

CIENCIA Y TECNOLOGÍA



IIBM -2026

4° SECUNDARIA

ALUMNO



Prof. Josué Arteaga Núñez

BIOLOGÍA

CUARTO DE SECUNDARIA

SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE

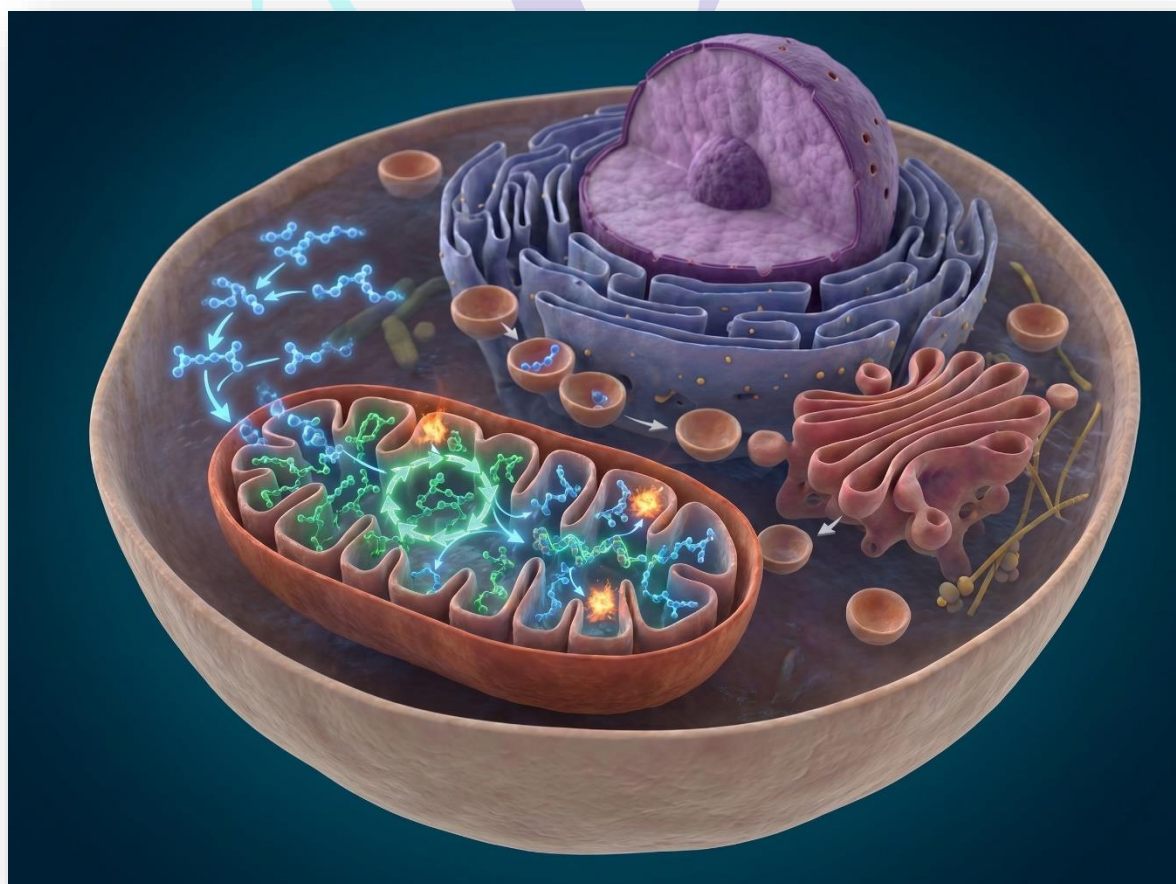
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA

Docente:

Josué Arteaga Núñez

Contenido

CÉLULA PROCARIOTA	1
SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS	5
MITOCONDRIAS Y CITOESQUELETO	9
CÉLULA VEGETAL.....	12
FOTOSÍNTESIS: FASE LUMINOSA.....	16
FOTOSÍNTESIS: FASE OSCURA	20
RESPIRACIÓN CELULAR: GLUCÓLISIS Y CICLO DE KREBS.....	23



SESIÓN 01

CÉLULA PROCARIOTA

PROPÓSITO: Reconocer las características fundamentales de las células procariotas, identificar sus estructuras y comprender su diversidad morfológica, metabólica y su relevancia ecológica y médica.

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS PROCARIOTAS

Las células procariotas son la forma de vida más antigua y abundante del planeta. A diferencia de las células eucariotas que forman nuestro cuerpo, los procariotas presentan una organización estructural aparentemente simple pero extraordinariamente eficiente. El término procariota proviene del griego pro (antes) y karyon (núcleo), reflejando la ausencia de un núcleo verdadero delimitado por membrana. Esta aparente sencillez no limita su diversidad: los procariotas han colonizado prácticamente todos los hábitats terrestres y acuáticos, desde fuentes hidrotermales a 120 °C hasta glaciares antárticos a -20 °C.

Ausencia de núcleo definido: El ADN se encuentra en el citoplasma formando la región denominada nucleoide, sin estar separado por ninguna membrana nuclear. El genoma bacteriano consiste generalmente en un único cromosoma circular de ADN desnudo (sin histonas), aunque algunas especies poseen cromosomas lineales o múltiples.

