos membranosos.
- d) Las procariotas son más grandes que las células eucariotas.

**2. ¿Cuál es la función principal de la membrana plasmática?**

- a) Sintetizar las proteínas que la célula necesita.

b) Actuar como barrera selectivamente permeable que regula el paso de sustancias.

c) Almacenar el material genético en cromosomas.

d) Producir ATP mediante la cadena de transporte de electrones.

**3. ¿Qué componente del núcleo produce las subunidades ribosomales?**

a) El nucleolo, región especializada en síntesis de ARN ribosómico.

b) La cromatina, ADN asociado a proteínas histonas.

c) La envoltura nuclear, doble membrana con poros nucleares.

d) El nucleoplasma, medio interno donde se encuentra el ADN.

**4. ¿Cuál es la función del Retículo Endoplasmático Rugoso (RER)?**

a) Sintetizar lípidos y esteroides para las membranas celulares.

b) Detoxificar compuestos tóxicos en células hepáticas.

c) Almacenar y regular el calcio intracelular en células musculares.

d) Sintetizar proteínas destinadas a secreción o membranas.

**5. ¿Cuál es la función principal del Aparato de Golgi?**

a) Modificar, clasificar y dirigir proteínas y lípidos a su destino.

b) Sintetizar proteínas ribosomales junto con el nucleolo.

c) Degradar orgánulos dañados mediante enzimas hidrolíticas.

d) Regular el transporte de iones de calcio en células musculares.

**6. ¿Cuál es el orgánulo con enzimas hidrolíticas activas a pH ácido que realiza la digestión intracelular?**

a) El peroxisoma, que oxida ácidos grasos con catalasa.

b) El lisosoma, vesícula esférica que degrada macromoléculas.

c) La vacuola central, que almacena agua y sustancias de desecho.

d) El retículo endoplasmático liso, que sintetiza lípidos.

**7. ¿Cuál es la composición básica de la membrana plasmática?**

a) Fosfolípidos en bicapa con proteínas integradas y colesterol.

b) Celulosa en fibrillas con proteínas de soporte estructural.

c) Peptidoglicano con proteínas transmembrana y lipopolisacáridos.

d) Quitina con proteínas de señalización y receptores glucosilados.

**8. ¿En qué se diferencia el REL del RER?**

a) El REL está más cerca al núcleo y conectado a la envoltura nuclear.

b) El REL carece de ribosomas y se especializa en síntesis de lípidos.

c) El REL tiene ribosomas que sintetizan proteínas para secreción.

d) El REL rodea completamente al núcleo formando la envoltura nuclear.

**9. ¿Cuál es la función característica de los peroxisomas?**

a) Degradar el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediante la enzima catalasa.

b) Sintetizar proteínas ribosomales junto con el nucleolo.

c) Almacenar el material genético en cromosomas lineales.

d) Formar vesículas de transporte cargadas de proteínas.

10. ¿En qué tipo de célula es típico encontrar una gran vacuola central?

- a) En células bacterianas cuando forman endosporas.
- b) En células animales que realizan fagocitosis.
- c) En células vegetales, donde mantiene la turgencia y almacena.
- d) En células musculares que almacenan glucógeno.

11. ¿Qué orgánulo origina a los lisosomas?

- a) El retículo endoplasmático rugoso, donde se sintetizan las enzimas.
- b) El aparato de Golgi, que empaqueta y dirige las enzimas hidrolíticas.
- c) Los peroxisomas, que se dividen y crecen para generar nuevos lisosomas.
- d) El núcleo celular, que transcribe los genes de las enzimas lisosomales.

12. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el núcleo celular es correcta?

- a) Carece de membrana y el ADN flota libremente en el citoplasma.
- b) Contiene el nucleolo, que sintetiza ARN ribosómico y ensambla ribosomas.
- c) Solo está presente en células animales, no en células vegetales.
- d) Está unido directamente a las mitocondrias para coordinar la energía.

13. ¿Cuál estructura está ausente en células animales pero presente en vegetales?

- a) El aparato de Golgi, que modifica y empaqueta proteínas y lípidos.
- b) Las mitocondrias, responsables de la respiración celular aerobia.

- c) La pared celular de celulosa, que da forma rígida y protección.
- d) El retículo endoplasmático, red de membranas internas.

**II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio**

1. Las células eucariotas se caracterizan por tener un \_\_\_\_\_ definido y orgánulos membranosos especializados.
2. La \_\_\_\_\_ delimita la célula y controla el paso de sustancias mediante transporte selectivo.
3. El retículo endoplasmático rugoso tiene ribosomas en su superficie y se encarga de la síntesis de \_\_\_\_\_ para secreción.
4. El aparato de Golgi modifica, clasifica y \_\_\_\_\_ proteínas y lípidos en vesículas con destino específico.
5. Los lisosomas contienen enzimas \_\_\_\_\_ que degradan macromoléculas y orgánulos dañados dentro de la célula.

## TAREA PARA CASA

Elabora un diagrama detallado de una célula eucariota animal señalando con colores: membrana plasmática, núcleo (envoltura nuclear, nucleolo, cromatina), retículo endoplasmático rugoso y liso, aparato de Golgi, lisosomas y peroxisomas. Para cada orgánulo escribe una tarjeta con su función principal y añade un cuadro comparativo entre células procariontas y eucariotas con cinco diferencias fundamentales.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 04

### CÉLULA EUCARIOTA: MITOCONDRIAS Y CITOESQUELETO

**PROPÓSITO:** Reconocer las características y funciones de las mitocondrias y los orgánulos no membranosos (ribosomas, citoesqueleto, centrosoma), comprendiendo su importancia en la célula eucariota.

ribosomas de tipo procariota 70S, ARN de transferencia y ARN mensajero propios. El ADN mitocondrial humano contiene 37 genes que codifican 13 proteínas de la cadena respiratoria.

**Características especiales y teoría endosimbiótica:** Las mitocondrias se reproducen por fisión binaria igual que las bacterias. Su ADN circular sin histonas, sus ribosomas 70S y su doble membrana son evidencias de que evolucionaron a partir de una  $\alpha$ -proteobacteria aeróbica que fue endocitada por una célula ancestral hace 1 500-2 000 millones de años, estableciendo una simbiosis mutuamente beneficiosa.

#### LAS MITOCONDRIAS: CENTRALES ENERGÉTICAS DE LA CÉLULA

Las mitocondrias son orgánulos doble-membranosos presentes en prácticamente todas las células eucariotas aeróbicas. Son los sitios donde se realiza la respiración celular aeróbica, el proceso que extrae la mayor cantidad de energía en forma de ATP de los nutrientes. Una célula hepática puede contener entre 1 000 y 2 000 mitocondrias, que pueden ocupar hasta el 20 % del volumen celular total, lo que refleja la enorme demanda energética de las células metabólicamente activas.

**Membrana externa mitocondrial:** Membrana lisa permeable gracias a porinas, proteínas de canal que permiten el paso de moléculas de hasta 5 kDa (iones, piruvato, ATP, ADP). Forma el límite externo de la mitocondria y contiene enzimas involucradas en el metabolismo de lípidos.

**Membrana interna mitocondrial:** Altamente selectiva: carece de porinas y solo deja pasar moléculas específicas mediante transportadores. Forma los pliegues llamados crestas mitocondriales que multiplican su superficie de 3 a 5 veces. Contiene: los cuatro complejos proteicos de la cadena de transporte de electrones (Complejos I, II, III y IV), la ATP sintasa (Complejo V) y numerosas proteínas transportadoras. Es la membrana donde se genera la mayor parte del ATP celular.

**Espacio intermembranoso:** Espacio entre la membrana externa e interna donde se acumulan los protones ( $H^+$ ) bombeados desde la matriz por los Complejos I, III y IV de la cadena respiratoria. Esta acumulación crea el gradiente electroquímico (fuerza protón-matriz) que impulsa a la ATP sintasa para fabricar ATP.

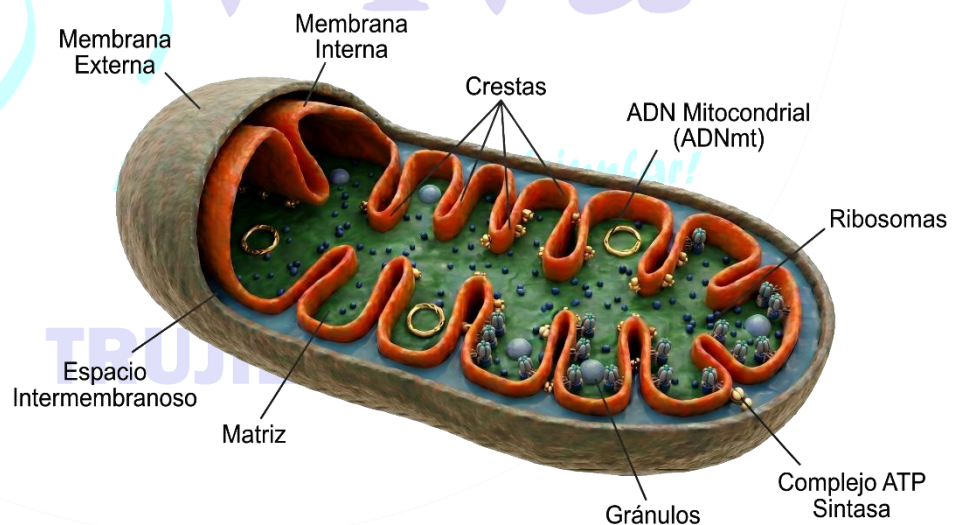
**Matriz mitocondrial:** Espacio interno rodeado por la membrana interna. Contiene: todas las enzimas del ciclo de Krebs (ciclo del ácido cítrico), el ADN mitocondrial circular (herencia exclusivamente materna),

#### Funciones adicionales de las mitocondrias

**Homeostasis del calcio:** Las mitocondrias actúan como reservorios de  $Ca^{2+}$  y regulan la concentración intracelular de calcio, que controla la contracción muscular, la secreción hormonal y la señalización celular.

**Apoptosis:** En respuesta a señales de daño celular, las mitocondrias liberan el citocromo c al citoplasma, desencadenando la cascada apoptótica que lleva a la muerte celular programada. Este proceso es fundamental para el desarrollo embrionario normal y la defensa contra células tumorales.

**Termogénesis:** El tejido adiposo pardo tiene mitocondrias con una proteína desacoplante (UCPI) que disipa el gradiente de protones como calor en lugar de sintetizar ATP. Es la base de la regulación térmica en mamíferos recién nacidos e hibernantes.



## RIBOSOMAS: LA MAQUINARIA DE SÍNTESIS PROTEICA

Los ribosomas son los únicos orgánulos que sintetizan proteínas y los únicos que NO están rodeados por membrana. Existen en todas las células vivas sin excepción. Son complejos ribonucleoproteicos formados por ARN ribosómico (ARNr) y proteínas específicas, organizados en dos subunidades que se ensamblan solo durante la traducción.

**Ribosomas 80S eucariotas:** Formados por la subunidad mayor 60S (contiene ARNr 28S, 58S y 5S más ~49 proteínas) y la subunidad menor 40S (ARNr 18S más ~33 proteínas). El centro peptidil-transferasa del ARNr cataliza la formación de enlaces peptídicos entre aminoácidos, por eso el ribosoma es una ribozima (ARN con actividad catalítica).

**Ribosomas libres en el citoplasma:** Generalmente forman polisomas (varios ribosomas traduciendo simultáneamente un mismo ARNm). Sintetizan proteínas para uso interno: enzimas metabólicas, proteínas del citoesqueleto, proteínas nucleares y proteínas reguladoras del citoplasma.

**Ribosomas del RER (polisomas de membrana):** Se unen al RER mediante la subunidad grande que reconoce señales de péptido señal en la proteína naciente. Sintetizan: proteínas de secreción (hormonas, anticuerpos, enzimas digestivas), proteínas de membrana y proteínas lisosomales. La proteína sintetizada es translocada directamente al lumen del RER.

**Ribosomas en mitocondrias y cloroplastos:** Ribosomas 70S (como los procariotas) que sintetizan in situ un pequeño número de proteínas codificadas por el ADN propio de estos orgánulos. En humanos, los ribosomas mitocondriales (mitorribosomas) sintetizan 13 proteínas hidrofóbicas de la membrana interna.

## EL CITOESQUELETO: ANDAMIAJE DINÁMICO DE LA CÉLULA

El citoesqueleto es una red tridimensional y dinámica de proteínas fibrosas que se extiende por todo el citoplasma de las células eucariotas. No es una estructura estática; sus filamentos se polimerizan y despolimerizan continuamente en respuesta a señales celulares, lo que permite a la célula cambiar de forma, moverse, dividirse y transportar cargas internamente. Está compuesto por tres tipos de filamentos con composición, diámetro y funciones distintas:

### Microfilamentos de actina (7 nm)

Son los filamentos más delgados. La actina globular (G-actina) se polimeriza en actina filamentosa (F-actina) formando dos cadenas entrecruzadas en hélice. Son polares: tienen extremo + (de crecimiento rápido) y extremo - (de crecimiento lento).

Su dinámica rápida permite a la célula formar pseudópodos para moverse y fagocitar, contraer el anillo contráctil de actina-miosina durante la citocinesis y dar forma a las microvellosidades intestinales.

### Filamentos intermedios (10 nm)

Son los más estables y resistentes mecánicamente. Se organizan en ocho tipos según la proteína constituyente: queratinas (células epiteliales y pelo), vimentina (células mesenquimales), desmina (músculo), neurofilamentos (neuronas), láminas nucleares (interior de la envoltura nuclear). Forman la lámina nuclear, una malla que sostiene la envoltura nuclear y ancla los cromosomas.

### Microtúbulos (25 nm)

Son los más gruesos. Están formados por dímeros de  $\alpha$ -tubulina y  $\beta$ -tubulina que se polimerizan en protofilamentos y estos se organizan en un cilindro hueco de 13 protofilamentos. Son polares: extremo + (crecimiento rápido, orientado hacia la membrana) y extremo - (anclado al centrosoma). Las proteínas motoras kinesina (se mueve hacia extremo +) y dineína (se mueve hacia extremo -) transportan vesículas y orgánulos a lo largo de los microtúbulos. Forman los cilios y flagelos eucariotas (arreglo 9+2 de microtúbulos).

| COMPONENTE             | PROTEÍNA                               | DIÁMETRO | FUNCIONES PRINCIPALES                                    |
|------------------------|----------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------|
| Microfilamentos        | Actina (F-actina)                      | 7 nm     | Contracción, pseudópodos, citocinesis, microvellosidades |
| Filamentos intermedios | Queratinas, vimentina, neurofilamentos | 10 nm    | Resistencia mecánica, lámina nuclear, forma celular      |
| Microtúbulos           | $\alpha$ y $\beta$ tubulina (dímeros)  | 25 nm    | Huso mitótico, transporte vesicular, cilios y flagelos   |

## CENTROSOMA Y CENTRIOLOS

**Centrosoma:** El centro organizador de microtúbulos (COMT) de la célula animal. Contiene un par de centriolos y el material pericentriolar (PCM), una matriz proteica que incluye la  $\gamma$ -tubulina, molécula que inicia la polimerización de los microtúbulos. Se localiza cerca del núcleo y se duplica durante la fase S del ciclo celular.

**Centriolos:** Cada centriolo es un cilindro formado por 9 tripletes de microtúbulos (arreglo 9x3) y mide aproximadamente 250 nm de largo. Los dos centriolos del centrosoma están orientados perpendicularmente entre sí. Al inicio de la mitosis, los dos centrosomas duplicados migran a polos opuestos y nuclean el huso mitótico. En células ciliadas, el centriolo forma el cuerpo basal de cada cilio.

**Ausencia en células vegetales:** La mayoría de las células vegetales maduras y los hongos superiores carecen de centriolos visibles y forman el huso mitótico con zonas de organización de microtúbulos (ZOM) sin estructura de centriolo. Sin embargo, las células de briofitas, helechos y algas sí poseen centriolos.

## Importancia

**Enfermedades mitocondriales:** Las mutaciones en el ADN mitocondrial causan enfermedades neuromusculares graves como el síndrome de MELAS y la neuropatía de Leber. Al heredarse solo por la madre, siguen un patrón único de herencia materna.

**Citoesqueleto y cáncer:** Fármacos como el taxol (paclitaxel) estabilizan los microtúbulos impidiendo la despolimerización, bloqueando la mitosis de las células tumorales. La vincristina hace lo contrario: despolimeriza los microtúbulos. Ambos son anticancerígenos de uso clínico.

**Biotecnología:** El conocimiento de los ribosomas eucariotas ha permitido diseñar antibióticos que bloquean selectivamente los ribosomas 70S bacterianos sin afectar a los 80S humanos, siendo la base de múltiples fármacos de uso clínico.

## PRÁCTICA

### I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. ¿Qué orgánulo produce la mayor cantidad de ATP en la célula eucariota?

- a) El ribosoma, que sintetiza proteínas en el citoplasma.
- b) La mitocondria, sede de la respiración celular aeróbica.
- c) El núcleo, que controla la expresión de genes energéticos.
- d) El Golgi, que empaqueta y distribuye moléculas energéticas.

2. ¿Por qué las mitocondrias se consideran evidencia de la teoría endosimbiótica?

- a) Carecen de membrana propia y flotan en el citoplasma.
- b) Se dividen por gemación igual que las células vegetales.
- c) Poseen ADN circular propio, ribosomas 70S y se reproducen por fisión binaria.
- d) Producen enzimas que solo funcionan en condiciones anaerobias.

3. ¿Cuál es la función principal de las crestas mitocondriales?

- a) Almacenar el ADN circular de la mitocondria.
- b) Controlar el flujo de protones entre los compartimentos.
- c) Contener las enzimas del ciclo de Krebs en la matriz.
- d) Aumentar la superficie disponible para la cadena respiratoria.

4. ¿Cuál es la función de los ribosomas libres en el citoplasma?

- a) Sintetizar proteínas destinadas a la secreción al exterior.
- b) Sintetizar proteínas para inserción en membranas del RE.
- c) Sintetizar proteínas para uso interno en el citoplasma.
- d) Sintetizar subunidades ribosomales nuevas en el nucleolo.

5. ¿Cuál es el componente más delgado del citoesqueleto eucariota?

- a) Los microtúbulos, cilindros de tubulina de 25 nm.
- b) Los filamentos intermedios, fibras proteicas de 10 nm.
- c) Los microfilamentos de actina, polímeros de solo 7 nm.
- d) Los centriolos, cilindros de 9 tripletes de microtúbulos.

6. ¿Qué estructura del citoesqueleto forma el huso mitótico en la división celular?

- a) Los microfilamentos de actina, que participan en la citocinesis.
- b) Los microtúbulos de tubulina, que separan los cromosomas.
- c) Los filamentos intermedios de queratina, que mantienen la forma.
- d) Los centriolos, que anclan los cromosomas en la metafase.

7. ¿En qué se especializan los filamentos intermedios del citoesqueleto?

- a) Proporcionar resistencia mecánica y mantener la forma celular.
- b) Transportar vesículas por el interior del citoplasma.
- c) Participar en la contracción muscular junto con la miosina.
- d) Organizar los microtúbulos durante la mitosis.

8. ¿Cuál es la función del centrosoma en la célula eucariota?

- a) Almacenar lípidos cercano a la membrana plasmática.
- b) Sintetizar proteínas ribosomales en el interior del núcleo.
- c) Degradar proteínas dañadas mediante el sistema ubiquitina.
- d) Actuar como centro organizador de microtúbulos del huso mitótico.

9. ¿Qué propiedad de las mitocondrias apoya mejor la teoría endosimbiótica?

- a) Su doble membrana y su capacidad de dividirse por fisión binaria.
- b) Su ADN circular y ribosomas 70S similares a los de bacterias actuales.
- c) Ambas opciones anteriores son correctas y apoyan dicha teoría.
- d) Su capacidad de producir ATP mediante fosforilación oxidativa.

10. ¿Cuál es la función de los microfilamentos de actina?

- a) Formar el huso mitótico que separa los cromosomas.
- b) Mantener la forma celular, participar en la contracción y la citocinesis.
- c) Nuclean los microtúbulos y forman el centrosoma.
- d) Sintetizan proteínas para uso interno junto con el RER.

## II. ¿Qué particularidad tienen los centriolos respecto a las células vegetales?

- a) Los ribosomas, presentes en todas las células eucariotas.
- b) La mitocondria, presente en todas las células aeróbicas.
- c) El cloroplasto, exclusivo de células vegetales.
- d) Los centriolos, ausentes en células vegetales maduras y hongos.

## 12. ¿Qué producen los ribosomas del RER específicamente?

- a) Proteínas para uso interno del citoplasma.
- b) Proteínas para degradación en los lisosomas.
- c) Proteínas para secreción o inserción en membranas.
- d) Proteínas para el huso mitótico en la división celular.

## 13. ¿Qué ocurre en la matriz mitocondrial durante la respiración aeróbica?

- a) La glucólisis convierte glucosa en dos piruvatos.
- b) La cadena de transporte produce la mayor cantidad de ATP.
- c) La fosforilación oxidativa usa el gradiente de protones.
- d) El ciclo de Krebs oxida el acetil-CoA produciendo NADH y CO<sub>2</sub>.

3. Los microfilamentos están formados por el polímero de la proteína \_\_\_\_\_ y participan en la contracción muscular y la citocinesis.

4. Los filamentos intermedios brindan \_\_\_\_\_ mecánica a la célula y mantienen su forma bajo condiciones de estrés físico.

5. Los microtúbulos forman el huso mitótico y los \_\_\_\_\_, estructuras que permiten el movimiento en algunas células eucariotas.

## II COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio

1. Las mitocondrias poseen ADN \_\_\_\_\_ propio y ribosomas 70S, lo que sugiere un origen bacteriano (teoría endosimbiótica).

2. Los \_\_\_\_\_ son complejos macromoleculares de ARN ribosómico y proteínas, responsables de la síntesis de proteínas.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 05

### CÉLULA EUCARIOTA VEGETAL

**PROPÓSITO:** Analizar las características de la célula vegetal, reconociendo sus orgánulos exclusivos (pared celular, cloroplastos y vacuola central) y su papel en la fotosíntesis y el soporte estructural de las plantas.

#### LA CÉLULA VEGETAL: UNA CÉLULA EUCARIOTA ESPECIALIZADA

La célula vegetal es una célula eucariota que, además de compartir con la célula animal los orgánulos fundamentales (núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas, lisosomas), posee tres estructuras únicas que definen su naturaleza autótrofa: la pared celular de celulosa, los cloroplastos y la vacuola central. Estas estructuras exclusivas permiten a las plantas capturar energía solar, producir su propio alimento, almacenar grandes reservas de agua y mantener la rigidez estructural necesaria para crecer en altura sin un esqueleto interno. La célula vegetal típica tiene forma poligonal fija y mide entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ .

células adyacentes en la lámina media y es responsable de la consistencia gelatinosa de las mermeladas. Permite que la célula se expanda al crecer.

**Pared secundaria:** Se deposita sobre la primaria una vez que la célula ha dejado de crecer. Más gruesa y rígida. Puede contener lignina, un polímero fenólico que impermeabiliza y endurece las células del xilema leñoso. Las células escleroides y fibras esclerenquimáticas tienen pared secundaria muy gruesa.

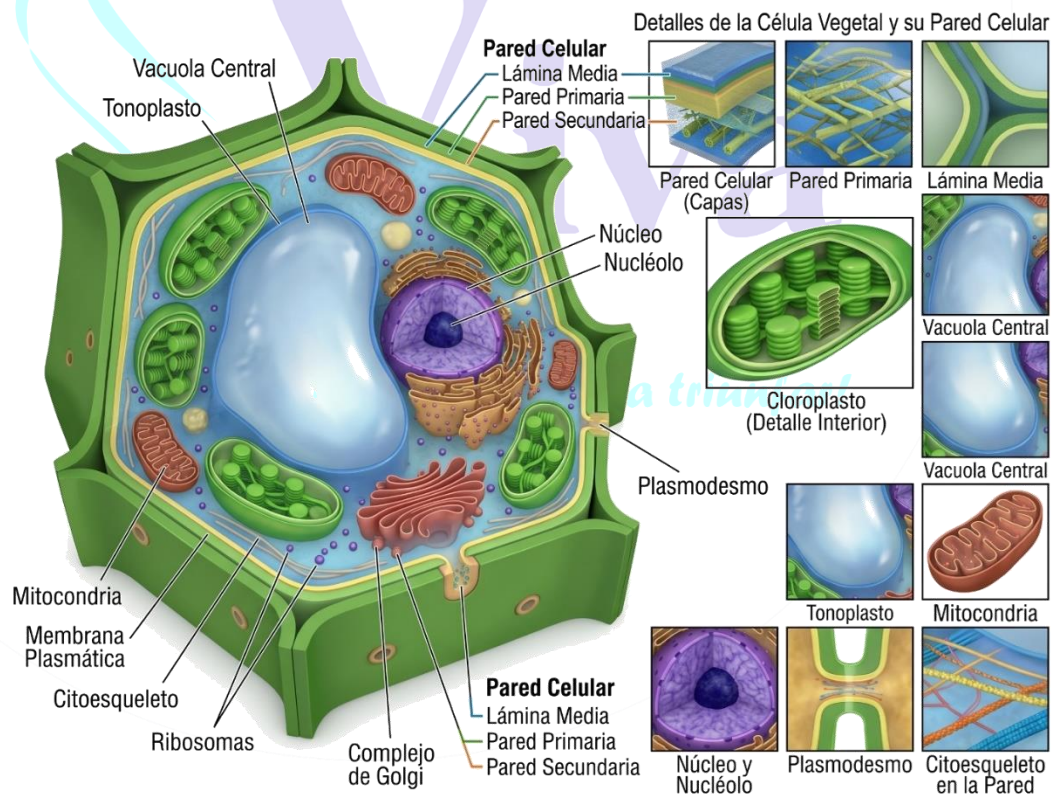
**Plasmodesmos:** Canales citoplasmáticos de 20-40 nm de diámetro que atraviesan la pared celular y la membrana plasmática, conectando el citoplasma de células adyacentes. Cada plasmodesmo contiene un tubo del RE (desmoútilo) en su interior. Permiten el tránsito de agua, azúcares, iones, ARN e incluso proteínas entre células, coordinando el funcionamiento de tejidos enteros. El conjunto de células conectadas por plasmodesmos forma el simplasto.

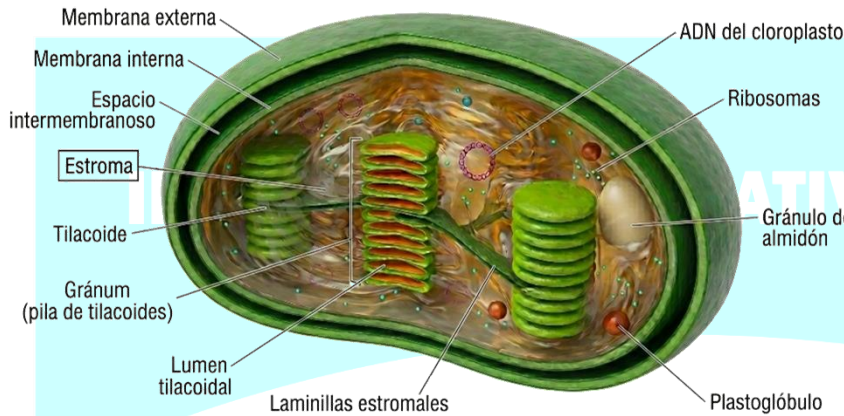
**Diferencia clave con células animales:** Las células animales carecen completamente de pared celular, lo que les da forma variable e irregular y les permite realizar movimientos ameboides. Las células vegetales tienen forma fija y poligonal gracias a la pared celular.

#### I. PARED CELULAR: LA ARMADURA PROTECTORA DE CELULOSA

La pared celular es la cubierta rígida que rodea externamente la membrana plasmática. Su composición varía según la madurez y función de la célula, pero siempre tiene como componente central la celulosa, el polisacárido más abundante del planeta.

**Pared primaria:** Primera pared que se forma durante el crecimiento celular. Delgada y elástica, compuesta de celulosa (30%), hemicelulosa, pectina y glicoproteínas. La pectina actúa como cemento entre





**Granas:** Cada grana es una pila de 5-20 tilacoides apilados como monedas (granum). Una célula vegetal tiene 40-60 granas por cloroplasto. Los tilacoides de distintas granas se conectan entre sí por los tilacoides del estroma (lamelas del estroma). Los fotosistemas están principalmente concentrados en las membranas de las granas, maximizando la captación de luz.

**Pigmentos fotosintéticos y su organización:** Los pigmentos se organizan en complejos antena y centros de reacción. La clorofila a (P680 en PSII, P700 en PSI) es el pigmento de reacción que realiza la conversión fotoquímica. Las clorofilas b, los carotenoides y las xantofilas forman los complejos antena que capturan fotones de mayor rango espectral y los transfieren por resonancia de energía al centro de reacción.

## 2. CLOROPLASTOS: LAS FÁBRICAS DE GLUCOSA Y OXÍGENO

Los cloroplastos son orgánulos doble-membranosos de 4-10  $\mu\text{m}$  de largo presentes exclusivamente en células vegetales y algas. Son los sitios de la fotosíntesis: el proceso que convierte energía luminosa en energía química almacenada en glucosa. Una célula del mesófilo foliar puede contener 20-100 cloroplastos. Al igual que las mitocondrias, poseen ADN circular propio y ribosomas 70S, lo que apoya la teoría endosimbiótica (origen a partir de una cianobacteria).

**Membrana externa del cloroplasto:** Membrana lisa y altamente permeable gracias a porinas. Permite el libre paso de iones, azúcares y nucleótidos entre el citoplasma y el espacio intermembranoso. Es relativamente simple comparada con la membrana interna.

**Membrana interna del cloroplasto (envolvente interna):** Selectivamente permeable. Contiene transportadores específicos para el  $\text{CO}_2$ , la glucosa y el fosfato. Regula el intercambio entre el estroma y el citoplasma. A diferencia de la membrana interna mitocondrial, no forma crestas.

**Estroma:** Fluido viscoso que ocupa el interior del cloroplasto, rodeado por la membrana interna. Contiene: todas las enzimas del ciclo de Calvin (especialmente RuBisCO, la proteína más abundante del planeta), el ADN cloroplástico circular, ribosomas 70S, almidón en gránulos y ARN propios. Es el sitio de las reacciones independientes de la luz.

**Tilacoides:** Sacos membranosos aplanados y cerrados que flotan en el estroma. Su membrana contiene los complejos de la cadena fotosintética: fotosistema II (PSII), citocromo b6/f, fotosistema I (PSI) y la ATP sintasa cloroplástica. El espacio interior del tilacoide (lumen tilacoidal) acumula los protones durante la fase lumínica. Las antenas de clorofila (LHCII) rodean a los fotosistemas y capturan la energía luminosa.

## 3. VACUOLA CENTRAL: EL GRAN RESERVORIO MULTIUSOS

La vacuola central es una organela única de las células vegetales maduras. Se forma por fusión de pequeñas vacuolas durante la diferenciación celular y llega a ocupar el 80-90 % del volumen celular, comprimiendo al núcleo, los cloroplastos y las mitocondrias contra la membrana plasmática en una delgada capa de citoplasma periférico denominada capa citoplásmica parietal.

**Tonoplasto:** La membrana que rodea a la vacuola central. Contiene: (1) acuaporinas TIP (tonoplast intrinsic proteins) que controlan el flujo de agua hacia dentro y fuera de la vacuola, (2) bombas de protones (V-ATPasa y pirofosfatasa) que acidifican el interior de la vacuola (pH 5-5.5), (3) transportadores ABC que importan compuestos de defensa y metabolitos secundarios al interior.

**Jugo vacuolar y su composición:** El interior de la vacuola contiene: agua (componente mayoritario), iones inorgánicos ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa), ácidos orgánicos (cítrico, málico), pigmentos (antocianinas: rojo, azul, violeta según pH), aminoácidos libres, proteínas de reserva, alcaloides (caféina, morfina, nicotina), taninos y otras sustancias de defensa contra herbívoros.

**Turgencia y presión de turgor:** Cuando la vacuola se llena de agua por ósmosis, ejerce presión sobre el tonoplasto y este a su vez sobre la membrana plasmática y la pared celular. Esta presión de turgor es la principal fuerza de sostén en tejidos blandos no leñosos (hojas, tallos herbáceos). La pérdida de

turgencia por deshidratación provoca el marchitamiento de la planta.

| ESTRUCTURA             | CÉLULA ANIMAL       | CÉLULA VEGETAL                         |
|------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| <b>Pared celular</b>   | No tiene            | Celulosa (rígida, con plasmodesmos)    |
| <b>Cloroplastos</b>    | No tiene            | Sí, con ADN propio y ribosomas 70S     |
| <b>Vacuola central</b> | Pequeñas temporales | y Grande y permanente (80-90 %)        |
| <b>Forma</b>           | Variable irregular  | e Fija y poligonal                     |
| <b>Nutrición</b>       | Heterótrofa         | Autótrofa (fotosíntesis)               |
| <b>Centriolos</b>      | Sí, presentes       | Ausentes en plantas superiores maduras |

### Importancia

**Productores primarios de la Tierra:** Las células vegetales sostienen prácticamente todas las cadenas alimenticias terrestres y producen el oxígeno que respiramos. La fotosíntesis fija 120 gigatoneladas de carbono al año.

**Regulación del CO<sub>2</sub> y cambio climático:** Los bosques y las plantas absorben enormes cantidades de CO<sub>2</sub>, actuando como sumideros de carbono clave para mitigar el calentamiento global. La deforestación libera este carbono almacenado.

**Materiales e industria:** La celulosa de la pared vegetal es la base del papel, fibras textiles (algodón, lino), biocombustibles y plásticos biodegradables. La lignina es el componente principal de la madera.

## PRÁCTICA

### I PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. ¿Cuál de las siguientes NO es una estructura exclusiva de la célula vegetal?

- Pared celular de celulosa.
- Cloroplastos con clorofila.
- Mitocondrias para la respiración celular aeróbica.
- Vacuola central de gran tamaño y permanente.

2. ¿De qué está compuesta principalmente la pared celular de las plantas?

- Celulosa, polisacárido que forma fibras muy resistentes.
- Quitina, el polisacárido de la pared de los hongos.
- Peptidoglicano, exclusivo de la pared bacteriana.
- Lignina, que endurece el xilema vegetal.

3. ¿Qué estructura permite la comunicación directa entre células vegetales adyacentes?

- Los poros nucleares, que comunican el núcleo con el citoplasma.
- Los ribosomas del RER, que sintetizan señales químicas.
- Los plasmodesmos, canales que atraviesan la pared celular.
- Los centriolos, que forman el huso mitótico.

4. ¿Qué pigmento verde captura la energía luminosa en los cloroplastos?

- El caroteno, pigmento anaranjado que protege contra el fotodaño.
- La clorofila, pigmento principal que absorbe luz roja y azul-violeta.
- La xantofila, pigmento amarillo que complementa la captura luminosa.
- La antocianina, pigmento rojo-violeta de flores y frutos.

5. ¿Cuánto del volumen celular ocupa la vacuola central en una célula vegetal madura?

- El 20-30 %.
- El 40-50 %.
- El 60-70 %.
- El 80-90 %.

6. ¿Qué membrana rodea específicamente a la vacuola central vegetal?

- El plasmalema o membrana plasmática.
- El tonoplasto, membrana especializada de la vacuola.
- El cloroplasto, membrana interna fotosintética.
- El tilacoide, saco donde se ubican los pigmentos.

7. ¿Cuál es la ecuación general de la fotosíntesis en los cloroplastos?

- $\text{Glucosa} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$  (respiración).
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{glucosa} + \text{CO}_2$  (incompleta).
- $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$  (correcta).
- $\text{ATP} + \text{NADPH} + \text{glucosa} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (incorrecta).

8. ¿Cuál es la diferencia correcta entre célula animal y célula vegetal?

- La célula animal tiene cloroplastos; la vegetal no tiene mitocondrias.
- La célula vegetal tiene pared celular de celulosa; la animal no tiene pared.
- La célula animal tiene vacuola central grande y permanente.
- La célula vegetal siempre tiene centriolos bien definidos.

9. ¿Cuál es la función principal de la vacuola central?

- Realizar la fotosíntesis usando la clorofila almacenada.
- Sintetizar lípidos para las membranas celulares internas.
- Mantener la turgencia, almacenar agua, nutrientes y sustancias de desecho.
- Degradar material extraño captado por endocitosis.

10. ¿Qué son los tilacoides en la estructura interna del cloroplasto?

- El líquido interno donde ocurren las reacciones del ciclo de Calvin.
- Las pilas de sacos membranosos donde se ubica la clorofila.