Genoma simplificado y plásmidos: Además del cromosoma principal, muchas bacterias poseen plásmidos: pequeñas moléculas circulares de ADN extracromosómico que contienen genes ventajosos como resistencia a antibióticos, toxinas o factores de virulencia. Los plásmidos se transfieren horizontalmente

entre bacterias, acelerando la adaptación.

Ausencia de orgánulos membranosos: Las bacterias carecen de mitocondrias, cloroplastos, aparato de Golgi, retículo endoplasmático y lisosomas. Sus reacciones metabólicas equivalentes ocurren en la membrana plasmática o directamente en el citoplasma.

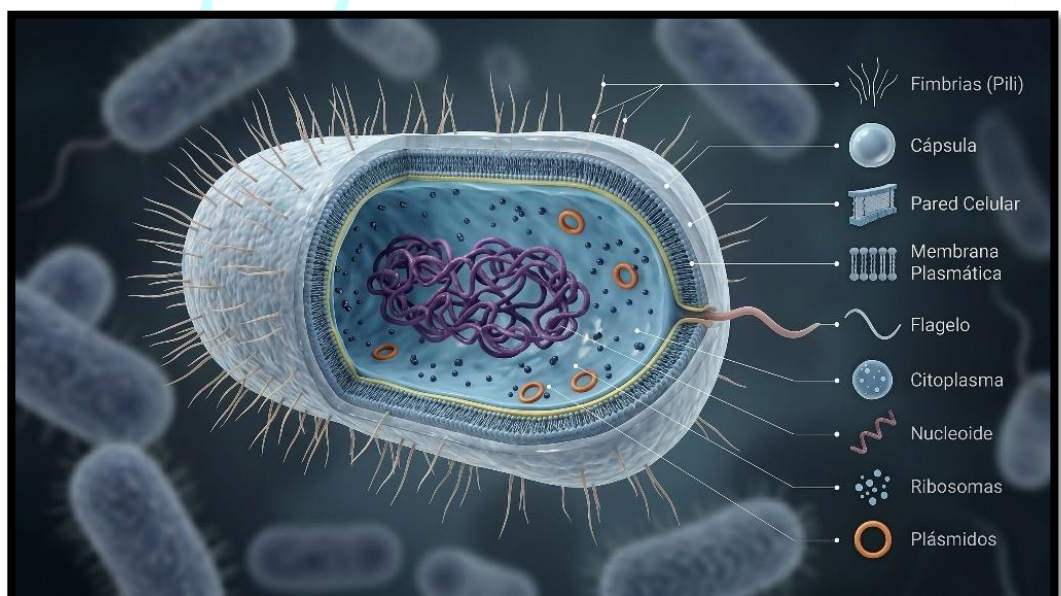
Ribosomas 70S: Los ribosomas bacterianos (70S) están compuestos por las subunidades 50S y 30S. Son más pequeños que los ribosomas eucariotas (80S), diferencia que es el blanco de antibióticos como la eritromicina, tetraciclina y estreptomina que los bloquean selectivamente sin afectar a los ribosomas del paciente.

Tamaño reducido: Típicamente entre 0,5 y 5 micrómetros, siendo entre 10 y 100 veces más pequeñas que las células eucariotas. Este tamaño reducido permite una mayor relación superficie/volumen que optimiza el intercambio de nutrientes.

ESTRUCTURA

Estructuras universales (presentes en todas las bacterias)

La membrana plasmática bacteriana es una bicapa fosfolipídica con proteínas integradas. A diferencia de las células eucariotas, carece de colesterol en su composición y contiene en cambio hopanoides, moléculas de estructura similar que mantienen la rigidez y fluidez apropiada. Esta membrana alberga enzimas implicadas en la respiración celular, la fotosíntesis (en bacterias fotosintéticas) y la biosíntesis de componentes de la pared celular.



La pared celular bacteriana es la estructura más característica del reino. Está compuesta de peptidoglicano (o mureína), un polímero exclusivo de las bacterias formado por cadenas de azúcares entrecruzadas por puentes peptídicos. Según la tinción de Gram se distinguen dos grandes grupos:

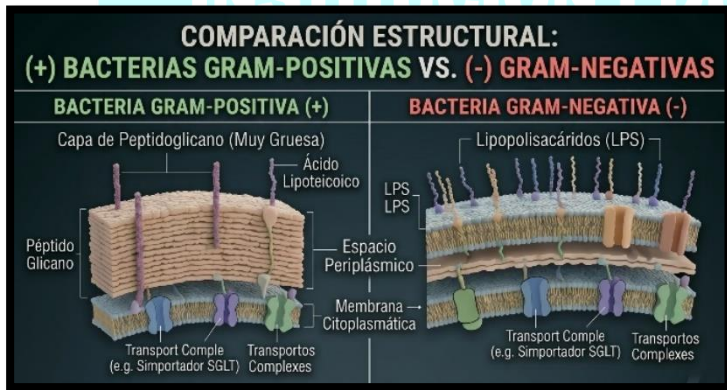
Cápsula o capa mucosa: Capa externa de polisacáridos o polipéptidos secretada alrededor de la pared celular. Protege a la bacteria de la fagocitosis por células del sistema inmune, de la desecación y de los bacteriófagos. Facilita la adhesión a tejidos del hospedador. Las bacterias capsuladas son generalmente más virulentas.