- c) Las fibras de celulosa que refuerzan la membrana interna.
- d) Las enzimas que catalizan la fijación del CO<sub>2</sub> en el estroma.

## 11. ¿Cuál de estas funciones realiza la pared celular en las plantas?

- a) Capturar energía luminosa para producir ATP en la fotosíntesis.
- b) Almacenar agua y pigmentos para atraer polinizadores.
- c) Proporcionar soporte estructural, protección y control del crecimiento.
- d) Regular la temperatura celular por evaporación de agua.

## 12. ¿Por qué las células vegetales son autótrofas?

- a) Porque tienen pared celular rígida que produce energía mecánica.
- b) Porque tienen vacuola central que almacena nutrientes orgánicos.
- c) Porque tienen mitocondrias que producen ATP sin necesitar glucosa.
- d) Porque tienen cloroplastos que realizan fotosíntesis convirtiendo luz en glucosa.

## 13. ¿Qué proceso ocurre en el estroma del cloroplasto?

- a) La fotólisis del agua que libera O<sub>2</sub> y electrones en los tilacoides.
- b) La absorción de energía luminosa por la clorofila en las granas.
- c) El ciclo de Calvin que fija CO<sub>2</sub> y sintetiza glucosa usando ATP y NADPH.
- d) La cadena de transporte de electrones que produce ATP y NADPH.

## II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio

1. La \_\_\_\_\_ celular está hecha principalmente de celulosa y da rigidez, protección y soporte estructural a la célula vegetal.
2. Los \_\_\_\_\_ son los orgánulos verdes donde ocurre la fotosíntesis y poseen ADN propio y ribosomas 70S.
3. La \_\_\_\_\_ central ocupa el 80-90 % del volumen de la célula vegetal madura, manteniendo la turgencia.
4. La \_\_\_\_\_ es el pigmento verde principal de los cloroplastos que absorbe luz roja y azul-violeta.
5. Los \_\_\_\_\_ son canales citoplasmáticos que atraviesan la pared celular y comunican directamente células vegetales adyacentes.

### TAREA PARA CASA

Elabora un esquema detallado de la fotosíntesis en una célula vegetal. Señala: el cloroplasto con sus partes (membranas, estroma, tilacoides, granas), los reactivos (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, luz), los productos (glucosa, O<sub>2</sub>), la fase lumínica en tilacoides (ATP, NADPH) y el ciclo de Calvin en estroma. Compara la célula vegetal y animal en una tabla con seis diferencias estructurales.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

## SESIÓN 06

### FOTOSÍNTESIS

**PROPÓSITO:** Analizar la fotosíntesis como el proceso mediante el cual plantas, algas y cianobacterias capturan energía luminosa y la convierten en energía química, identificando sus fases, pigmentos, estructuras y productos.

### EL PROCESO QUE SOSTIENE TODA LA VIDA TERRESTRE

La fotosíntesis es el proceso bioquímico mediante el cual los organismos autótrofos (plantas, algas y cianobacterias) capturan energía luminosa del sol y la convierten en energía química almacenada en moléculas orgánicas. Es el proceso más importante de la biosfera: produce el oxígeno que respiramos, fija el carbono del CO<sub>2</sub> atmosférico en materia orgánica y sostiene prácticamente todas las cadenas alimenticias del planeta. Sin la fotosíntesis, la vida compleja en la Tierra sería imposible.

Desde el punto de vista metabólico, es un proceso anabólico (construye moléculas complejas a partir de simples) y endergónico (requiere aporte energético externo: la luz solar). Solo ocurre en presencia de luz y pigmentos fotosintéticos específicos. La ecuación general balanceada es:



### LOCALIZACIÓN CELULAR: ESTRUCTURA DETALLADA DEL CLOROPLASTO

Los cloroplastos son orgánulos especializados de doble membrana (4-10 μm de largo) donde ocurre la fotosíntesis en células eucariotas vegetales. En cianobacterias, el proceso ocurre en membranas tilacoidales distribuidas directamente en el citoplasma, sin cloroplasto definido.

**Membrana externa del cloroplasto:** Lisa y permeable gracias a porinas (proteínas de canal). Permite el libre paso de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, iones y azúcares entre el citoplasma y el espacio intermembranoso. Contiene enzimas de síntesis de ácidos grasos y lípidos de membrana.

**Membrana interna (envolvente interna):** Altamente selectiva. Contiene transportadores específicos para el fosfato inorgánico, el piruvato y los triosas fosfato (precursores de la glucosa). Regula la importación de proteínas nucleares

necesarias para el cloroplasto y el intercambio de metabolitos con el citoplasma.

**Espacio intermembranoso:** Espacio delgado entre las dos membranas envolventes. Funcionalmente diferente al espacio intermembranoso mitocondrial: no acumula protones de forma significativa durante la fotosíntesis.

**Estroma:** Fluido viscoso semilíquido que ocupa el interior del cloroplasto. Contiene: todas las enzimas del ciclo de Calvin (especialmente la RuBisCO, la proteína más abundante del planeta, ~50 % de la proteína total de una hoja), el ADN cloroplástico circular con ~120 genes, ribosomas 70S propios, ARNt y ARNm, gránulos de almidón y plastoglóbulos (depósitos de lípidos y carotenoides). El pH del estroma es ~8 durante la iluminación, lo que favorece la actividad de las enzimas del ciclo de Calvin.

**Tilacoides:** Sacos membranosos aplanados cuya membrana es altamente especializada. Contiene cuatro grandes complejos proteicos: Fotosistema II (PSII, contiene P680), complejo citocromo b<sub>6</sub>f (transfiere electrones y bombea H<sup>+</sup>), Fotosistema I (PSI, contiene P700) y ATP sintasa cloroplástica (CF<sub>0</sub>-CF<sub>1</sub>). El lumen tilacoidal se acidifica durante la iluminación (pH ~5) acumulando los H<sup>+</sup> bombeados, lo que crea el gradiente de protones que impulsa la síntesis de ATP.

**Granas y lamelas del estroma:** Cada grana es una pila de 5-20 tilacoides apilados. Las membranas granicas contienen principalmente el PSII y el LHCII (complejo cosechador de luz). Los tilacoides del estroma (lamelas) conectan las granas entre sí y contienen principalmente el PSI. Esta segregación permite regular la distribución de la energía luminosa entre los dos fotosistemas según las condiciones de luz.

### PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS: CAPTURADORES DE LUZ

Los pigmentos fotosintéticos son moléculas que absorben selectivamente la energía de la luz y la transfieren al centro de reacción de los fotosistemas. Se organizan en complejos antena (que capturan la energía) y centros de reacción (que la convierten en energía química).

**Clorofila a (Chl a):** El pigmento de reacción fotosintética. Absorbe principalmente luz roja (660-680 nm, máximo de absorción) y azul-violeta (430-450 nm). Es el único pigmento que realiza la conversión fotoquímica: en el PSII la Chl a especial (P680) dona un electrón cuando absorbe un fotón, y en el PSI (P700) la Chl a acepta y cede electrones al NADP<sup>+</sup>. Es de color verde intenso.

**Clorofila b (Chl b):** Pigmento accesorio que absorbe luz principalmente en el azul-verde (450-480 nm) y el naranja-rojo (640-660 nm). Forma parte del complejo LHCII (antena del PSII) y transfiere la energía capturada a la Chl a por resonancia de energía de Förster. Amplía el espectro de absorción del sistema fotosintético. Da un color verde más amarillento que la Chl a.

**Carotenoides:** Pigmentos de color amarillo-naranja-rojo que absorben luz en la región de 400-500 nm. Incluyen carotenos ( $\beta$ -caroteno, precursor de la vitamina A) y xantofilas (luteína, zeaxantina). Funciones: capturar energía luminosa en el espectro azul-verde y transferirla a la Chl a (función antena), y principalmente disipar el exceso de energía lumínica como calor o fluorescencia, protegiendo los centros de reacción de la foto-oxidación (fotoinhibición). Son los responsables de los colores amarillos y rojos de las hojas en otoño cuando la Chl se degrada.

**Fotosistema II (PSII) y fotólisis del agua:** La clorofila P680 absorbe un fotón y cede un electrón de alta energía a la cadena. Para recuperar el electrón perdido, el PSII oxida el agua en el sitio de oxidación del agua (OEC):  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$ . El  $\text{O}_2$  liberado al ambiente es el subproducto de esta reacción. Los  $\text{H}^+$  se acumulan en el lumen tilacoide acidificándolo.

**Complejo citocromo b6f y fotofosforilación:** Los electrones fluyen desde el PSII al PSI a través del Cyt b6f, que bombea  $\text{H}^+$  al lumen tilacoide (como el complejo III mitocondrial). El gradiente de  $\text{H}^+$  impulsa la ATP sintasa cloroplástica ( $\text{CF}_0\text{-CF}_1$ ) para producir ATP a partir de  $\text{ADP} + \text{P}_i$  (fotofosforilación).

**Fotosistema I (PSI) y reducción del  $\text{NADP}^+$ :** La clorofila P700 del PSI absorbe otro fotón y cede sus electrones a la ferredoxina, que los transfiere a la  $\text{NADP}^+$  reductasa. Esta enzima reduce el  $\text{NADP}^+$  a  $\text{NADPH}$ , la forma de poder reductor que usará el ciclo de Calvin. Resumen:  $12 \text{H}_2\text{O} + 12 \text{NADP}^+ + 18 \text{ADP} \rightarrow 6\text{O}_2 + 12 \text{NADPH} + 18 \text{ATP}$ .

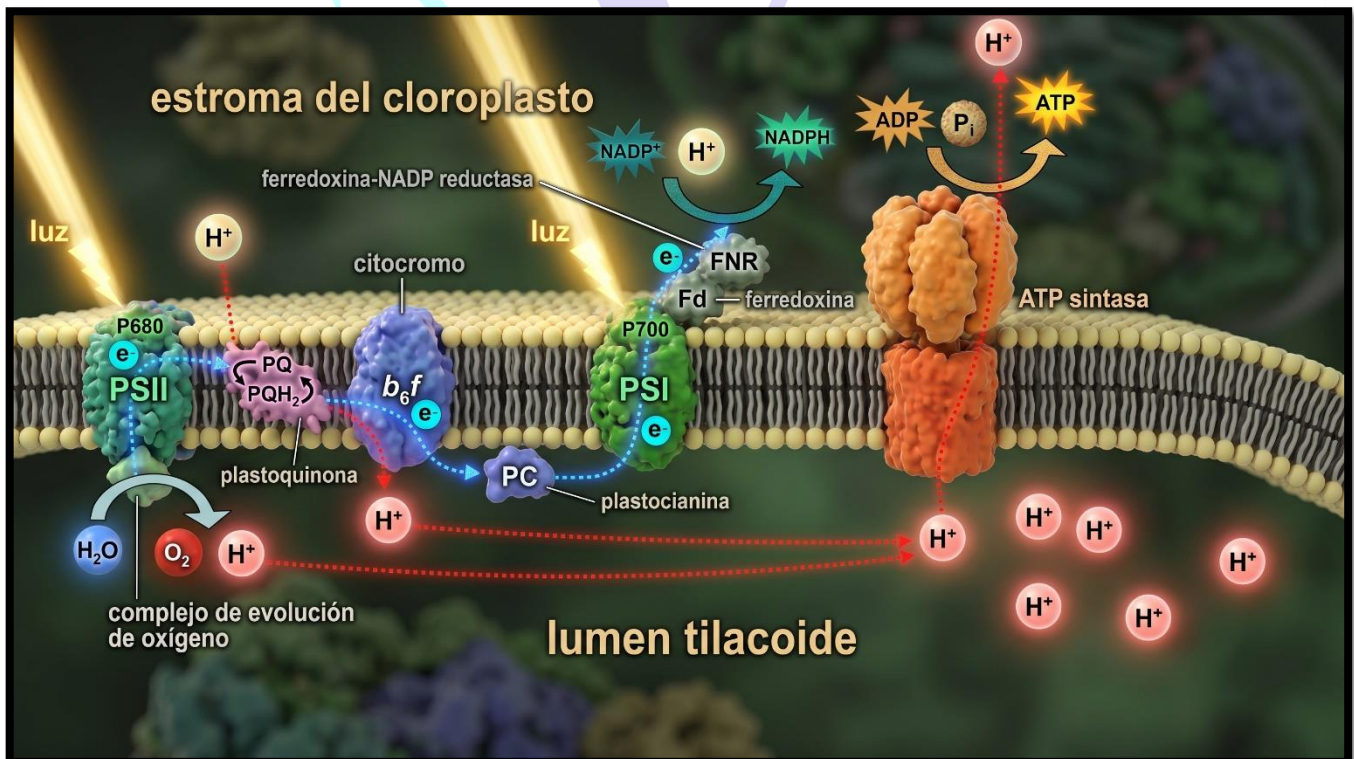
## ETAPAS DE LA FOTOSÍNTESIS

### Fase Lumínica (Reacciones dependientes de luz) – en los tilacoides

La fase lumínica transforma la energía luminosa en energía química en forma de ATP y NADPH. Ocurre en la membrana tilacoide y sigue el flujo lineal de electrones: agua  $\rightarrow$  PSII  $\rightarrow$  Cyt b6f  $\rightarrow$  PSI  $\rightarrow$  NADPH.

### Ciclo de Calvin (Reacciones independientes de luz) – en el estroma

El ciclo de Calvin usa el ATP y el NADPH de la fase lumínica para fijar el  $\text{CO}_2$  atmosférico y sintetizar azúcares. Se divide en tres fases:



**Fase de carboxilación (fijación del CO<sub>2</sub>):** La enzima RuBisCO cataliza la unión del CO<sub>2</sub> con la RuBP (ribulosa-1,5-bifosfato, 5C) formando un compuesto inestable de 6C que se rompe inmediatamente en dos moléculas de 3-fosfoglicerato (3-PGA, 3C). Por cada 3 moléculas de CO<sub>2</sub> fijadas se consumen 3 RuBP.

**Fase de reducción:** El 3-PGA es reducido a gliceraldehído-3-fosfato (G3P, 3C) usando ATP y NADPH de la fase lumínica. El G3P es el primer azúcar producido y el precursor de la glucosa, el almidón, los ácidos grasos y los aminoácidos.

**Fase de regeneración del RuBP:** La mayor parte del G3P producido (5 de cada 6 moléculas) se usa para regenerar la RuBP mediante una serie de reacciones que requieren ATP. Esto permite que el ciclo continúe fijando CO<sub>2</sub> indefinidamente mientras haya luz. El balance por 3 CO<sub>2</sub>: gasta 9 ATP + 6 NADPH, produce 1 G3P neto.

| ASPECTO             | FASE LUMÍNICA                             | CICLO DE CALVIN                         |
|---------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Localización</b> | Membrana tilacoidal                       | Estroma del cloroplasto                 |
| <b>Requiere luz</b> | Sí, directamente                          | No directamente                         |
| <b>Reactivos</b>    | H <sub>2</sub> O, NADP <sup>+</sup> , ADP | CO <sub>2</sub> , ATP, NADPH            |
| <b>Productos</b>    | O <sub>2</sub> , NADPH, ATP               | G3P (→ glucosa), ADP, NADP <sup>+</sup> |
| <b>Enzima clave</b> | Fotosistemas I y II                       | RuBisCO                                 |

## Importancia

**Producción de O<sub>2</sub> y regulación del CO<sub>2</sub>:** La fotosíntesis oxigénica produce el 50 % del O<sub>2</sub> atmosférico y fija ~120 Gt de carbono al año. Los cloroplastos de los océanos y bosques regulan el CO<sub>2</sub> atmosférico, siendo clave para mitigar el cambio climático.

**Biotecnología fotosintética:** Aumentar la eficiencia de la RuBisCO mediante ingeniería genética y desarrollar fotosíntesis artificial en células solares son líneas de investigación activas para aumentar la producción de alimentos y energía renovable.

## PRÁCTICA

### I PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

I. La fotosíntesis es un proceso anabólico porque:

- Construye glucosa a partir de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y luz, almacenando energía.
- Descompone moléculas complejas liberando energía en forma de ATP.
- Solo ocurre en organismos heterótrofos sin clorofila.
- Produce CO<sub>2</sub> y agua a partir de la glucosa.

2. ¿En qué orgánulo ocurre la fotosíntesis en células eucariotas vegetales?

- En la mitocondria, que realiza también la respiración celular.
- En el núcleo, donde se transcriben los genes de las enzimas.
- En el cloroplasto, orgánulo exclusivo de las células vegetales.
- En el retículo endoplasmático liso, que sintetiza los pigmentos.

3. ¿Cuáles son los reactivos de la fotosíntesis completa?

- Glucosa y oxígeno, productos de la respiración celular.
- CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y energía luminosa, para producir glucosa y O<sub>2</sub>.
- ATP, NADPH y CO<sub>2</sub>, que se combinan en el ciclo de Calvin.
- Glucosa, CO<sub>2</sub> y ATP, que se transforman en agua y oxígeno.

4. ¿En qué estructura del cloroplasto se encuentran los pigmentos fotosintéticos?

- En el estroma, fluido del ciclo de Calvin.
- En la membrana externa, permeable a moléculas pequeñas.
- En los tilacoides, membranas de los sacos fotosintéticos.
- En la membrana interna, selectivamente permeable.

5. ¿Cuál es el pigmento fotosintético principal?

- La clorofila a, que absorbe luz roja y azul-violeta.
- La clorofila b, pigmento accesorio que amplía el espectro.
- Los carotenoides, que protegen contra el exceso de luz.
- Las xantofilas, que complementan la captura luminosa.

6. ¿Qué productos se obtienen en la fase lumínica?

- Glucosa y CO<sub>2</sub>, productos finales de la fotosíntesis.
- ATP, NADPH y O<sub>2</sub>, producidos por la fotólisis del agua.
- Solo glucosa, transportada al floema de la planta.
- Solo O<sub>2</sub>, único producto de las reacciones en los tilacoides.

7. ¿Dónde ocurre el ciclo de Calvin?

- En los tilacoides, donde se capta la energía luminosa.
- En las granas, apilamientos de tilacoides con clorofila.
- En el estroma del cloroplasto, usando ATP y NADPH.
- En el citoplasma celular, igual que la glucólisis.

8. La fotólisis del agua produce:

- CO<sub>2</sub> y glucosa, usados en el ciclo de Calvin.
- O<sub>2</sub> liberado, electrones para la cadena fotosintética y H<sup>+</sup>.
- Solo ATP y NADPH, sin liberar ningún gas.
- Solo H<sub>2</sub>O y calor disipado al ambiente celular.

9. ¿En qué se diferencia la fotosíntesis oxigénica de la anoxigénica?

- La oxigénica usa CO<sub>2</sub>; la anoxigénica usa glucosa.
- La oxigénica libera O<sub>2</sub> usando agua como donador; la anoxigénica no libera O<sub>2</sub>.
- La oxigénica solo ocurre de noche; la anoxigénica de día.
- La oxigénica produce ATP; la anoxigénica solo NADPH.

**10. ¿En qué se diferencia la fotosíntesis de la respiración celular como proceso metabólico?**

- a) Son procesos idénticos en el mismo orgánulo.
- b) La fotosíntesis solo ocurre en plantas; la respiración solo en animales.
- c) La fotosíntesis captura energía luminosa; la respiración libera energía química.
- d) La fotosíntesis produce  $\text{CO}_2$ ; la respiración produce glucosa.

**11. ¿Qué son las granas en la estructura interna del cloroplasto?**

- a) Las enzimas del ciclo de Calvin en el estroma.
- b) Apilamientos de tilacoides donde está la clorofila.
- c) Los poros de la membrana externa del cloroplasto.
- d) Las moléculas de ATP producidas en la fase lumínica.

**12. ¿Qué organismos realizan fotosíntesis oxigénica además de las plantas?**

- a) Las algas y las cianobacterias, primeros productores de  $\text{O}_2$ .
- b) Las bacterias heterótrofas y los hongos en baja luz.
- c) Las arqueobacterias termófilas de fuentes hidrotermales.
- d) Los protozoos del plancton marino en zonas luminosas.

**13. ¿Cuál es el producto orgánico principal del ciclo de Calvin?**

- a) El piruvato, precursor del acetil-CoA en el ciclo de Krebs.
- b) El ATP, la moneda energética de todos los procesos celulares.

- c) La glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), hidrato de carbono rico en energía.
- d) El NADPH, coenzima reductora que transporta electrones.

**II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio**

1. La fotosíntesis convierte energía \_\_\_\_\_ en energía química almacenada en la molécula de glucosa.
2. Las reacciones dependientes de la luz ocurren en las membranas de los \_\_\_\_\_, sacos del cloroplasto donde está la clorofila.
3. El \_\_\_\_\_ es el fluido interno del cloroplasto donde ocurren las reacciones del ciclo de Calvin.
4. La \_\_\_\_\_ del agua durante la fase lumínica libera oxígeno como subproducto y proporciona electrones a la cadena fotosintética.
5. Los \_\_\_\_\_ son apilamientos de tilacoides que forman estructuras discoidales donde se concentra la mayor parte de los pigmentos.

**TRUJILLO**

*¡Preparando para triunfar!*

## SESIÓN 07

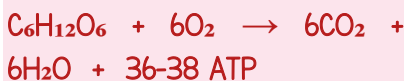
### RESPIRACIÓN CELULAR

**PROPÓSITO:** Explicar la respiración celular como el proceso mediante el cual las células obtienen ATP a partir de la oxidación de nutrientes, distinguiendo sus etapas y los tipos aeróbico y anaeróbico.

#### LA FUENTE DE ENERGÍA PARA TODOS LOS PROCESOS VITALES

La respiración celular es el proceso bioquímico fundamental mediante el cual todas las células vivas obtienen energía en forma de ATP (adenosín trifosfato) para realizar sus funciones. Convierte la energía química almacenada en moléculas orgánicas, principalmente la glucosa, en una forma de energía directamente utilizable por la célula. Sin ATP, ninguna función celular sería posible: ni la síntesis de proteínas, ni el transporte activo a través de membranas, ni la contracción muscular, ni la transmisión de impulsos nerviosos, ni el mantenimiento de la temperatura corporal.

A diferencia de la fotosíntesis, es un proceso catabólico (descompone moléculas complejas liberando energía) y universal: ocurre en todas las células de todos los seres vivos, de forma continua mientras la célula esté viva, con o sin luz.



#### LOCALIZACIÓN CELULAR: DÓNDE OCURRE CADA ETAPA

**Citoplasma (citosol):** Es el sitio exclusivo de la glucólisis, la primera etapa. Ocurre tanto en condiciones aeróbicas (el piruvato pasa a la mitocondria) como anaeróbicas (el piruvato se fermenta en el citoplasma). También es el sitio de la fermentación láctica y alcohólica.

**Mitocondria – Matriz mitocondrial:** Sitio de la piruvato descarboxilación (conversión de piruvato en acetil-CoA) y del ciclo de Krebs. La matriz contiene todas las enzimas del ciclo, el ADN mitocondrial circular y ribosomas 70S.

**Mitocondria – Membrana interna (crestas):** Sitio de la cadena de transporte de electrones y de la ATP sintasa (Complejo V). La gran superficie de las crestas maximiza la producción de

ATP. Los cuatro complejos proteicos (I, II, III, IV) bombean  $H^+$  al espacio intermembranoso creando el gradiente que impulsa la ATP sintasa.

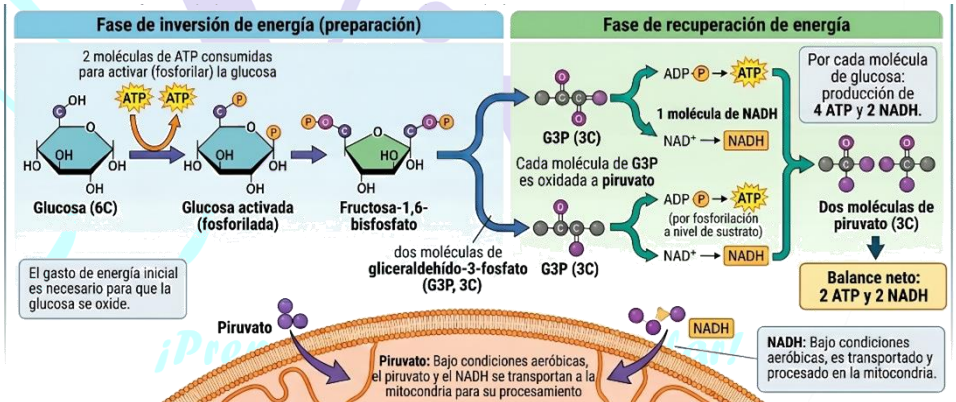
#### ETAPAS DE LA RESPIRACIÓN CELULAR AERÓBICA

##### I. Glucólisis (en el citoplasma)

La glucólisis es la etapa más antigua evolutivamente (presente en todos los seres vivos) y la única que puede ocurrir sin oxígeno. Una molécula de glucosa (6C) se divide en dos moléculas de piruvato (3C) mediante una serie de 10 reacciones enzimáticas en el citosol.

**Fase de inversión energética (preparación):** Se consumen 2 ATP para activar (fosforilar) la glucosa y convertirla en fructosa-1,6-bisfosfato, que se divide en dos moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (G3P, 3C). Este gasto inicial de energía es necesario para que la glucosa pueda ser oxidada.

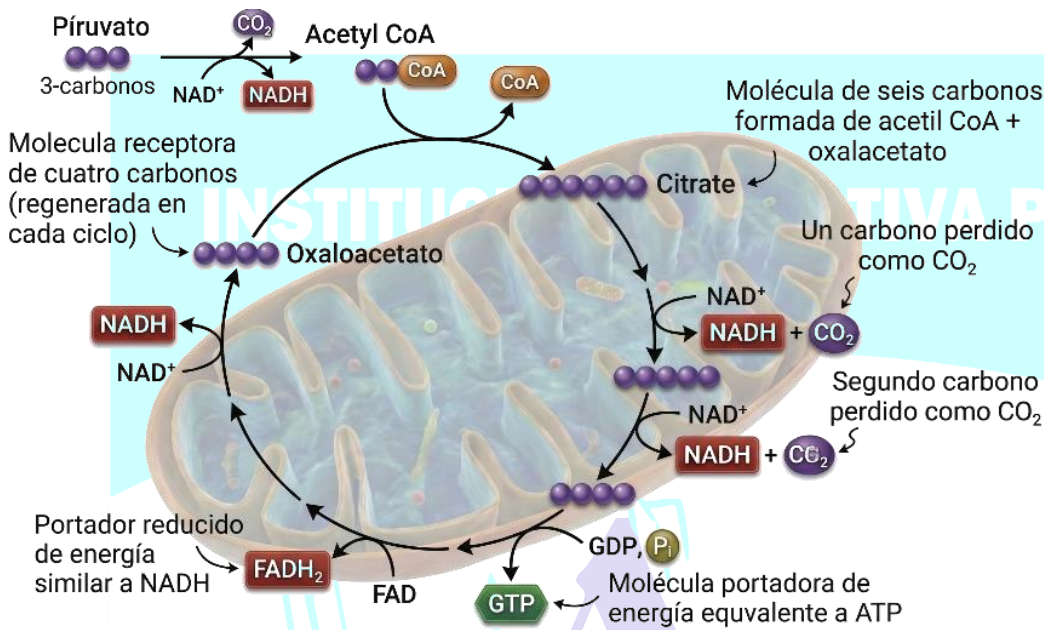
**Fase de recuperación energética:** Cada G3P se oxida a piruvato generando 2 ATP (por fosforilación a nivel de sustrato) y 1 NADH. Por cada glucosa: producción de 4 ATP y 2 NADH. Balance neto: 2 ATP y 2 NADH. En condiciones aeróbicas, el piruvato y el NADH pasan a la mitocondria para continuar.



##### 2 Piruvato descarboxilación y Ciclo de Krebs (en la matriz mitocondrial)

**Piruvato descarboxilación (enlace):** El piruvato (3C) entra a la mitocondria y la piruvato deshidrogenasa lo convierte en acetil-CoA (2C) +  $CO_2$  + NADH. El  $CO_2$  se libera y el acetil-CoA entra al ciclo de Krebs. Por cada glucosa: 2 piruvatos → 2 acetil-CoA + 2  $CO_2$  + 2 NADH.

**Ciclo de Krebs (ciclo del ácido cítrico):** El acetil-CoA (2C) se condensa con el oxalacetato (4C) formando citrato (6C), iniciando el ciclo. En 8 reacciones enzimáticas se liberan 2



$\text{CO}_2$ , se producen 3 NADH, 1  $\text{FADH}_2$  y 1 GTP ( $\approx$  1 ATP) por vuelta. Por cada glucosa (2 vueltas): 4  $\text{CO}_2$  + 6 NADH + 2  $\text{FADH}_2$  + 2 ATP. Los NADH y  $\text{FADH}_2$  son los portadores de electrones de alta energía que alimentarán la cadena respiratoria.

### 3. Cadena de transporte de electrones y fosforilación oxidativa (membrana interna)

Es la etapa que produce la mayor cantidad de ATP (~32-34 de los 36-38 totales). Los electrones del NADH y  $\text{FADH}_2$  fluyen a través de cuatro complejos proteicos (Complejos I, II, III y IV) incrustados en la membrana interna mitocondrial:

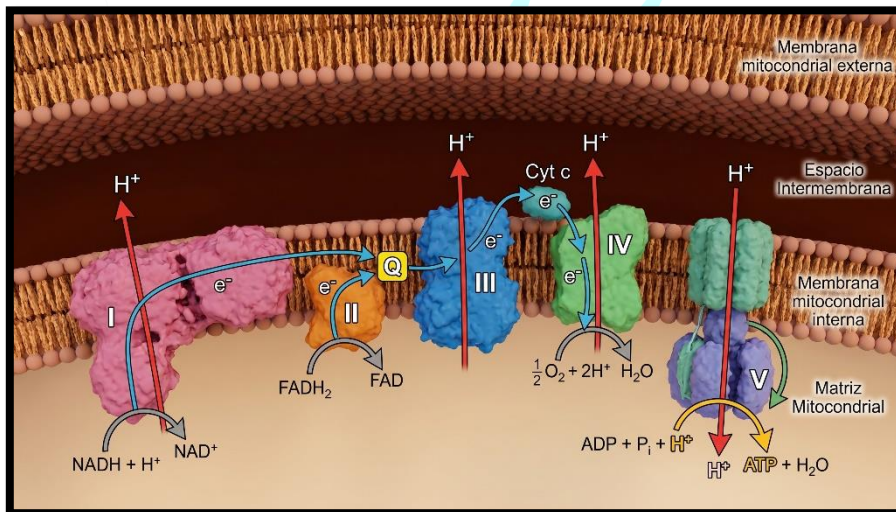
**Complejos I, II, III y IV de la cadena:** El Complejo I (NADH deshidrogenasa) acepta electrones del NADH y bombea  $4\text{H}^+$ . El Complejo II acepta electrones del  $\text{FADH}_2$  sin bombear  $\text{H}^+$ .

El Complejo III (citocromo bc1) bombea  $4\text{H}^+$  por electrones transferidos a través de la coenzima Q (ubiquinona). El Complejo IV (citocromo c oxidasa) transfiere los electrones al  $\text{O}_2$  formando  $\text{H}_2\text{O}$  y bombea  $2\text{H}^+$ .

**ATP sintasa (Complejo V) y quimioósmosis:** Los  $\text{H}^+$  acumulados en el espacio intermembranoso (pH ~6.5 vs. matriz pH ~7.9) fluyen de vuelta a la matriz a través de la ATP sintasa ( $\text{CF}_0\text{-CF}_1$ ), impulsando la rotación de su dominio catalítico y la síntesis de ATP a partir de  $\text{ADP} + \text{P}_i$ . Por cada NADH se producen ~2.5 ATP; por cada

$\text{FADH}_2$ , ~1.5 ATP.

| ETAPA                     | UBICACIÓN                | PRODUCTOS CLAVE                                     | ATP NETO  |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| Glucólisis                | Citoplasma (citosol)     | 2 Piruvato, 2 NADH                                  | 2 ATP     |
| Piruvato descarboxilación | Matriz mitocondrial      | 2 Acetil-CoA, 2 $\text{CO}_2$ , 2 NADH              | 0 ATP     |
| Ciclo de Krebs            | Matriz mitocondrial      | 6 NADH, 2 $\text{FADH}_2$ , 4 $\text{CO}_2$         | 2 ATP     |
| Cadena de transporte (FO) | Membrana interna mito.   | $\text{H}_2\text{O}$ ( $\text{O}_2$ acceptor final) | 32-34 ATP |
| <b>TOTAL</b>              | Citoplasma + Mitocondria | 6 $\text{CO}_2$ , 6 $\text{H}_2\text{O}$            | 36-38 ATP |



### TIPOS DE RESPIRACIÓN CELULAR Y FERMENTACIÓN

**Respiración aeróbica:** Requiere  $\text{O}_2$ . Rendimiento: 36-38 ATP/glucosa. Proceso completo: glucólisis + ciclo de Krebs + cadena de transporte. Productos finales:  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El más eficiente: convierte ~40% de la energía de la glucosa en ATP; el resto se libera como calor.

**Fermentación láctica (anaeróbica en animales y bacterias):** No utiliza  $\text{O}_2$ . Solo incluye la glucólisis. El piruvato se reduce a ácido láctico por la lactato deshidrogenasa, regenerando el  $\text{NAD}^+$  necesario para

continuar la glucólisis. Rendimiento: 2 ATP/glucosa. Ocurre en músculo durante ejercicio intenso, causando la sensación de fatiga y ardor muscular. Las bacterias lácticas la usan para producir yogur y queso.

**Fermentación alcohólica (en levaduras y algunos hongos y plantas):** No utiliza O<sub>2</sub>. El piruvato se convierte primero en acetaldehído (liberando CO<sub>2</sub>) y luego en etanol por la alcohol deshidrogenasa, regenerando NAD<sup>+</sup>. Rendimiento: 2 ATP/glucosa. Aplicaciones industriales: panificación (el CO<sub>2</sub> produce las burbujas que esponjan la masa), producción de cerveza, vino, sidra y etanol combustible.

## Importancia

**Función energética universal:** La respiración celular proporciona el ATP necesario para la síntesis de biomoléculas, el transporte activo, la contracción muscular, la transmisión nerviosa y el mantenimiento de la homeostasis en todos los seres vivos del planeta.

**Función metabólica:** Los intermediarios del ciclo de Krebs (α-cetoglutarato, succinato, fumarato, oxalacetato) son precursores para la biosíntesis de aminoácidos, ácidos grasos y bases nitrogenadas. La respiración integra el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.

**Biotecnología:** La fermentación alcohólica de levaduras es la base de la industria panadera, cervecera y vinícola mundial. La fermentación láctica se usa para producir yogur, queso, chucrut y suplementos de ácido láctico. La producción de biocombustibles (etanol de caña o maíz) explota la fermentación alcohólica a gran escala.

**Medicina y deporte:** La comprensión de la respiración celular explica la fatiga muscular por lactato, la adaptación del organismo al entrenamiento aeróbico y el uso de fármacos que interfieren con la cadena de transporte de electrones (como la metformina en diabetes tipo 2).

## PRÁCTICA

### I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. La respiración celular es un proceso catabólico porque:

- a) Construye moléculas de glucosa a partir de aminoácidos.
- b) Descompone glucosa liberando energía en forma de ATP.
- c) Captura energía luminosa y la convierte en energía química.
- d) Sintetiza glucosa a partir de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

2. ¿Cuántas moléculas de ATP produce la oxidación completa de una glucosa (vía aeróbica)?

- a) 2 ATP, solo en respiración anaeróbica.

- b) 4 ATP, balance neto solo de la glucólisis.
- c) 36-38 ATP, por la respiración aeróbica completa.
- d) 50 ATP, por la fermentación láctica.

3. ¿En qué parte de la célula ocurre exclusivamente la glucólisis?

- a) En el citoplasma, donde se degrada glucosa en dos piruvatos.
- b) En la matriz mitocondrial, junto al ciclo de Krebs.
- c) En la membrana interna mitocondrial, donde se producen 32-34 ATP.
- d) En el espacio intermembranoso de la mitocondria.

4. ¿Qué gas actúa como aceptor final de electrones en la respiración aeróbica?

- a) El CO<sub>2</sub>, producido como desecho en el ciclo de Krebs.
- b) El N<sub>2</sub>, el gas más abundante en la atmósfera.
- c) El O<sub>2</sub>, que se reduce a agua al aceptar electrones y H<sup>+</sup>.
- d) El H<sub>2</sub>, producido durante la fermentación alcohólica.

5. ¿Qué produce principalmente el ciclo de Krebs en la matriz mitocondrial?