Flagelos bacterianos: Estructuras filamentosas helicoidales compuestas de la proteína flagelina, que permiten la locomoción activa. Se anclan en la membrana mediante el cuerpo basal. Pueden estar en uno o ambos extremos (monotricos o anfítricos) o distribuidos por toda la superficie (peritricos). Rotan gracias a un motor molecular que usa el gradiente de protones como fuente de energía.

Pili y fimbrias: Apéndices proteicos más cortos y finos que los flagelos. Las fimbrias comunes facilitan la adhesión a células del hospedador y superficies (formación de biopelículas). Los pili sexuales (F-pili) son estructuras tubulares que conectan dos bacterias durante la conjugación para transferir plásmidos.

Endosporas: Estructuras de resistencia excepcional formadas por los géneros *Bacillus* y *Clostridium*. El proceso de esporulación encapsula el ADN, los ribosomas y enzimas esenciales en capas de proteínas muy resistentes. Las endosporas sobreviven calor extremo, radiación UV, desecación, ácidos y antisépticos por décadas o siglos. El ántrax (*B. anthracis*) y el botulismo (*C. botulinum*) están causados por bacterias formadoras de endosporas.

Inclusiones intracelulares: Depósitos de reservas nutricionales en el citoplasma: gránulos de glucógeno (carbono y energía), polifosfato (fosfato inorgánico), poli-β-hidroxibutirato (lípidos de reserva) y gránulos de azufre en bacterias quimiosintéticas.



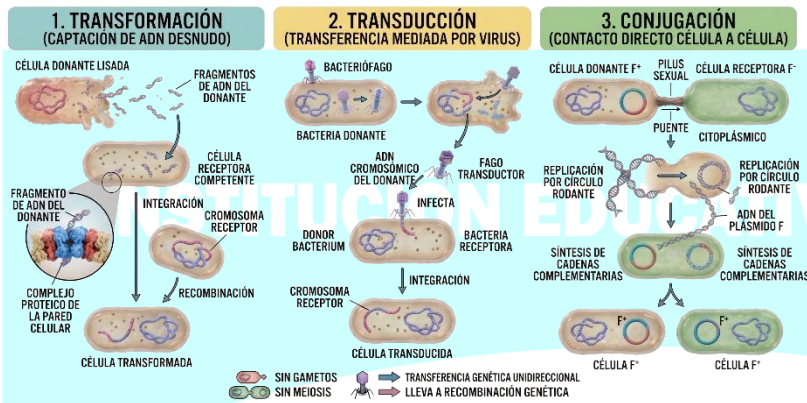
CARACTERÍSTICA	GRAM POSITIVAS	GRAM NEGATIVAS
Grosor de peptidoglicano	Gruesa (15-80 nm)	Delgada (2-3 nm)
Membrana externa	Ausente	Presente (con LPS)
Color tinción de Gram	Morado (retiene cristal violeta)	Rojo-rosa (no retiene)
Sensibilidad a penicilina	Alta (bloquea síntesis de PG)	Menor (membrana externa protege)
Ejemplo	<i>Staphylococcus</i> , <i>Streptococcus</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Neisseria</i>

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y AGRUPACIONES

Estructuras adicionales (variables según la especie)

MORFOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	AGRUPACIONES POSIBLES	EJEMPLOS PATÓGENOS
Cocos (esférica)	Forma esférica u ovalada	Diplococos, estreptococos, estafilococos, tétradas, sarcinas	<i>Streptococcus pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>
Bacilos (bastón)	Forma alargada cilíndrica	Individuales, estreptobacilos (cadenas)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Salmonella</i>
Vibrios (coma)	Levemente curvados	Generalmente individuales	<i>Vibrio cholerae</i> (cólera)
Espirilos (rígida)	Helicoidal rígida	Individuales	<i>Campylobacter jejuni</i>
Espiroquetas (flexible)	Helicoidal flexible	Individuales	<i>Treponema pallidum</i> (sífilis), <i>Borrelia</i>

REPRODUCCIÓN PARASEXUAL EN BACTERIAS: MECANISMOS DE TRANSFERENCIA GENÉTICA



Importancia

Ciclo biogeoquímico: Bacterias nitrificantes (Nitrosomonas, Nitrobacter), denitrificantes y fijadoras de nitrógeno (Rhizobium, cianobacterias) son imprescindibles para los ciclos del nitrógeno, azufre y carbono en todos los ecosistemas.

Biología y medicina: E. coli es el organismo modelo de la biología molecular y el principal productor de insulina, interferones y vacunas por ingeniería genética. Las bacterias producen antibióticos, enzimas industriales y biocombustibles.

Patología y resistencia bacteriana: Las bacterias causan enfermedades como tuberculosis, cólera, neumonía, tétanos y sífilis. La resistencia antibiótica —adquirida y diseminada mediante plásmidos— representa la mayor amenaza emergente para la salud pública del siglo XXI.