- a) Glucosa y oxígeno, reactivos de la respiración aeróbica.
- b) NADH, FADH<sub>2</sub>, ATP y CO<sub>2</sub> por oxidación del acetyl-CoA.
- c) Solo 32-34 ATP por vuelta completa del ciclo.
- d) Ácido láctico, producto final de la fermentación muscular.

6. ¿Cuál etapa de la respiración celular produce la mayor cantidad de ATP?

- a) La cadena de transporte de electrones, que produce 32-34 ATP.
- b) El ciclo de Krebs, que produce 2 ATP por vuelta.
- c) La glucólisis, que produce una ganancia neta de 2 ATP.
- d) La fermentación, que produce 2 ATP sin oxígeno.

7. ¿En qué parte de la mitocondria se lleva a cabo la cadena de transporte de electrones?

- a) En la membrana externa, permeable a iones pequeños.
- b) En el espacio intermembranoso, donde se acumulan H<sup>+</sup>.
- c) En la membrana interna con sus crestas, donde están los complejos.
- d) En la matriz mitocondrial, donde ocurre el ciclo de Krebs.

8. En la fermentación láctica (anaeróbica en animales), el producto final es:

- a) Etanol y CO<sub>2</sub>, igual que en la fermentación de levaduras.
- b) Ácido láctico, que acumula en el músculo causando fatiga.
- c) Glucosa regenerada para continuar el metabolismo aeróbico.
- d) CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, igual que en la respiración aeróbica completa.

9. ¿Cuál es el balance energético neto de la glucólisis?

- a) 0 ATP, porque la glucólisis consume lo mismo que produce.
- b) 2 ATP netos (produce 4, consume 2 para activar la glucosa).
- c) 36 ATP, el balance total de la respiración aeróbica.
- d) 6 ATP, incluyendo el piruvato descarboxilado.

10. ¿Cuál es la principal función biológica de la respiración celular?

- a) Producir CO<sub>2</sub> y agua para la fotosíntesis de las plantas.
- b) Sintetizar glucosa para almacenar energía a largo plazo.

- c) Generar ATP utilizable para todos los procesos celulares.
- d) Capturar energía luminosa y convertirla en energía química.

**II. En la fermentación alcohólica de las levaduras, los productos finales son:**

- a) Ácido láctico y CO<sub>2</sub>, igual que en la fermentación muscular.
- b) Glucosa regenerada y agua para continuar el metabolismo.
- c) Etanol y CO<sub>2</sub>, lo que se aprovecha para producir pan y vino.
- d) Piruvato y NADH, que entran directamente al ciclo de Krebs.

**12. ¿Cuál afirmación sobre la glucólisis es correcta?**

- a) Ocurre en el citoplasma, no requiere O<sub>2</sub> y convierte glucosa en 2 piruvatos.
- b) Ocurre en la matriz mitocondrial y requiere oxígeno.
- c) Produce 36 ATP netos y solo ocurre en condiciones aeróbicas.
- d) Solo ocurre en células musculares con déficit de oxígeno.

**13. ¿Por qué la respiración celular y la fotosíntesis son procesos complementarios?**

- a) Porque ambos ocurren en las plantas y usan los mismos orgánulos.
- b) Porque ambos producen glucosa y oxígeno como productos finales.
- c) Porque son idénticos pero en diferentes momentos del día.
- d) Porque los reactivos de uno son los productos del otro, cerrando el ciclo del carbono.

**II. COMPLETA LAS FRASES – Escribe el término correcto en el espacio**

1. La respiración celular transforma energía química de la \_\_\_\_\_ en ATP utilizable por todos los procesos celulares.
2. La glucólisis ocurre en el \_\_\_\_\_ de la célula y convierte una glucosa en dos moléculas de piruvato.
3. El ciclo de \_\_\_\_\_, también conocido como ciclo del ácido cítrico, ocurre en la matriz mitocondrial y produce NADH, FADH<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.
4. En la respiración aeróbica, el \_\_\_\_\_ es el aceptor final de electrones en la cadena de transporte, reduciéndose a agua.
5. En la fermentación láctica, el producto final que se acumula en el músculo causando fatiga es el \_\_\_\_\_.

*¡Preparando para triunfar!*

**TRUJILLO**

# QUÍMICA

## TERCERO DE SECUNDARIA

### SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE

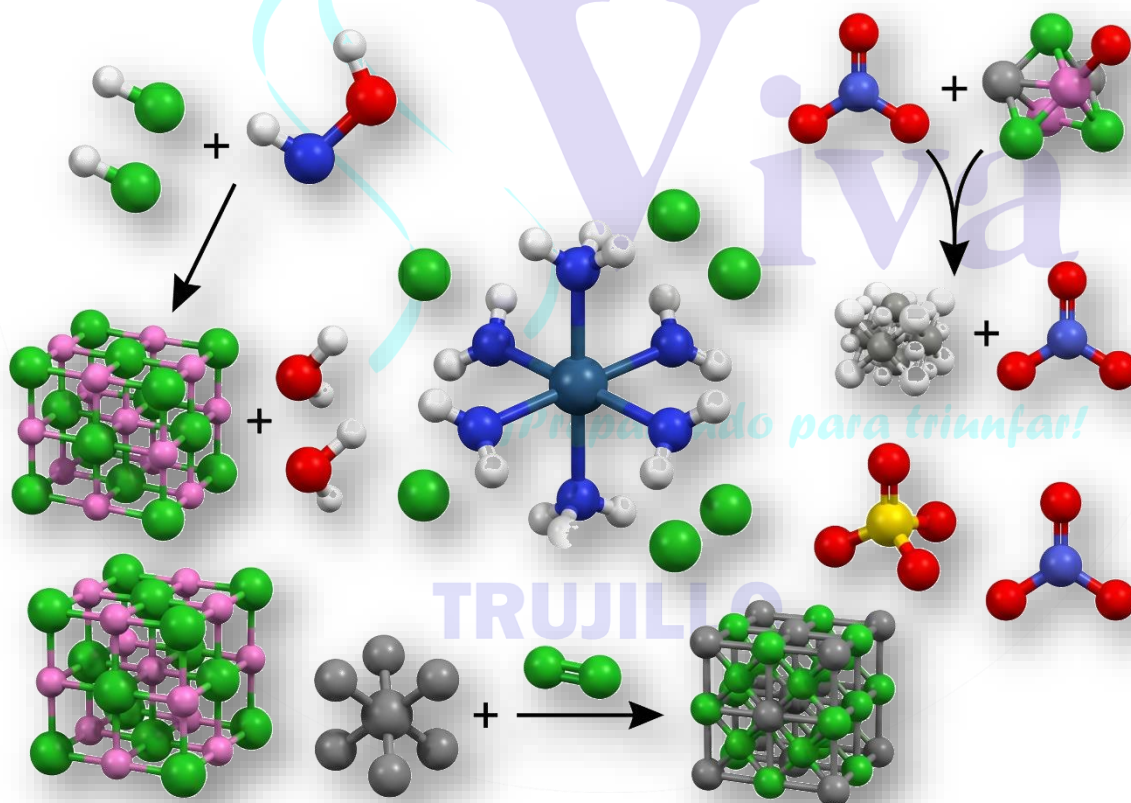
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA

Docente:

Josué Arteaga Núñez

## Contenido

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| ENLACE QUÍMICO.....                          | 2  |
| CLASIFICACIÓN DE LOS ENLACES QUÍMICOS.....   | 5  |
| ENLACES COVALENTES .....                     | 8  |
| TIPOS DE NOMENCLATURA INORGÁNICA.....        | 11 |
| FUNCIÓN ÓXIDOS Y PERÓXIDOS .....             | 13 |
| HIDRÓXIDOS E HIDRURUS .....                  | 15 |
| TIPOS DE ÁCIDOS: HIDRÁCIDOS Y OXÁCIDOS ..... | 17 |

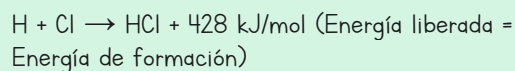


## SESIÓN 1

### ENLACE QUÍMICO

**PROPÓSITO:** Comprender el concepto de enlace químico, la energía involucrada en su formación y ruptura, los electrones de valencia y la notación de Lewis, aplicando la regla del octeto.

► **Formación del Enlace – Liberación de Energía:**



### MARCO TEÓRICO

#### 1. ¿Qué es el Enlace Químico?

Cuando observamos sustancias cotidianas como el cobre (Cu), el agua (H<sub>2</sub>O) o la sal de mesa (NaCl), nos preguntamos: ¿qué mantiene unidos a sus partículas? En el cobre encontramos átomos de Cu; en el agua, moléculas de H<sub>2</sub>O; y en la sal, iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>. La fuerza que los mantiene unidos es el enlace químico.

**Enlace químico:** Es una fuerza de naturaleza eléctrica y magnética que mantiene unidos a los átomos, iones y moléculas. Los átomos se unen para ganar estabilidad, pero al hacerlo liberan energía.

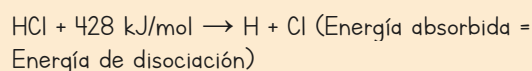
Propiedades generales del enlace químico:

- Los átomos conservan su identidad porque la estructura de sus núcleos no se altera (el número atómico Z no varía), aunque formen sustancias con propiedades diferentes.
- Los átomos adquieren mayor estabilidad porque disminuye su energía potencial al enlazarse.
- Se producen cambios térmicos (liberación o absorción de calor).
- Todo enlace químico forma parte del mecanismo de una reacción química.

#### 2. Energía de Enlace

**Energía de enlace:** Es el cambio de energía que ocurre en la formación o ruptura de un enlace. Cuando se forma el enlace, se libera energía; cuando se rompe, se absorbe energía. Ambos valores son iguales en magnitud.

► **Ruptura del Enlace – Absorción de Energía:**



La energía que se libera en la formación del enlace es exactamente igual a la que se absorbe en su ruptura. A esta energía se le denomina energía de enlace.

#### 3. Electrones de Valencia

**Electrones de valencia:** Son los electrones ubicados en la última capa o nivel energético del átomo. Son los únicos que participan en la formación del enlace químico. Se determinan realizando la configuración electrónica del átomo.

Ejemplos de electrones de valencia:

- $_{11}\text{Na} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \rightarrow$  mayor nivel = 3s  $\rightarrow$  1 electrón de valencia
- $_{20}\text{Ca} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 \rightarrow$  mayor nivel = 4s  $\rightarrow$  2 electrones de valencia
- $_{8}\text{O} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^4 \rightarrow$  mayor nivel = 2  $\rightarrow$  6 electrones de valencia
- $_{6}\text{C} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^2 \rightarrow$  mayor nivel = 2  $\rightarrow$  4 electrones de valencia

#### 4. Notación o Diagrama de Lewis

**Diagrama de Lewis:** Es la representación convencional de los electrones de valencia mediante puntos (•) o aspas (x) colocados alrededor del símbolo del elemento. Muestra gráficamente cuántos electrones tiene disponibles para enlazarse.

| Grupo                  | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | VIIIA |
|------------------------|----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|
| e <sup>-</sup> de val. | 1  | 2   | 3    | 4   | 5  | 6   | 7    | 8     |
| Ejemplo                |    |     |      |     |    |     |      |       |

## 5. La Regla del Octeto

**Regla del octeto:** Los átomos tienden a ganar, perder o compartir electrones para alcanzar 8 electrones de valencia (configuración de gas noble), logrando así mayor estabilidad. El hidrógeno es una excepción: necesita solo 2 electrones (configuración del He).

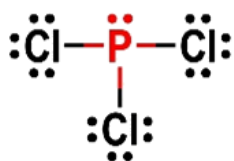
### ► Excepciones a la Regla del Octeto

- Octeto incompleto (defecto): algunos átomos como Be y B pueden estabilizarse con menos de 8 electrones. Ejemplo: BeCl<sub>2</sub> (4 e<sup>-</sup>) y BCl<sub>3</sub> (6 e<sup>-</sup>).
- Octeto expandido (exceso): algunos no metales del período 3 en adelante pueden tener más de 8 electrones. Ejemplo: PCl<sub>5</sub> (10 e<sup>-</sup>) y SF<sub>6</sub> (12 e<sup>-</sup>).

| Elemento | F   | O   | N   | Cl  | Br  | S   | P   | H   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| EN       | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,1 | 2,1 |

### RECUERDA

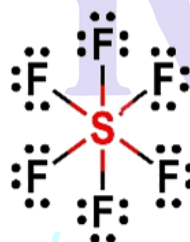
- ✓ Enlace químico = fuerza eléctrica que une átomos, iones y moléculas
- ✓ Formación del enlace → libera energía | Ruptura del enlace → absorbe energía
- ✓ Electrones de valencia = electrones del mayor nivel energético
- ✓ Regla del octeto: los átomos buscan 8 e<sup>-</sup> en el nivel externo (H busca 2)
- ✓ F es el elemento más electronegativo (EN = 4,0)



Octeto normal



Capa de valencia expandida



Capa de valencia expandida

## 6. Electronegatividad

**Electronegatividad (EN):** Es la capacidad que tiene un átomo para atraer electrones hacia sí mismo cuando forma un enlace. Los no metales son más electronegativos que los metales. El flúor (F) es el elemento más electronegativo de la tabla periódica, con EN = 4,0.

**TRUJILLO**

## PRÁCTICA

### I Selección – Marca la alternativa correcta:

1. ¿Cuántos electrones de valencia tiene el  $^{19}\text{K}$ ?  
a) 2    b) 1    c) 4    d) 3
2. ¿Cuántos electrones de valencia tiene el  $^{12}\text{Mg}$ ?  
a) 1    b) 4    c) 2    d) 3
3. ¿Qué ocurre energéticamente cuando se forma un enlace químico?  
a) Se absorbe energía    b) Se crea energía    c) Se libera energía    d) No hay cambio energético
4. ¿Cuál es el elemento con mayor electronegatividad?  
a) O    b) N    c) Cl    d) F
5. Un átomo con número de masa 40 y 20 neutrones, ¿cuántos electrones de valencia tiene?  
a) 1    b) 3    c) 2    d) 4
6. La notación de Lewis representa:  
a) Los neutrones del átomo    b) El número de masa  
c) Los electrones de valencia    d) El número atómico
7. Según la regla del octeto, ¿cuántos electrones busca el H en el nivel externo?  
a) 4    b) 2    c) 8    d) 6
8. ¿Cuál de los siguientes es un ejemplo de octeto expandido?  
a)  $\text{H}_2$     b)  $\text{BeCl}_2$     c)  $\text{CH}_4$     d)  $\text{SF}_6$
9. ¿Cuántos electrones de valencia tiene el  $^{8}\text{O}$ ?  
a) 4    b) 2    c) 6    d) 8
10. La energía de disociación de un enlace es:  
a) Mayor que la de formación    b) Diferente a la de formación  
c) Igual a la de formación    d) Siempre negativa

### II. ¿Cuántos electrones de valencia tiene el «C»?

- a) 4    b) 2    c) 6    d) 8

### 12. ¿Qué tipo de elementos tienen mayor electronegatividad?

- a) Metales    b) Gases nobles    c) Metaloides    d) No metales

### 13. ¿Cuál es el diagrama Lewis correcto para el Na (Z=11)?

- a) Na: con 2 puntos    b) Na: con 8 puntos    c) Na: con 1 punto    d) Na: con 3 puntos

### II. Responde:

1. Escribe la C.E. del  $^{34}\text{Se}$  y determina sus electrones de valencia. Dibuja su notación Lewis.

2. Para el enlace H-F: escribe la energía liberada en la formación y la absorbida en la ruptura. ¿Son iguales? Explica.

### TAREA PARA CASA

Determina los electrones de valencia y dibuja la notación de Lewis de los siguientes elementos:  $^{11}\text{Na}$ ,  $^{16}\text{S}$ ,  $^{17}\text{Cl}$ ,  $^{12}\text{Mg}$  y  $^{34}\text{Se}$ . Para cada uno indica el grupo al que pertenece. Investiga también la electronegatividad de cada uno y ordénalos de menor a mayor electronegatividad.

*¡Preparando para triunfar!*

TRUJILLO

## SESIÓN 2

### CLASIFICACIÓN DE LOS ENLACES QUÍMICOS

**PROPÓSITO:** Clasificar los enlaces químicos en interatómicos (iónico, covalente, metálico) e intermoleculares, comprender el fundamento del enlace iónico, sus características y propiedades.

**Enlace iónico:** Es la unión química formada por la atracción electrostática entre un catión (ion positivo) y un anión (ion negativo), que se forman por transferencia de electrones de valencia. Ocurre entre elementos de marcada diferencia de electronegatividad:  $\Delta EN \geq 1,7$ .

#### MARCO TEÓRICO

**Enlace iónico = Metal + No metal**  
 $\Delta EN \geq 1,7 \rightarrow$  Enlace iónico

#### I. Clasificación General de los Enlaces

En 1916, Kossel y Lewis establecieron que todos los gases nobles (excepto el He) tienen 8 electrones en su última capa, lo que explica su estabilidad y no reactividad. A partir de este principio, formularon la hipótesis de que los átomos ganan, pierden o comparten electrones para alcanzar la configuración de gas noble.

**Enlaces interatómicos:** Son fuerzas que mantienen unidos a los átomos dentro de una molécula o red cristalina. Se dividen en: enlace iónico, enlace covalente y enlace metálico.

**Enlaces intermoleculares:** Son fuerzas entre moléculas ya formadas: ion-dipolo, dipolo-dipolo, puente de hidrógeno y dispersión de London (fuerzas de Van der Waals).

#### ► Elementos Electronegativos y Electropositivos

- Elementos electronegativos: tienden a ganar electrones. Los no metales tienen alta electronegatividad (grupos VIA y VIIA).
- Elementos electropositivos: tienden a perder o ceder electrones. Los metales tienen baja electronegatividad (grupos IA y IIA).

#### ► ¿Cómo se forma el enlace iónico?

El enlace iónico se produce cuando un metal cede electrones a un no metal (transferencia de electrones). Así se generan iones negativos (aniones) e iones positivos (cationes) que se atraen electrostáticamente.