METABOLISMO Y REPRODUCCIÓN BACTERIANA

El metabolismo bacteriano muestra una diversidad sin igual en el mundo vivo. Según su fuente de carbono se clasifican en autótrofas (usan CO₂) y heterótrofas (usan compuestos orgánicos). Según su fuente de energía: fototrofas (usan luz) y quimiótrofas (usan reacciones químicas). La combinación de ambos criterios da cuatro grandes grupos: fotolitoautótrofas (cianobacterias), fotoorganoheterótrofas (bacterias púrpuras no azufre), quimiolitoautótrofas (bacterias nitrificantes, del azufre) y quimiorganoheterótrofas (la mayoría de las patógenas).

La reproducción ocurre principalmente por fisión binaria: el ADN circular se replica, la célula crece y se forma un septo de peptidoglicano en el centro que divide a la célula en dos células hijas genéticamente idénticas. En condiciones óptimas puede ocurrir cada 20 minutos. La variabilidad genética se consigue por mutaciones y por transferencia horizontal de genes: transformación (captación de ADN libre), conjugación (transferencia por pili) y transducción (transferencia mediada por bacteriófagos).

PRÁCTICA

I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

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

- a) Presencia de mitocondrias propias.
- b) Ausencia de núcleo delimitado por membrana.
- c) Mayor tamaño que las células eucariotas.
- d) Presencia de retículo endoplasmático.

2. ¿Cómo se clasifican los ribosomas bacterianos?

- a) 80S, igual que los ribosomas eucariotas.
- b) 70S, compuestos por subunidades 50S y 30S.
- c) 60S, exclusivos de células procariotas.
- d) 90S, los más grandes en todos los seres vivos.

3. ¿Qué estructuras son universales en todas las células procariotas?

- a) Flagelos y pili.
- b) Cápsula y endosporas.
- c) Membrana plasmática, citoplasma, nucleóide y ribosomas.
- d) Inclusiones intracelulares y flagelos.

4. En bacterias Gram positivas, la pared celular se caracteriza por:

- a) Capa delgada de peptidoglicano rodeada por membrana externa.
- b) Ausencia total de peptidoglicano.
- c) Gruesa capa de peptidoglicano (15-80 nm).
- d) Abundancia de lipopolisacáridos externos.

<p>1. EXTREMÓFILOS</p> <p><i>Sulfolobus acidocaldarius</i></p> <p>Domain: Archaea Phylum: Crenarchaeota Class: Thermoprotei Order: Sulfolobales</p> <p>HÁBITAT: Manantiales Hidrotermales Volcánicos y Sulfataras</p>	<p>2. MICROBIOTA INTESTINAL</p> <p><i>Escherichia coli</i></p> <p>Domain: Bacteria Phylum: Pseudomonadota Class: Gammaproteobacteria Order: Enterobacterales</p> <p>HÁBITAT: Tractos Digestivos Humanos y Animales</p>
<p>3. BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS</p> <p><i>Anabaena sp.</i></p> <p>Domain: Bacteria Phylum: Cyanobacteria Class: Cyanophyceae Order: Nostocales</p> <p>HÁBITAT: Aguas Dulces Dulces y Entornos Húmedos (Ricos en luz)</p>	<p>4. DESCOMPONEDORES DEL SUELO</p> <p><i>Streptomyces coelicolor</i></p> <p>Domain: Bacteria Phylum: Actinomycetota Class: Actinomycetia Order: Streptomycetales</p> <p>HÁBITAT: Suelos Terrestres y Entornos de Descomposición</p>

5. ¿Qué estructura bacteriana permite la transferencia de material genético en la conjugación?

- a) Flagelos.
- b) Cápsula polisacárida.
- c) Pili sexuales.
- d) Endosporas.

6. Las bacterias de forma esférica que se agrupan en cadenas se denominan:

- a) Diplococos.
- b) Estafilococos.
- c) Streptococos.
- d) Sarcinas.

7. Una bacteria que usa CO₂ como fuente de carbono y luz como fuente de energía se clasifica como:

- a) Heterótrofa quimiótrofa.
- b) Autótrofa fotótrofa.
- c) Heterótrofa fotótrofa.
- d) Autótrofa quimiótrofa.

8. ¿Qué género bacteriano es conocido por formar endosporas de alta resistencia?

- a) Escherichia.
- b) Neisseria.
- c) Mycoplasma.
- d) Bacillus y Clostridium.

9. El proceso principal de reproducción bacteriana se denomina:

- a) Conjugación.
- b) Fisión binaria.
- c) Transformación.
- d) Transducción.

10. ¿Cuál es la función de los hopanoides en la membrana bacteriana?

- a) Transferir material genético entre bacterias.
- b) Sustituir al colesterol para mantener la rigidez de la membrana.
- c) Facilitar la adhesión a superficies del hospedador.
- d) Actuar como enzimas digestivas en el citoplasma.

11. ¿Qué estructura bacteriana protege contra la fagocitosis del sistema inmune?