Ejemplo 1 –

NaCl:

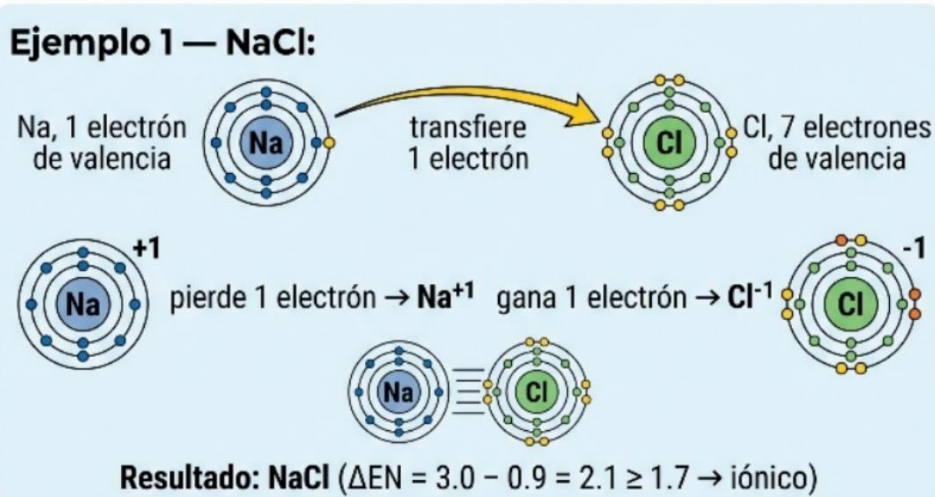
$_{11}\text{Na}$  tiene 1  $e^-$  de valencia  $\rightarrow$  pierde 1  $e^- \rightarrow \text{Na}^{+1}$ .

$_{17}\text{Cl}$  tiene 7  $e^-$  de valencia  $\rightarrow$  gana 1  $e^- \rightarrow \text{Cl}^{-1}$ .

Resultado:

NaCl ( $\Delta EN = 3,0 - 0,9 = 2,1 \geq 1,7 \rightarrow$  iónico).

#### 2. El Enlace Iónico (Electrovalente)



Ejemplo 2

CaO:

$20\text{Ca}$  tiene  $2 e^-$  de valencia  $\rightarrow$  pierde  $2 e^- \rightarrow \text{Ca}^{+2}$ .  $8\text{O}$  tiene  $6 e^-$  de valencia  $\rightarrow$  gana  $2 e^- \rightarrow \text{O}^{-2}$ .

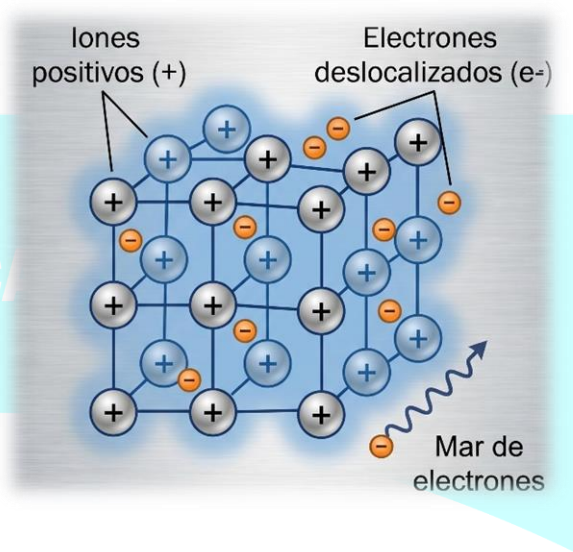
Resultado:

CaO ( $\Delta\text{EN} = 3,5 - 1,0 = 2,5 \geq 1,7 \rightarrow$  iónico).

► **Característica especial:**

**BeCl<sub>2</sub>, BeO, AlCl<sub>3</sub>**

**Excepción:** Los compuestos que contienen berilio (Be) —BeCl<sub>2</sub>, BeO, BeF<sub>2</sub>— y el AlCl<sub>3</sub> son covalentes, no iónicos, a pesar de estar formados por metal y no metal. El Be no forma enlace iónico.



### 3. Propiedades de los Compuestos Iónicos

- No conducen la corriente eléctrica en estado sólido.
- Fundidos o disueltos en agua son buenos conductores (electrolitos).
- Son sólidos cristalinos de alta dureza a temperatura ambiente.
- Son frágiles y quebradizos.
- Presentan altos puntos de fusión y ebullición.
- Son solubles en solventes polares como el agua.
- Son anisótropos (sus propiedades varían según la dirección).
- Están constituidos por unidades fórmula, no por moléculas.

### 4. El Enlace Metálico

**Enlace metálico:** Es la fuerza de atracción electrostática entre los cationes metálicos y los electrones de valencia deslocalizados (el 'mar o gas de electrones'). Los electrones se mueven libremente por toda la red metálica.

El enlace metálico explica las propiedades características de los metales: conductividad eléctrica inversamente proporcional a la temperatura, conductividad térmica, brillo metálico, maleabilidad y ductilidad (Au > Ag > Cu > Al), alta densidad y dureza.

| Tipo de Enlace | Entre qué elementos | $\Delta\text{EN}$ | Ejemplo                                       |
|----------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Iónico         | Metal + No metal    | $\geq 1,7$        | NaCl, CaO, MgF <sub>2</sub>                   |
| Covalente      | No metal + No metal | $< 1,7$           | H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , HCl       |
| Metálico       | Metal + Metal       | $\approx 0$       | Na, Fe, Cu, Al                                |
| Intermolecular | Entre moléculas     | —                 | H <sub>2</sub> O..H <sub>2</sub> O (puente H) |

#### RECUERDA

- ✓ Iónico: metal + no metal  $\rightarrow$  transferencia  $e^- \rightarrow$  catión + anión  $\rightarrow \Delta\text{EN} \geq 1,7$
- ✓ BeCl<sub>2</sub>, BeO, AlCl<sub>3</sub> son covalentes aunque parezcan iónicos
- ✓ Compuestos iónicos: sólidos cristalinos, conducen electricidad disueltos en agua
- ✓ Enlace metálico: cationes en red + electrones deslocalizados
- ✓ Mayor carga iónica del metal  $\rightarrow$  mayor punto de fusión del metal

## PRÁCTICA

### I Selección – Marca la alternativa correcta:

1. ¿Qué tipo de enlace se forma entre 19A y 8B?

- a) Covalente polar    b) Metálico    c) Iónico    d) Covalente apolar

2. ¿Cuál es el  $\Delta EN$  mínimo para que se forme un enlace iónico?

- a) 1,0    b) 1,7    c) 2,0    d) 2,5

3. ¿Cuál de los siguientes compuestos es iónico?

- a)  $BeCl_2$     b)  $AlCl_3$     c)  $NaCl$     d)  $HCl$

4. Dados  $38X$  y  $35Y$ , ¿qué tipo de enlace y fórmula forman?

- a) Covalente;  $XY$     b) Iónico;  $XY_2$     c) Covalente;  $X_2Y$   
d) Iónico;  $XY$

5. ¿Cuál es la probable fórmula del compuesto entre 19A (IA) y 8B (VIA)?

- a)  $A_2B_3$     b)  $AB_2$     c)  $A_2B$     d)  $AB$

6. ¿Qué propiedad NO corresponde a los compuestos iónicos?

- a) Son maleables    b) Son sólidos cristalinos    c) Son solubles en agua  
d) Funden a alta temperatura

7. El enlace metálico se caracteriza por tener:

- a) Electrones fijos en el núcleo    b) Electrones deslocalizados (mar de electrones)  
c) Transferencia de electrones    d) Compartición de electrones

8. Un elemento del grupo IA se une con uno del grupo VIIA. ¿Qué fórmula iónica resulta?

- a)  $XY_3$     b)  $X_5Y$     c)  $XY_2$     d)  $XY$

9. ¿Cuál de los siguientes es un compuesto iónico ternario?

- a)  $NaCl$     b)  $H_2O$     c)  $NH_4Cl$     d)  $CO_2$

10. ¿Por qué los metales conducen la electricidad?

- a) Por sus cationes fijos    b) Por sus electrones deslocalizados  
c) Por sus neutrones    d) Por sus protones

11. ¿Cuál NO forma enlace iónico aunque contenga Be?

- a)  $NaBr$     b)  $KCl$     c)  $BeCl_2$     d)  $CaO$

12. Según el cuadro de EN ( $Na=0,9$ ;  $Cl=3,0$ ), ¿qué tipo de enlace forma  $NaCl$ ?

- a) Covalente apolar    b) Covalente polar    c) Metálico  
d) Iónico

13. ¿Qué ocurre cuando un compuesto iónico se disuelve en agua?

- a) Se destruye    b) Se oxida    c) Libera iones que conducen electricidad  
d) Se hace sólido

### II. Determina fórmula y tipo de enlace:

1. 19A y 8B: C.E. de cada uno  $\rightarrow$  electrones de valencia  
 $\rightarrow$  fórmula  $\rightarrow$  tipo de enlace  $\rightarrow$   $\Delta EN = \_$

2. Elemento M del grupo IA y elemento N del grupo VIIA: fórmula iónica  $\rightarrow$  ¿cuántos  $e^-$  se transfieren?

*¡Preparando para triunfar!*

TRUJILLO

## SESIÓN 3

### ENLACES COVALENTES

**PROPÓSITO:** Comprender el fundamento del enlace covalente, clasificarlo según polaridad, número de pares compartidos y tipo de traslape, y construir la estructura de Lewis de moléculas sencillas.

#### MARCO TEÓRICO

#### 1. Concepto de Enlace Covalente

**Enlace covalente:** Es la unión química entre dos o más átomos que se mantienen unidos por la compartición de pares de electrones. Se da generalmente entre no metales (grupos IIIA a VIIA). No hay transferencia de electrones; ambos átomos comparten.  $\Delta EN < 1,7$ .

En 1923, Lewis y Langmuir propusieron que el octeto puede lograrse no solo transfiriendo electrones, sino también compartiéndolos. El par (o pares) de electrones compartidos pertenecen simultáneamente a la periferia de ambos átomos.

#### 2. Clasificación Según el Tipo de Traslape

##### ► a) Traslape Frontal – Enlace Sigma ( $\sigma$ )

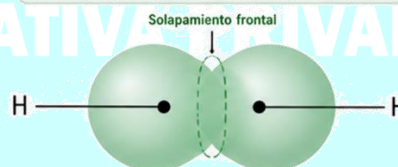
**Enlace sigma ( $\sigma$ ):** Se forma por el solapamiento frontal (cara a cara) de dos orbitales. Es el tipo de enlace que se forma en todos los enlaces simples. Es el más fuerte entre los tipos de traslape.

##### ► b) Traslape Lateral – Enlace Pi ( $\pi$ )

**Enlace pi ( $\pi$ ):** Se forma por el solapamiento lateral (de costado) de dos orbitales p. Solo existe en enlaces dobles y triples, siempre acompañando a un enlace sigma. El enlace pi es más débil que el sigma.

#### ENLACE $\sigma$ (SIGMA)

Se forma por el solapamiento frontal de orbitales a lo largo del eje internuclear. Es siempre el primer enlace entre dos átomos.



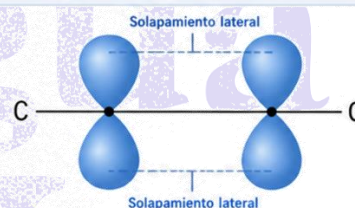
**Ejemplo:**  
Molécula de hidrógeno ( $H_2$ )



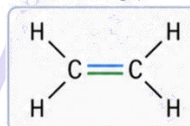
- Un enlace  $\sigma$
- Simetría cilíndrica alrededor del eje internuclear.

#### ENLACE $\pi$ (PI)

Se forma por el solapamiento lateral de orbitales p paralelos. Solo puede existir junto con un enlace  $\sigma$ .



**Ejemplo:**  
Eteno (etileno,  $C_2H_4$ )



- Un enlace  $\sigma$  (C-C)
- Un enlace  $\pi$  (C=C)
- El enlace  $\pi$  restringe la rotación y está por encima y por debajo del plano internuclear.

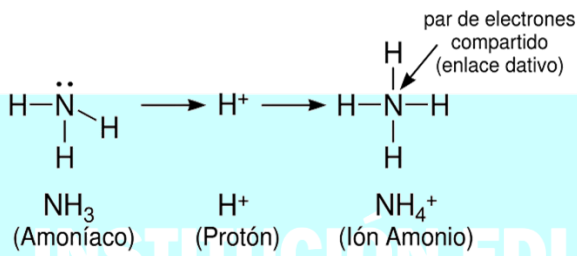
#### 3. Clasificación Según los Electrones Aportados

##### ► a) Enlace Covalente Normal

Cada átomo aporta un electrón para formar el par compartido. Es el tipo de enlace covalente más común. Ejemplo: Cl-Cl en el  $Cl_2$ , donde cada Cl aporta 1 electrón.

##### ► b) Enlace Covalente Coordinado o Dativo

**Enlace dativo (coordinado):** Solo un átomo aporta ambos electrones del par enlazante. El otro átomo acepta el par sin aportar ninguno. Ejemplo:  $SO_3$  (el S aporta los dos electrones al enlace con O). El enlace dativo también es simple (un solo par compartido).



## 5. Clasificación Según la Cantidad de Pares Enlazantes

| Tipo   | Pares compartidos | Enlaces $\sigma$ | Enlaces $\pi$ | Representación | Ejemplo                       |
|--------|-------------------|------------------|---------------|----------------|-------------------------------|
| Simple | 1 par             | 1                | 0             | A-B            | H-H,<br>H-Cl                  |
| Doble  | 2 pares           | 1                | 1             | A=B            | O=O,<br>C=O                   |
| Triple | 3 pares           | 1                | 2             | A $\equiv$ B   | N $\equiv$ N,<br>C $\equiv$ C |

## 4. Clasificación Según la Polaridad

### ► a) Enlace Covalente Apolar (Puro)

**Enlace covalente apolar:** Se forma entre átomos del mismo elemento o con igual electronegatividad. Los electrones se comparten de forma equitativa.  $\Delta EN = 0$ . Ejemplos: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, PH<sub>3</sub> (EN(P) = EN(H) = 2,1).

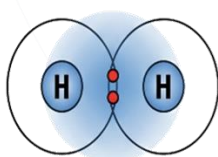
$\Delta EN = 0 \rightarrow$  Enlace covalente apolar

### ► b) Enlace Covalente Polar (Heteropolar)

**Enlace covalente polar:** Se forma entre átomos de diferente electronegatividad. Los electrones no se comparten de forma equitativa; el átomo más electronegativo los atrae más, generando dipolos eléctricos ( $\delta^+$  y  $\delta^-$ ).  $0 < \Delta EN < 1,7$ . Ejemplos: HCl, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>.

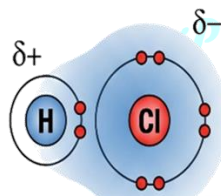
$0 < \Delta EN < 1,7 \rightarrow$  Enlace covalente polar

### ENLACE COVALENTE NO POLAR



Compartición igual de electrones

### ENLACE COVALENTE POLAR



Compartición desigual de electrones (Dipolo)

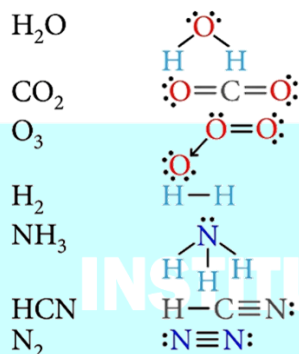
## 6. Propiedades de los Compuestos Covalentes

- A condiciones ambientales pueden ser sólidos, líquidos o gases.
- Generalmente tienen bajos puntos de fusión y ebullición.
- Muchos son insolubles en agua pero solubles en solventes apolares (benceno, n-hexano, CCl<sub>4</sub>).
- Son malos conductores eléctricos en cualquier estado físico.
- Generalmente son inflamables.
- Forman moléculas discretas (también llamados compuestos moleculares).

## 7. Estructura de Lewis de Moléculas

Para construir la estructura de Lewis: 1) escribir los átomos, 2) colocar el átomo central (el que forma más enlaces), 3) conectar los átomos con pares compartidos y 4) verificar que cada átomo cumpla el octeto (H: 2 e<sup>-</sup>).

| Molécula         | Estructura Lewis                | $\sigma$ | $\pi$ | Pares libres |
|------------------|---------------------------------|----------|-------|--------------|
| H <sub>2</sub>   | H-H                             | 1        | 0     | 0            |
| H <sub>2</sub> O | H-O-H (con 2 pares libres en O) | 2        | 0     | 2            |
| CO <sub>2</sub>  | O=C=O                           | 2        | 2     | 4            |
| N <sub>2</sub>   | N $\equiv$ N                    | 1        | 2     | 2            |
| NH <sub>3</sub>  | N con 3 H y 1 par libre         | 3        | 0     | 1            |
| HCN              | H-C $\equiv$ N                  | 2        | 2     | 1            |



- a) Ambos átomos por igual      b) Los no metales  
 c) Solo uno de los átomos      d) El átomo menos electronegativo

7. ¿Cuántos  $\sigma$  y  $\pi$  hay en el  $HC\equiv CH$  (acetileno)?  
 a)  $3\sigma, 2\pi$     b)  $2\sigma, 3\pi$     c)  $4\sigma, 1\pi$     d)  $1\sigma, 4\pi$
8. El benceno  $C_6H_6$  tiene 3 dobles enlaces y 6 simples. ¿Cuántos  $\pi$  hay?  
 a) 6    b) 9    c) 3    d) 12
9. ¿Cuál de estas sustancias presenta enlace covalente apolar? (C=2,5; Na=0,9; P=2,1; H=2,1; O=3,5)  
 a)  $H_2O$     b)  $CO_2$     c)  $PH_3$     d)  $NaCl$

**RECUERDA**

- ✓ Covalente: compartición de  $e^-$  entre no metales |  $\Delta EN < 1,7$
- ✓ Sigma ( $\sigma$ ): traslape frontal; siempre en enlaces simples + 1 por enlace múltiple
- ✓ Pi ( $\pi$ ): traslape lateral; solo en dobles ( $1\pi$ ) y triples ( $2\pi$ )
- ✓ Apolar:  $\Delta EN = 0$  | Polar:  $0 < \Delta EN < 1,7$  | Iónico:  $\Delta EN \geq 1,7$
- ✓ Enlace dativo: un solo átomo aporta el par completo

10. ¿Cuál propiedad corresponde a compuestos covalentes?  
 a) Alto punto de fusión      b) Son electrolitos  
 c) Bajo punto de fusión      d) Conducen electricidad en estado sólido

11. En la molécula  $H_2O$ , ¿cuántos pares de electrones libres tiene el O?  
 a) 2    b) 1    c) 3    d) 0

12. ¿Qué tipo de traslape genera un enlace sigma?  
 a) Lateral    b) Oblicuo    c) Mixto    d) Frontal
13. ¿Cuántos enlaces sigma tiene la molécula de  $CH_4$ ?  
 a) 2    b) 4    c) 6    d) 8

**PRÁCTICA**

**I Selección – Marca la alternativa correcta:**

1. ¿Cuántos enlaces  $\sigma$  y  $\pi$  hay en el  $CO_2$ ?  
 a)  $1\sigma, 3\pi$     b)  $2\sigma, 2\pi$     c)  $3\sigma, 1\pi$     d)  $4\sigma, 0\pi$
2. ¿Cuál es el tipo de enlace en la molécula  $N_2$ ?  
 a) Simple    b) Doble    c) Triple    d) Dativo
3. ¿Qué tipo de enlace forma  $PH_3$ ? ( $EN(P) = EN(H) = 2,1$ )  
 a) Covalente apolar    b) Covalente polar  
 c) Iónico    d) Metálico
4. ¿Cuántos pares de electrones libres tiene el N en  $NH_3$ ?  
 a) 0    b) 2    c) 3    d) 1
5. ¿Cuál compuesto presenta enlace covalente polar?  
 a)  $Cl_2$     b)  $N_2$     c)  $H_2S$     d)  $H_2$
6. En el enlace covalente dativo, ¿quién aporta el par de electrones?

**II. Analiza las siguientes moléculas:**

1. Para  $O=S=O$  ( $SO_2$ ): tipo de enlace,  $\Delta EN(S=2,5 / O=3,5)$  = \_\_,  $\sigma$  = \_\_,  $\pi$  = \_\_, pares libres en O = \_\_
2. Para  $H-C\equiv N$  ( $HCN$ ):  $\sigma$  = \_\_,  $\pi$  = \_\_, pares libres en N = \_\_. ¿Es polar o apolar? Justifica.

**TAREA PARA CASA**

Para las moléculas  $H_2, Cl_2, HI, CaO, H_2O, CO_2$  y  $N_2$ :  
 a) Determina el tipo de enlace usando los datos de electronegatividad ( $H=2,1; Cl=3,0; I=2,5; Ca=1,0; O=3,5; C=2,5; N=3,0$ ). b) Para las moléculas covalentes, indica la cantidad de enlaces  $\sigma$  y  $\pi$ . c) Construye la estructura de Lewis de  $H_2O$  y  $CO_2$ . d) ¿Cuáles son apolares y cuáles polares?

## SESIÓN 4

### TIPOS DE NOMENCLATURA INORGÁNICA

|   |       |      |      |
|---|-------|------|------|
| 4 | Mayor | Per- | -ico |
|---|-------|------|------|

**PROPÓSITO:** Identificar las tres nomenclaturas inorgánicas (tradicional, Stock e IUPAC), comprender el concepto de función química, valencia y estado de oxidación, y aplicar las reglas para determinar el número de oxidación.

#### ► b) Nomenclatura Stock

**Nomenclatura Stock:** Se nombra indicando el estado de oxidación del elemento con números romanos entre paréntesis, después del nombre del elemento. Fórmula: (función química) + (nombre del elemento) + (E.O. en romanos).

#### ► c) Nomenclatura Sistemática (IUPAC)

**Nomenclatura IUPAC:** Usa prefijos griegos para indicar el número de átomos de cada elemento en la fórmula. Fórmula: prefijo + (función química) + prefijo + (elemento). Prefijos: mono, di, tri, tetra, penta, hexa, hepta...

## MARCO TEÓRICO

### I. Función Química

**Función química:** Es un conjunto de compuestos con propiedades muy semejantes que tienen en su estructura un determinado grupo de átomos agrupados de la misma forma (grupo funcional). Por pertenecer a una misma función, tienen propiedades análogas.

Las funciones inorgánicas principales son: Óxidos, Hidruros, Hidróxidos, Ácidos y Sales. Cada una se origina por la combinación de los elementos con el oxígeno o el hidrógeno.

### 2. Los Tres Tipos de Nomenclatura

#### ► a) Nomenclatura Tradicional o Clásica

**Nomenclatura clásica:** Se nombra según el estado de oxidación (E.O.) del elemento, usando prefijos (Hipo-, Per-) y sufijos (-oso para el menor E.O., -ico para el mayor). Fórmula: (función química) + prefijo + raíz del elemento + sufijo.

| Nº de E.O. | Tipo de E.O. | Prefijo | Sufijo |
|------------|--------------|---------|--------|
| 1          | Único        | -       | -ico   |
| 2          | Menor        | -       | -oso   |
| 2          | Mayor        | -       | -ico   |
| 3          | Menor        | Hipo-   | -oso   |
| 3          | Intermedio   | -       | -oso   |
| 3          | Mayor        | -       | -ico   |
| 4          | Menor        | Hipo-   | -oso   |
| 4          | Intermedio 1 | -       | -oso   |
| 4          | Intermedio 2 | -       | -ico   |

### 3. Valencia y Estado de Oxidación

#### ► Valencia

**Valencia:** Es la capacidad de un átomo para enlazarse a otros. No tiene signo (es un número positivo). Ejemplos: nulivalentes (0) = gases nobles; monovalentes (1) = metales alcalinos; divalentes (2) = alcalinotérreos; trivalentes (3) = Al; tetravalentes (4) = C.

#### ► Estado de Oxidación (E.O.)

**Estado de oxidación:** También llamado número de oxidación. Es la carga aparente que tiene un átomo en una especie química. Indica el número de electrones que un átomo puede ganar o perder al romperse el enlace. Puede ser positivo, negativo o cero.

Regla práctica: Valencia = |E.O.| (en la mayoría de los casos)

### 4. Reglas para Determinar el E.O.

- Un átomo libre (sin combinarse) tiene E.O. = 0. Ejemplo: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Cu<sup>0</sup>, Ag<sup>0</sup>.
- El E.O. del hidrógeno (H) en compuestos es + generalmente; en hidruros metálicos es -1.
- El E.O. del oxígeno (O) en compuestos es -2; en peróxidos es -1; unido con F es +2.

- Los metales del Grupo IA (Li, Na, K) tienen E.O. = +1; la plata (Ag) también.
- Los metales del Grupo IIA (Mg, Ca, Ba), el Zn y el Cd tienen E.O. = +2
- En un compuesto neutro, la suma de todos los E.O. es igual a CERO.
- En un oxanión (ion con oxígeno), la suma de los E.O. es igual a la carga del ion.
- Los halógenos unidos con metal tienen E.O. = -1; los anfígenos con metal tienen E.O. = -2.

## 5. Ejemplos Resueltos de E.O.

### ► Ejemplo 1 – E.O. del Se en $H_2SeO_4$ :

H=+1, O=-2.

Ecuación:

$$2(+1) + x + 4(-2) = 0$$

$$2 + x - 8 = 0$$

$$x = +6.$$

El E.O. del Se es +6.

### ► Ejemplo 2 – E.O. del C en $C_2H_6$ :

H=+1.

Ecuación:

$$2x + 6(+1) = 0$$

$$2x = -6$$

$$x = -3.$$

El E.O. del C es -3.

### ► Ejemplo 3 – E.O. del P en $Ca_3(PO_4)_2$ :

Ca=+2, O=-2.

Ecuación:

$$3(+2) + 2x + 8(-2) = 0$$

$$6 + 2x - 16 = 0$$

$$x = +5.$$

El E.O. del P es +5.

| Fórmula                        | Nomenclatura Clásica | Nomenclatura Stock    | Nomenclatura IUPAC   |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| FeO                            | Óxido ferroso        | Óxido de hierro (II)  | Monóxido de hierro   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido férrico        | Óxido de hierro (III) | Trióxido de dihierro |
| SO <sub>2</sub>                | Óxido sulfuroso      | Óxido de azufre (IV)  | Dióxido de azufre    |
| SO <sub>3</sub>                | Óxido sulfúrico      | Óxido de azufre (VI)  | Trióxido de azufre   |

## PRÁCTICA

### I Selección – Marca la alternativa correcta:

1. ¿Cuál es el E.O. del Mn en  $K_2MnO_4$ ?

- a) +2    b) +4    c) +6    d) +7

2. ¿Cuál es el E.O. del Mn en  $MnCl_2$ ?

- a) +2    b) +4    c) +6    d) +7

3. ¿Cuál es el E.O. del Mn en el ion permanganato  $MnO_4^-$ ?

- a) +5    b) +6    c) +7    d) +4

4. ¿Cuál es el E.O. del O en el ozono  $O_3$ ?

- a) +2    b) -1    c) -2    d) 0

5. ¿Cuál es el E.O. del C en  $CH_4$ ?

- a) +4    b) +2    c) 0    d) -4

6. ¿Cuál es el E.O. del S en  $H_2SO_4$ ?

- a) +6    b) +4    c) +2    d) -2

7. ¿Cuál es el E.O. del N en  $HNO_2$  (E.O. del N: +3, +5)?

- a) +5    b) +3    c) -3    d) +1

8. ¿Cuál es el E.O. del Cr en  $K_2Cr_2O_7$ ?

- a) +3    b) +4    c) +5    d) +6

9. ¿Cómo se nombra  $Fe_2O_3$  según la nomenclatura Stock?

- a) Óxido ferroso    b) Trióxido de dihierro    c) Óxido de hierro (III)    d) Óxido de hierro (II)

10. ¿Cómo se nombra  $SO_2$  según la nomenclatura IUPAC?

- a) Óxido sulfuroso    b) Dióxido de azufre    c) Óxido de azufre (II)    d) Monóxido de azufre

11. ¿Cuál es el E.O. del P en  $H_3PO_4$ ?

- a) +5    b) +3    c) +1    d) +7

12. ¿Cuál es el E.O. del N en  $HNO_3$ ?

- a) +3    b) +1    c) +7    d) +5

### II Determina el E.O. del elemento indicado:

1. E.O. del Cr en  $KCrO_4$ : ecuación  $\rightarrow$  \_\_\_ E.O.(Cr) = \_\_\_

2. E.O. del C en  $CO_3^{2-}$  (ion): ecuación  $\rightarrow$  \_\_\_ E.O.(C) = \_\_\_

3. E.O. del S en  $SO_4^{2-}$  (ion): ecuación  $\rightarrow$  \_\_\_ E.O.(S) = \_\_\_

## SESIÓN 5

### FUNCIÓN ÓXIDOS Y PERÓXIDOS

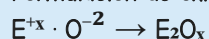
**PROPÓSITO:** Formular y nombrar óxidos básicos (metálicos) y óxidos ácidos (anhídridos) usando las tres nomenclaturas, y reconocer los peróxidos como función especial con  $EO. = -1$  para el oxígeno.

#### MARCO TEÓRICO

#### 1. Función Óxidos – Concepto

**Óxidos:** Son compuestos binarios que resultan de la combinación del oxígeno con cualquier otro elemento. El oxígeno actúa siempre con  $EO. = -2$  en los óxidos. Formulación general:  $E^{+x} + O^{2-} \rightarrow E_2O_x$  (se cruzan y simplifican).

Formulación de óxidos:



(donde  $x = EO.$  del elemento E) Si los subíndices tienen factor común, se simplifica.

#### 2. Óxidos Básicos (Óxidos Metálicos)

**Óxido básico:** Se forma cuando el oxígeno se combina con un metal. Son compuestos iónicos. Al disolverse en agua producen hidróxidos (bases). Su fórmula: metal ( $EO. = +x$ ) +  $O^{2-} \rightarrow M_2O_x$  (simplificado).

##### ► Nomenclatura de Óxidos Básicos

- Clásica: óxido + raíz del metal + sufijo (-oso si menor  $EO.$ , -ico si mayor  $EO.$ )
- Stock: óxido de + nombre del metal + ( $EO.$  en romanos)
- IUPAC: prefijo + óxido de + prefijo + nombre del metal

| Fórmula                        | Clásica       | Stock                 | IUPAC                |
|--------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| FeO                            | Óxido ferroso | Óxido de hierro (II)  | Monóxido de hierro   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido férrico | Óxido de hierro (III) | Trióxido de dihierro |

|                   |                |                     |                   |
|-------------------|----------------|---------------------|-------------------|
| CuO               | Óxido cúprico  | Óxido de cobre (II) | Monóxido de cobre |
| Cu <sub>2</sub> O | Óxido cuproso  | Óxido de cobre (I)  | Óxido de dicobre  |
| PbO               | Óxido plumboso | Óxido de plomo (II) | Monóxido de plomo |
| PbO <sub>2</sub>  | Óxido plúmbico | Óxido de plomo (IV) | Dióxido de plomo  |

#### 3. Óxidos Ácidos (Anhídridos)

**Óxido ácido (anhídrido):** Se forma cuando el oxígeno se combina con un no metal. También se llaman anhídridos u óxidos no metálicos. Al disolverse en agua forman ácidos oxácidos. Son generalmente gaseosos y contaminantes.

##### ► Nomenclatura Clásica de Óxidos Ácidos

Se aplica la misma regla de sufijos que en los básicos: -oso (menor  $EO.$ ) e -ico (mayor  $EO.$ ), con los prefijos Hipo- (más bajo) y Per- (más alto cuando el  $EO.$  es +7).

| Fórmula                       | EO. | Clásica               | Stock                | IUPAC                    |
|-------------------------------|-----|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| SO                            | + 2 | Óxido hiposulfuroso   | Óxido de azufre (II) | Monóxido de azufre       |
| SO <sub>2</sub>               | + 4 | Óxido sulfuroso       | Óxido de azufre (IV) | Dióxido de azufre        |
| SO <sub>3</sub>               | + 6 | Óxido sulfúrico       | Óxido de azufre (VI) | Trióxido de azufre       |
| I <sub>2</sub> O              | + 1 | Anhídrido hipoyodoso  | –                    | Óxido de diyodo          |
| I <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | + 5 | Anhídrido yódico      | –                    | Pentóxido de diyodo      |
| I <sub>2</sub> O <sub>7</sub> | + 7 | Anhídrido peryódico   | –                    | Heptóxido de diyodo      |
| N <sub>2</sub> O              | + 1 | Anhídrido hiponitroso | –                    | Óxido de dinitrógeno     |
| N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | + 3 | Anhídrido nitroso     | –                    | Trióxido de dinitrógeno  |
| N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | + 5 | Anhídrido nítrico     | –                    | Pentóxido de dinitrógeno |

#### 4. Propiedades Importantes de los Óxidos

- Los óxidos básicos (metálicos) reaccionan con agua para producir hidróxidos.
- Los óxidos no metálicos son gaseosos en general. Los óxidos de N ( $N_2O_3$ ) y de S ( $SO_2$ ) producen lluvia ácida al contaminar la atmósfera.
- El óxido de hierro III ( $Fe_2O_3$ ) es el óxido que se forma cuando se oxida (corroe) el hierro.
- El  $CO_2$  es el óxido que liberamos al respirar y que las plantas usan en la fotosíntesis.
- El  $SiO_2$  (sílice) forma parte del vidrio y la arena.

#### 5. Función Peróxidos

**Peróxidos:** Son compuestos que presentan en su estructura un enlace puente de oxígeno ( $-O-O-$ ). En ellos, el oxígeno actúa con E.O. = -1 (excepcional). Se nombran con la palabra 'peróxido' seguida del nombre del metal.

| Fórmula  | Nombre                                 |
|----------|----------------------------------------|
| $K_2O_2$ | Peróxido de potasio                    |
| $H_2O_2$ | Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) |
| $BaO_2$  | Peróxido de bario                      |
| $CuO_2$  | Peróxido de cobre (II)                 |
| $ZnO_2$  | Peróxido de zinc                       |

### PRÁCTICA

#### I Selección – Marca la alternativa correcta:

- ¿Cuál es el nombre IUPAC del  $N_2O_5$ ?  
a) Trióxido de dinitrógeno    b) Pentóxido de dinitrógeno  
c) Heptóxido de dinitrógeno    d) Monóxido de dinitrógeno
- ¿Cuál es el nombre Stock del  $PbO$ ?  
a) Óxido de plomo (IV)    b) Óxido plúmbico    c) Óxido de plomo (II)  
d) Monóxido de plomo
- ¿Cuál es el nombre clásico del  $Fe_2O_3$ ?  
a) Óxido férrico    b) Óxido ferroso    c) Óxido de hierro (III)  
d) Trióxido de dihierro
- ¿Cuál es la fórmula del anhídrido hipocloroso? (E.O. Cl: +1)  
a)  $Cl_2O_3$     b)  $ClO_3$     c)  $Cl_2O_5$     d)  $Cl_2O$
- ¿Cuál es la atomicidad del trióxido de dioro?  
a) 3    b) 4    c) 5    d) 6

6. ¿Cuál es la fórmula del óxido de selenio (IV)?

- a)  $SeO$     b)  $SeO_2$     c)  $Se_2O$     d)  $SeO_3$

7. ¿Cuál es la fórmula del peróxido de magnesio?

- a)  $MgO$     b)  $MgO_2$     c)  $Mg_2O_2$     d)  $MgO_3$

8. ¿Qué E.O. tiene el oxígeno en los peróxidos?

- a) 0    b) +2    c) +1    d) -1

9. Según nomenclatura Stock, ¿cómo se llama el  $Cr_2O_3$ ? (E.O. Cr: +2, +3)

- a) Óxido de cromo (II)    b) Óxido crómico    c) Óxido de cromo (III)    d) Trióxido de dicromo

10. ¿Qué se obtiene al disolver un óxido básico en agua?

- a) Un ácido    b) Un hidróxido    c) Un peróxido  
d) Una sal

11. ¿Qué se obtiene al disolver un óxido ácido en agua?

- a) Un ácido    b) Un hidróxido    c) Una sal    d) Un peróxido

12. ¿Cuántos compuestos iónicos hay entre:  $CO_2$ ,  $HgO$ ,  $Cu_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_3$ ?

- a) 1    b) 4    c) 2    d) 3

13. ¿Cuál óxido de nitrógeno produce lluvia ácida?

- a)  $N_2O$     b)  $NO$     c)  $N_2O_5$     d)  $N_2O_3$

#### II. Formula y nombra con las tres nomenclaturas:

1. Óxido de cobalto (II): fórmula = \_\_\_ Clásica = \_\_\_ Stock = \_\_\_ IUPAC = \_\_\_

2. Anhídrido clórico (E.O. Cl: +1, +3, +5, +7): fórmula = \_\_\_ Nombre clásico = \_\_\_ Atomicidad = \_\_\_

#### TAREA PARA CASA

Formula y nombra según las tres nomenclaturas los siguientes compuestos: a) Pb con E.O. +2 con O, b) Pb con E.O. +4 con O, c) I con E.O. +1 con O, d) I con E.O. +5 con O, e) S con E.O. +4 con O, f) S con E.O. +6 con O. Luego determina la atomicidad de cada uno y clasifica cuáles son óxidos básicos y cuáles son anhídridos.