- a) Los flagelos, que permiten el movimiento activo.
- b) Los pili, que facilitan la adhesión a superficies.
- c) La cápsula polisacárida o capa mucosa.
- d) Los ribosomas 70S, que sintetizan proteínas.

12. La taxonomía moderna de los procariontes se basa principalmente en:

- a) El análisis del ARN ribosómico 16S.
- b) La forma morfológica visible al microscopio.
- c) La temperatura óptima de crecimiento.
- d) La presencia o ausencia de flagelos.

13. ¿Qué diferencia a las bacterias Gram negativas de las Gram positivas?

- a) Carecen de pared celular de peptidoglicano.
- b) Tienen capa gruesa de peptidoglicano sin membrana externa.
- c) Poseen capa delgada de peptidoglicano más membrana externa con LPS.

d) Son de mayor tamaño y más complejas que las Gram positivas.

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

1. La región del citoplasma bacteriano donde se concentra el ADN circular sin membrana se denomina _____

2. Las bacterias Gram negativas poseen una membrana externa rica en _____, que las hace resistentes a muchos antibióticos.

3. Las estructuras filamentosas que permiten el movimiento activo de las bacterias en medios líquidos se llaman _____

4. Las _____ son estructuras de resistencia extrema formadas por los géneros Bacillus y Clostridium ante condiciones adversas.

5. La reproducción bacteriana asexual en la que una célula origina dos células hijas idénticas se denomina _____

TAREA PARA CASA

Realiza una exposición detallada sobre UNA bacteria de importancia científica o médica de tu elección (puede ser E. coli, Bacillus subtilis, Mycobacterium tuberculosis, Streptococcus pyogenes u otra). Investiga y presenta: nombre científico y clasificación, morfología y estructura detallada, modo de nutrición y metabolismo, importancia médica o biotecnológica, enfermedades que causa (si aplica) y métodos de control o tratamiento. Elabora una lámina ilustrada y prepara una presentación oral de 5 minutos.

SESIÓN 02

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: COMPLEJIDAD ORGANIZADA

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. Los orgánulos membranosos de las células eucariotas permiten una mayor eficiencia y especialización metabólica, haciendo posible la complejidad de los organismos pluricelulares. Su tamaño oscila entre 10 y 100 μm y su ADN se organiza en cromosomas lineales asociados a histonas.

MEMBRANA PLASMÁTICA: LA FRONTERA SELECTIVA

Modelo del mosaico fluido: Bicapa fosfolipídica con proteínas que se mueven lateralmente. Las cabezas de los fosfolípidos son hidrófilas y las colas hidrófobas. El colesterol se intercala estabilizando la fluidez. Las glucoproteínas y glucolípidos de la cara externa forman el glucocáliz, clave para el reconocimiento celular.

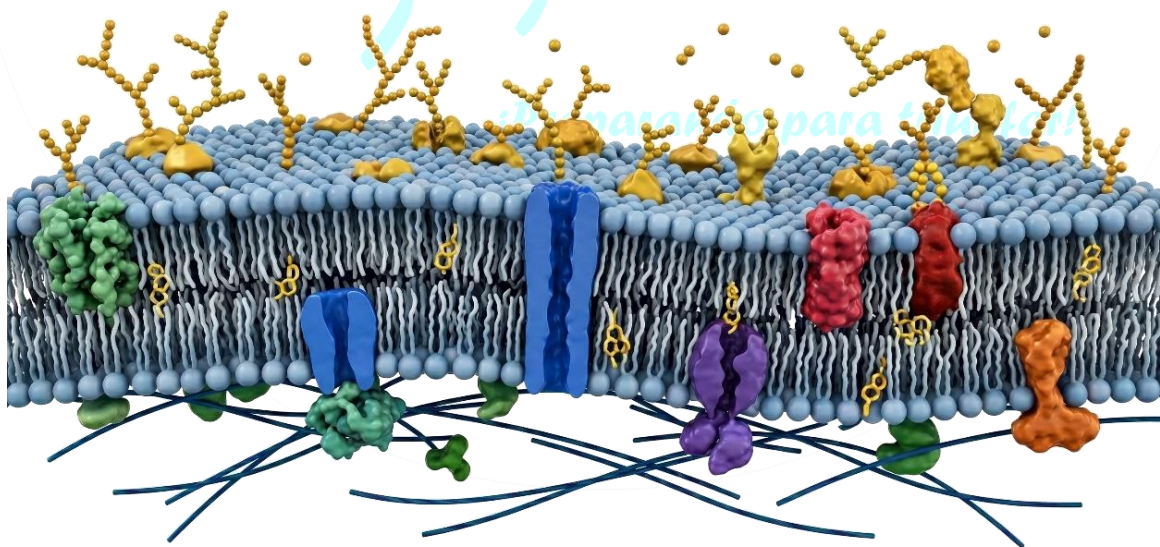
Tipos de transporte a través de la membrana: Difusión simple (O_2 , CO_2 , sin energía), difusión facilitada (glucosa, iones, por proteínas canal sin energía), transporte activo (bomba Na^+/K^+ , con ATP, contra gradiente) y endocitosis/exocitosis para macromoléculas y vesículas.