## SESIÓN 6

### HIDRÓXIDOS E HIDRUROS

**PROPÓSITO:** Formular y nombrar los hidruros metálicos, hidruros no metálicos (especiales y ácidos) e hidróxidos, aplicando las tres nomenclaturas y reconociendo las propiedades de cada función.

#### ► Principales Hidróxidos en la Vida Cotidiana

- NaOH (soda cáustica) y KOH (potasa cáustica): elaboración de jabón.
- Al(OH)<sub>3</sub>: antiácido presente en la Mylanta.
- Mg(OH)<sub>2</sub>: leche de magnesia (antiácido).
- Ca(OH)<sub>2</sub> (cal apagada): construcción y tratamiento de agua.

### MARCO TEÓRICO

#### I. Los Hidróxidos o Bases

**Hidróxidos:** Son compuestos ternarios que presentan el ion oxidrilo (OH)<sup>-1</sup>. Se obtienen al disolver un óxido básico en agua. Fórmula general: M(OH)<sub>x</sub>, donde x = E.O. del metal.

Obtención: Óxido básico + H<sub>2</sub>O → Hidróxido  
Ejemplo: MgO + H<sub>2</sub>O → Mg(OH)<sub>2</sub>

#### ► Nomenclatura de Hidróxidos

- Si el metal tiene un solo E.O.: hidróxido de + nombre del metal.
- Si el metal tiene varios E.O.: se usa nomenclatura clásica (-oso / -ico) o Stock (E.O. romano).

| Fórmula             | Clásica               | Stock                     |
|---------------------|-----------------------|---------------------------|
| NaOH                | Hidróxido de sodio    | Hidróxido de sodio        |
| Fe(OH) <sub>2</sub> | Hidróxido ferroso     | Hidróxido de hierro (II)  |
| Fe(OH) <sub>3</sub> | Hidróxido férrico     | Hidróxido de hierro (III) |
| Cu(OH) <sub>2</sub> | Hidróxido cúprico     | Hidróxido de cobre (II)   |
| Al(OH) <sub>3</sub> | Hidróxido de aluminio | Hidróxido de aluminio     |
| Ca(OH) <sub>2</sub> | Hidróxido de calcio   | Hidróxido de calcio       |


#### ► Propiedades de los Hidróxidos

- Sabor amargo y textura resbaladiza al tacto.
- Cambian a color azul el papel tornasol rojo.
- Tiñen la fenolftaleína de color rosado.
- Neutralizan a los ácidos (reacción de neutralización).

#### HIDRUROS

Unión de un METAL con HIDRÓGENO (H<sup>+</sup>)


**Hidruro de Sodio**



**NaH**  
Hidruro de Sodio

Ejemplos: NaH, CaH<sub>2</sub>

**Hidruro de Calcio**




**CaH<sub>2</sub>**  
Hidruro de Calcio

**CARACTERÍSTICAS:**  
Sólidos, reductores, reactivos.

#### HIDRÓXIDOS

Unión de un METAL con Grupo HIDROXILO (OH<sup>-</sup>)


**Hidróxido de Sodio**



**NaOH**  
Hidróxido de Sodio

Ejemplos: NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>

**Hidróxido de Calcio**



**Ca(OH)<sub>2</sub>**  
Hidróxido de Calcio

**CARACTERÍSTICAS:**  
Bases, corrosivos, solubles.

#### 2. Hidruros Metálicos

**Hidruro metálico:** Se forma cuando el hidrógeno se combina con un metal. El H actúa con E.O. excepcional = -1. Son compuestos iónicos sólidos de alto punto de fusión (400–700°C). Se usan como agentes reductores.

**Fórmula:** M<sup>+x</sup> + H<sup>-1</sup> → MH<sub>x</sub> (se cruzan los E.O.)  
**Obtención:** Metal + Hidrógeno → Hidruro

| Fórmula          | Clásica          | Stock                 | IUPAC               |
|------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| NaH              | Hidruro sódico   | Hidruro de sodio      | Hidruro de sodio    |
| CaH <sub>2</sub> | Hidruro cálcico  | Hidruro de calcio     | Dihidruro de calcio |
| PbH <sub>2</sub> | Hidruro plumboso | Hidruro de plomo (II) | Dihidruro de plomo  |

|                  |                  |                       |                       |
|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| PbH <sub>4</sub> | Hidruro plúmbico | Hidruro de plomo (IV) | Tetrahidruro de plomo |
|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|

### 3. Hidruros No Metálicos

**Hidruro no metálico:** Se forman cuando el hidrógeno se une con un no metal. Son compuestos covalentes, generalmente gaseosos. El H actúa con E.O. = +I. Se dividen en hidruros especiales e hidruros ácidos.

#### ► a) Hidruros Especiales

Intervienen no metales de los grupos IIIA, IVA y VA. Se nombran con el prefijo griego + hidruro de + nombre del no metal (o con su nombre común).

| Fórmula          | Nombre sistemático      | Nombre común |
|------------------|-------------------------|--------------|
| BH <sub>3</sub>  | Trihidruro de boro      | Borano       |
| CH <sub>4</sub>  | Tetrahidruro de carbono | Metano       |
| NH <sub>3</sub>  | Trihidruro de nitrógeno | Amoníaco     |
| PH <sub>3</sub>  | Trihidruro de fósforo   | Fosfina      |
| AsH <sub>3</sub> | Trihidruro de arsénico  | Arsina       |
| SbH <sub>3</sub> | Trihidruro de antimonio | Estibina     |

#### ► b) Hidruros Ácidos

Intervienen no metales de los grupos VIA y VIIA. En estado gaseoso se llaman 'haluro/calcogenuro de hidrógeno'; disueltos en agua se llaman 'ácido .hídrico'.

| Fórmula (gas)        | Nombre gas             | Nombre en agua                              |
|----------------------|------------------------|---------------------------------------------|
| HF(g)                | Fluoruro de hidrógeno  | Ácido fluorhídrico<br>HF(ac)                |
| HCl(g)               | Cloruro de hidrógeno   | Ácido clorhídrico<br>HCl(ac)                |
| HBr(g)               | Bromuro de hidrógeno   | Ácido bromhídrico<br>HBr(ac)                |
| HI(g)                | Yoduro de hidrógeno    | Ácido yodhídrico<br>HI(ac)                  |
| H <sub>2</sub> S(g)  | Sulfuro de hidrógeno   | Ácido sulfhídrico<br>H <sub>2</sub> S(ac)   |
| H <sub>2</sub> Se(g) | Seleniuro de hidrógeno | Ácido selenhídrico<br>H <sub>2</sub> Se(ac) |

## PRÁCTICA

### I Selección – Marca la alternativa correcta:

- ¿Cómo se obtienen los hidróxidos?
    - Ácido + agua
    - Óxido básico + agua
    - No metal + hidrógeno
    - Metal + hidrógeno
  - ¿Cuál es el nombre clásico del Fe(OH)<sub>2</sub>?
    - Hidróxido férico
    - Hidróxido de hierro
    - Hidróxido ferroso
    - Hidróxido plúmbico
  - ¿Con qué E.O. actúa el H en los hidruros metálicos?
    - I
    - + I
    - 0
    - + 2
  - ¿Cuál es la fórmula del hidruro plúmbico?
    - PbH
    - PbH<sub>2</sub>
    - PbH<sub>3</sub>
    - PbH<sub>4</sub>
  - ¿Cuál es el nombre común del NH<sub>3</sub>?
    - Borano
    - Amoníaco
    - Fosfina
    - Arsina
  - ¿Cuál es la fórmula del ácido clorhídrico?
    - HBr(ac)
    - HI(ac)
    - HCl(ac)
    - HF(ac)
  - ¿Cuál es el nombre del HCl en estado gaseoso?
    - Ácido clorhídrico
    - Cloruro de hidrógeno
    - Cloruro de sodio
    - Anhídrido cloroso
  - ¿Cuál es la fórmula del hidruro de calcio?
    - CaH
    - Ca<sub>2</sub>H
    - CaH<sub>3</sub>
    - CaH<sub>2</sub>
  - ¿Qué cambio produce en el papel tornasol un hidróxido?
    - Lo vuelve rojo
    - Lo vuelve verde
    - Lo vuelve azul
    - No lo cambia
  - ¿Cuál es el nombre sistemático del CH<sub>4</sub>?
    - Trihidruro de carbono
    - Tetrahidruro de carbono
    - Dihidruro de carbono
    - Pentahidruro de carbono
  - ¿Cuál es la fórmula del hidróxido de hierro (III)?
    - Fe(OH)<sub>2</sub>
    - FeOH
    - Fe<sub>2</sub>OH
    - Fe(OH)<sub>3</sub>
  - ¿Cuál es la atomicidad del hidróxido de magnesio Mg(OH)<sub>2</sub>?
    - 3
    - 4
    - 5
    - 7
  - ¿Qué se obtiene si un óxido básico con 5 átomos por unidad de fórmula reacciona con agua?
    - Ácido
    - Peróxido
    - Hidruro
    - Hidróxido
- ### II Formula y nombra los siguientes compuestos:
- Hidruro ferroso (Fe=+2 / Fe=+3): fórmula = \_\_\_ Clásica = \_\_\_ Stock = \_\_\_
  - Hidróxido cúprico (Cu=+1 / Cu=+2): fórmula = \_\_\_ Clásica = \_\_\_ Stock = \_\_\_
  - Seleniuro de hidrógeno en agua: nombre como hidrácido = \_\_\_ fórmula = \_\_\_

## SESIÓN 7

### TIPOS DE ÁCIDOS: HIDRÁCIDOS Y OXÁCIDOS

**PROPÓSITO:** Distinguir y formular los dos tipos de ácidos inorgánicos (hidrácidos y oxácidos), aplicar la nomenclatura clásica para nombrarlos y reconocer ácidos importantes en la vida cotidiana.

ácido clorhídrico (disuelto en agua, forma iones  $H^+$  y  $Cl^-$ ).

#### MARCO TEÓRICO

#### 1. Función Ácido

**Ácido:** Son compuestos inorgánicos con enlace covalente, capaces de liberar iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en solución acuosa. Sus propiedades principales: sabor agrio, corroen metales activos y neutralizan a los hidróxidos.

#### 2. Ácidos Hidrácidos

**Ácidos hidrácidos:** Son compuestos binarios que se obtienen al disolver un hidruro ácido en agua. Son compuestos de hidrógeno con un no metal de los grupos VIA o VIIA. Fórmula general:  $H_xE(ac)$ .

Obtención: hidruro ácido (gas) +  $H_2O \rightarrow$  ácido hidrácido  
 $HCl(g) + H_2O \rightarrow HCl(ac) =$  ácido clorhídrico

#### ► Nomenclatura Clásica: Ácido + [no metal] + hídrico

| Anión                 | Fórmula del ácido | Nombre del ácido   |
|-----------------------|-------------------|--------------------|
| $F^-$ (fluoruro)      | $HF(ac)$          | Ácido fluorhídrico |
| $Cl^-$ (cloruro)      | $HCl(ac)$         | Ácido clorhídrico  |
| $Br^-$ (bromuro)      | $HBr(ac)$         | Ácido bromhídrico  |
| $I^-$ (yoduro)        | $HI(ac)$          | Ácido yodhídrico   |
| $CN^-$ (cianuro)      | $HCN(ac)$         | Ácido cianhídrico  |
| $S^{2-}$ (sulfuro)    | $H_2S(ac)$        | Ácido sulfhídrico  |
| $Se^{2-}$ (seleniuro) | $H_2Se(ac)$       | Ácido selenhídrico |

**Regla importante:** El mismo compuesto puede tener dos nombres según su estado físico:  $HCl(g) =$  cloruro de hidrógeno (estado gaseoso).  $HCl(ac) =$

#### HIDRÁCIDOS

Unión de **HIDRÓGENO (+1)** con **NO METAL** (valencia variable)

##### Ácido Clorhídrico



Ejemplos:  $HCl$ ,  $H_2S$

##### Ácido Sulfhídrico

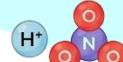


**CARACTERÍSTICAS:**  
Sabores agrios, conductores, corroen metales.

#### OXOÁCIDOS

Unión de **HIDRÓGENO (+1)**, **NO METAL** (valencia variable) y **OXÍGENO (-2)**

##### Ácido Nítrico



Ejemplos:  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$

##### Ácido Sulfúrico



**CARACTERÍSTICAS:**  
Sabores agrios, conductores, corroen orgánicos.

#### 3. Ácidos Oxácidos

**Ácidos oxácidos:** Son ácidos que contienen oxígeno en su fórmula. Son compuestos ternarios (H + no metal + O). Se obtienen al disolver un anhídrido (óxido ácido) en agua.

Obtención: anhídrido +  $H_2O \rightarrow$  ácido oxácido  
 $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$  |  $N_2O_3 + H_2O \rightarrow HNO_2$

#### ► Fórmulas de los Oxácidos

La fórmula del oxácido depende del E.O. del no metal y de si su número de oxidación es par o impar:

- Si E.O. es impar  $\rightarrow H_xXO(m+1)/2$  (1 átomo de H)
- Si E.O. es par  $\rightarrow H_2XO(m+2)/2$  (2 átomos de H)
- Casos especiales P, B, As, Sb: los anhídridos reaccionan con 3 moléculas de  $H_2O \rightarrow H_3XO_7$

#### ► Nomenclatura Clásica de Oxácidos

Sigue las mismas reglas que los óxidos ácidos: -oso para el menor E.O. e -ico para el mayor, con prefijos Hipo- y Per-.

| Fórmula                        | EO. | Nombre Clásico    | Nombre IUPAC                 |
|--------------------------------|-----|-------------------|------------------------------|
| HClO                           | + 1 | Ácido hipocloroso | Ácido oxoclorico (I)         |
| HClO <sub>2</sub>              | + 3 | Ácido cloroso     | Ácido dioxoclorico (III)     |
| HClO <sub>3</sub>              | + 5 | Ácido clórico     | Ácido trioxoclorico (V)      |
| HClO <sub>4</sub>              | + 7 | Ácido perclórico  | Ácido tetraoxoclorico (VII)  |
| HNO <sub>2</sub>               | + 3 | Ácido nitroso     | Ácido dioxonítrico (III)     |
| HNO <sub>3</sub>               | + 5 | Ácido nítrico     | Ácido trioxonítrico (V)      |
| H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> | + 4 | Ácido sulfuroso   | Ácido trioxosulfúrico (IV)   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | + 6 | Ácido sulfúrico   | Ácido tetraoxosulfúrico (VI) |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | + 4 | Ácido carbónico   | Ácido dioxocarbónico (IV)    |
| H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> | + 3 | Ácido fosforoso   | Ácido trioxofosfórico (III)  |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | + 5 | Ácido fosfórico   | Ácido tetraoxofosfórico (V)  |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> | + 3 | Ácido bórico      | Ácido trioxobórico (III)     |

#### 4. Ácidos Importantes en la Vida Cotidiana

- HCl(ac) – Ácido clorhídrico: presente en el ácido muriático y en el jugo gástrico del estómago.
- H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – Ácido carbónico: se forma en las bebidas gaseosas a bajas temperaturas (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O).
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – Ácido sulfúrico: presente en las baterías de los automóviles (el más importante en industria).
- HF(ac) – Ácido fluorhídrico: se utiliza para realizar grabados en vidrio (muy corrosivo).
- H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – Ácido fosfórico: presente en los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y en bebidas cola.
- HCl + HNO<sub>3</sub> (3:1) – Agua regia: disuelve el oro y el platino (única mezcla ácida que puede hacerlo).

### PRÁCTICA

#### I. Selección – Marca la alternativa correcta:

##### 1. ¿Cuál es el nombre del HNO<sub>2</sub>? (EO. N: +3, +5)

- a) Ácido nítrico    b) Ácido hiponítrico    c) Ácido nítrico  
d) Ácido pernítrico

##### 2. ¿Cuál es la fórmula del ácido sulfhídrico?

- a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>    b) H<sub>2</sub>S(ac)    c) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>    d) HS(ac)

##### 3. ¿Cuál es la fórmula del ácido carbónico?

- a) H<sub>2</sub>CO<sub>4</sub>    b) H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>    c) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>    d) HCO<sub>3</sub>

##### 4. ¿Cuál es el nombre del HClO<sub>4</sub>?

- a) Ácido cloroso    b) Ácido hipocloroso    c) Ácido clórico  
d) Ácido perclórico

##### 5. ¿Cuántos átomos tiene (atomicidad) el ácido bórico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>?

- a) 5    b) 6    c) 7    d) 8

##### 6. ¿Qué se forma al disolver SO<sub>3</sub> en agua?

- a) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>    b) H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>    c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>    d) H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub>

##### 7. ¿Cuál es el nombre del H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>?

- a) Ácido sulfúrico    b) Ácido sulfuroso    c) Ácido hiposulfuroso  
d) Ácido persulfúrico

##### 8. ¿Cuál ácido está presente en las baterías de automóviles?

- a) HCl    b) HNO<sub>3</sub>    c) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>    d) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

##### 9. ¿Cuál es el nombre del HBr(ac)?

- a) Ácido fluorhídrico    b) Ácido clorhídrico    c) Ácido bromhídrico  
d) Ácido yodhídrico

##### 10. ¿Cuál ácido se forma en las bebidas gaseosas?

- a) HCl    b) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>    c) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>    d) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

##### II. ¿Qué es el 'agua regia'?

- a) H<sub>2</sub>O pura    b) HNO<sub>3</sub> solo    c) HCl + HNO<sub>3</sub> en proporción 3:1  
d) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HCl

##### 12. La fórmula del ácido fosfórico es: (P = caso especial)

- a) H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>    b) HPO<sub>3</sub>    c) H<sub>2</sub>PO<sub>3</sub>    d) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

##### 13. ¿Cuál es el nombre clásico del H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>?

- a) Ácido carbónico    b) Ácido hipocarbónico    c) Ácido percarbónico  
d) Ácido dicarbónico

#### II. Nombra o formula los siguientes compuestos:

1. HClO: nombre clásico = \_\_\_ EO. del Cl = \_\_\_

Obtención: anhídrido + H<sub>2</sub>O → \_\_\_

2. Ácido permangánico (EO. Mn = +7): fórmula (Mn impar) = \_\_\_ Atomicidad = \_\_\_

3. ¿Por qué el HF(g) y el HF(ac) tienen nombres distintos aunque tengan la misma fórmula? Explica.