EL NÚCLEO CELULAR: CENTRO DE CONTROL GENÉTICO

Envoltura nuclear: Doble membrana con ~3 000 poros nucleares por núcleo. Los poros regulan el tránsito bidireccional: el ARNm sale al citoplasma para ser traducido, y las proteínas reguladoras entran al núcleo. La membrana externa está conectada con el RER y tiene ribosomas adheridos.

Cromatina y cromosomas: Complejo de ADN + proteínas histonas. La unidad básica es el nucleosoma: 147 pb de ADN enrolladas alrededor de un octámero de histonas. En interfase: eucromatina (activa, extendida) y heterocromatina (inactiva, condensada). En mitosis: cromosomas completamente condensados.

Nucleolo: Región especializada sin membrana propia donde se transcriben los genes de ARN ribosómico (ARNr) y se ensamblan las subunidades ribosomales (pequeña y grande) antes de salir al citoplasma. Las células con alta actividad de síntesis proteica (células secretoras, neuronas) tienen nucleolos grandes y muy visibles.



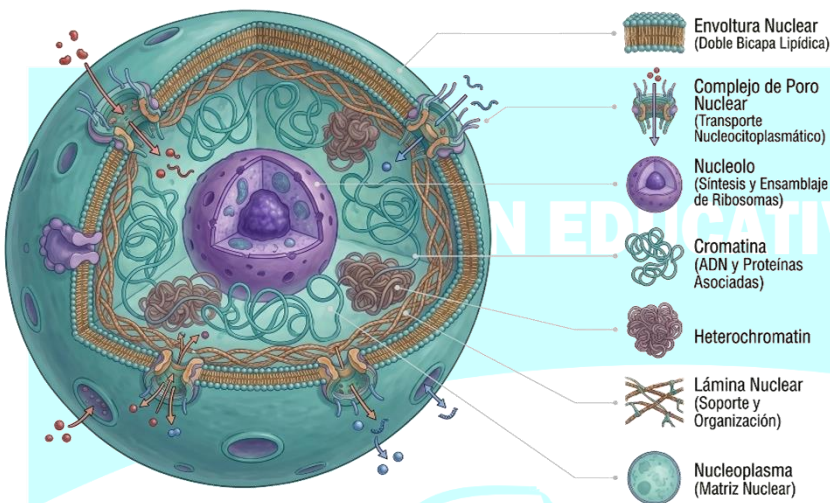
dirige proteínas y lípidos, y empaqueta moléculas en vesículas de transporte. Es también el lugar de formación de los lisosomas.

LISOSOMAS, VACUOLAS Y PEROXISOMAS

Lisosomas: Vesículas esféricas con membrana glucoproteica especial. Interior ácido (pH \approx 5) gracias a bombas de H^+ . Contienen más de 50 tipos de enzimas hidrolíticas (proteasas, lipasas, nucleasas). Funciones: autofagia (degrada orgánulos propios dañados), heterofagia (digiere material externo captado por endocitosis) y autólisis (muerte celular programada durante el desarrollo).

Vacuola central vegetal: Gran vesícula rodeada por el tonoplasto (membrana especializada). Ocupa el 80-90 % del volumen en células maduras. Contiene agua, iones, azúcares, ácidos orgánicos, antocianinas (pigmentos rojiazul de flores y frutos), alcaloides y compuestos de defensa. Mantiene la turgencia celular presionando la pared con la presión osmótica.

Peroxisomas: Vesículas con enzimas oxidativas, principalmente catalasa (descompone H_2O_2 tóxico). Oxidan ácidos grasos de cadena muy larga, desintoxican el alcohol en células hepáticas y realizan la fotorrespiración en plantas.



RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO: LA RED INTERNA DE MEMBRANAS

Retículo Endoplasmático Rugoso (RER)

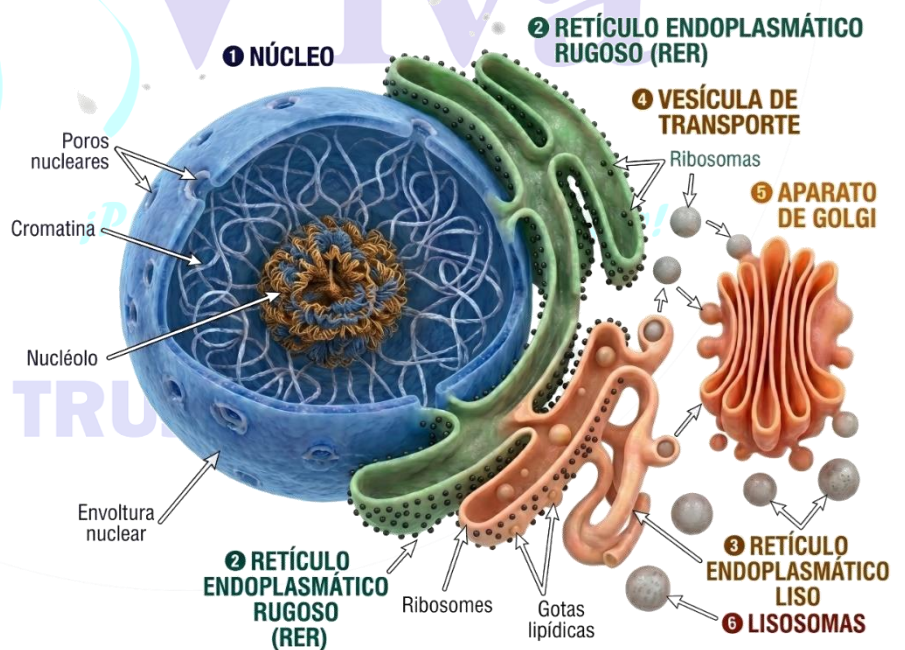
Estructura y funciones: Cisternas aplanadas cubiertas de ribosomas en su superficie citoplasmática. Muy abundante en células secretoras (páncreas, plasmocitos). Funciones: síntesis de proteínas para secreción (insulina, anticuerpos) o membranas, plegamiento correcto con ayuda de chaperonas moleculares, inicio de la glicosilación y control de calidad proteica.

Retículo Endoplasmático Liso (REL)

Estructura y funciones: Red tubular sin ribosomas. Abundante en hepatocitos, células esteroideas y células musculares. Funciones: síntesis de fosfolípidos y esteroides (cortisol, testosterona), detoxificación de fármacos y alcohol (citocromo P450 hepático), almacenamiento y liberación de Ca^{2+} en células musculares (dispara la contracción).

APARATO DE GOLGI: EL SISTEMA POSTAL DE LA CÉLULA

Pila de 4-8 cisternas membranosas con dos caras diferenciadas: cara cis (recibe vesículas del RER) y cara trans (envía vesículas a su destino: lisosomas, membrana plasmática o secreción). Realiza la modificación postraduccional completa: glicosilación, sulfatación, fosforilación. Clasifica y



Importancia

Enfermedades por disfunción de orgánulos: Las enfermedades lisosomales de almacenamiento (Gaucher, Tay-Sachs) ocurren cuando faltan enzimas específicas. El estrés del RE está implicado en la diabetes tipo 2. Los peroxisomas defectuosos causan adrenoleucodistrofia.

Biología: El RER es la fábrica natural de proteínas terapéuticas. Las células CHO (ovario de hámster chino), que tienen un RER muy activo, se usan industrialmente para producir anticuerpos monoclonales y hormonas recombinantes.

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 y 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 histonas.
- c) La envoltura nuclear, doble membrana con poros.
- 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.
- b) Detoxificar compuestos tóxicos en células hepáticas.
- c) Almacenar y regular el calcio en células musculares.
- d) Sintetizar proteínas para secreción o inserción en membranas.

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

- a) Modificar, clasificar y dirigir proteínas y lípidos a su destino final.
- 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 más de 50 enzimas hidrolíticas activas a pH ácido?

- 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 REL, que sintetiza lípidos y desintoxica la célula.

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.
- c) Peptidoglicano con proteínas transmembrana y LPS.
- d) Quitina con proteínas de señalización y receptores.

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_2O_2 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. ¿Cuál es la cara del Golgi que recibe vesículas procedentes del RE?

- a) La cara trans (de salida), orientada hacia la membrana plasmática.
- b) La cara cis (de entrada), orientada hacia el retículo endoplasmático.
- c) Las cisternas mediales, donde se realizan las modificaciones.
- d) Las vesículas de secreción, que transportan al lisosoma.

II. ¿Cuál de estas afirmaciones sobre el núcleo celular es correcta?

- a) Carece de membrana y el ADN flota en el citoplasma.
- b) Contiene el nucleolo, que sintetiza ARN ribosómico y ensambla ribosomas.

- c) Solo está presente en células animales, no en vegetales.
- d) Está unido directamente a las mitocondrias.

12. ¿Qué proceso realiza el lisosoma cuando degrada orgánulos propios dañados?

- a) Heterofagia: digestión de material externo captado por endocitosis.
- b) Autofagia: digestión de orgánulos propios de la célula.
- c) Autólisis: destrucción controlada de la célula completa.
- d) Exocitosis: liberación de vesículas al exterior de la célula.

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 _____ adheridos a su superficie y sintetiza proteínas 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 al pH ácido interno.

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 03

MITOCONDRIAS Y CITOESQUELETO

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

Funciones adicionales de las mitocondrias: Homeostasis del Ca^{2+} (regulan la señalización celular y contracción muscular), apoptosis (liberan citocromo c y factores pro-apoptóticos que inician la cascada de las caspasas) y termogénesis (en tejido adiposo pardo, la proteína UCPI disipa el gradiente como calor).

MITOCONDRIA: LA CENTRAL ENERGÉTICA DE LA CÉLULA

La mitocondria es el orgánulo responsable de la respiración celular aeróbica. Fue propuesta por Lynn Margulis como originaria de una α -proteobacteria aeróbica que fue endocitada por una célula ancestral hace 1 500-2 000 millones de años. Una célula hepática puede contener entre 1 000 y 2 000 mitocondrias que ocupan hasta el 20 % del volumen celular.

Membrana externa mitocondrial: Lisa y permeable a moléculas de hasta 5 kDa gracias a porinas (proteínas de canal). Contiene enzimas del metabolismo de lípidos. Separa la mitocondria del citoplasma.

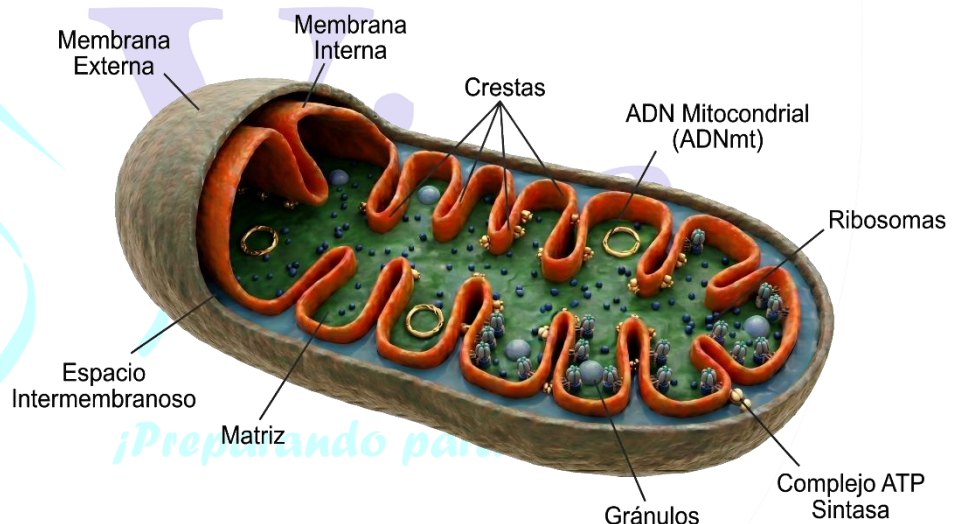
Membrana interna mitocondrial y crestas: Altamente impermeable. Forma los pliegues llamados crestas mitocondriales que multiplican la superficie interna de 3 a 5 veces. Contiene los cuatro complejos de la cadena de transporte de electrones (I, II, III, IV), la ATP sintasa (Complejo V) y numerosos transportadores específicos. Es rica en el lípido cardiolipina.

Espacio intermembranoso: Espacio entre las dos membranas donde se acumulan los protones H^+ bombeados por los complejos I, III y IV. Esta acumulación crea el gradiente electroquímico (fuerza protón-motriz) que impulsa la ATP sintasa. Contiene el citocromo c, un transportador de electrones clave.

Matriz mitocondrial: Espacio interno con ADN circular humano (mtADN) de 37 genes, ribosomas 70S, ARNt y ARNm propios, todas las enzimas del ciclo de Krebs, enzimas de la β -oxidación de ácidos grasos, y gránulos de calcio y magnesio. El pH de la matriz es ~ 7.9 durante la actividad respiratoria.

RIBOSOMAS: LA MAQUINARIA DE SÍNTESIS PROTEICA

Los ribosomas son los únicos orgánulos que sintetizan proteínas y los únicos sin membrana. Presentes en todas las células vivas. Son complejos de ARN ribosómico (ARNr) y proteínas. Los ribosomas eucariotas (80S) tienen subunidad grande 60S y pequeña 40S. El centro peptidil-transferasa del ARNr cataliza los enlaces peptídicos, siendo el ribosoma una ribozima. Los ribosomas libres sintetizan proteínas para uso interno; los del RER, proteínas para secreción o membranas; los mitocondriales (70S) sintetizan in situ las 13 proteínas de la cadena respiratoria codificadas por el mtADN.



EL CITOESQUELETO: RED DINÁMICA DE SOPORTE Y MOVIMIENTO

El citoesqueleto es una red tridimensional y dinámica de proteínas fibrosas que se polimeriza y despolimeriza continuamente. Permite a la célula mantener su forma, moverse, dividirse y transportar cargas. Tres sistemas complementarios:

COMPONENTE	PROTEÍNA	DIÁMETRO	FUNCIONES CLAVE
Microfilamentos de actina	F-actina (polímero helicoidal de G-actina)	7 nm	Contracción muscular, pseudópodos, citocinesis, microvellosidades, forma celular
Filamentos intermedios	Queratinas, vimentina, neurofilamentos, lámina nuclear	10 nm	Resistencia mecánica, lámina nuclear, anclaje de orgánulos, forma celular estable
Microtúbulos	Dímeros α y β tubulina en cilindro hueco (13 protofilamentos)	25 nm	Huso mitótico, transporte vesicular (kinesina/dineína), cilios y flagelos eucariotas

bloqueando la mitosis de células tumorales. La vincristina los despolimeriza. Ambos son quimioterápicos de uso clínico amplio.

PRÁCTICA

I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN:

1. ¿Qué orgánulo es el principal productor de ATP en células aeróbicas?

- 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 aparato de Golgi, que distribuye moléculas energéticas.

2. ¿Qué evidencias apoyan la teoría endosimbiótica de las mitocondrias?

- a) Carecen de membrana y flotan libremente 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) Solo producen energía en condiciones anaerobias estrictas.

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

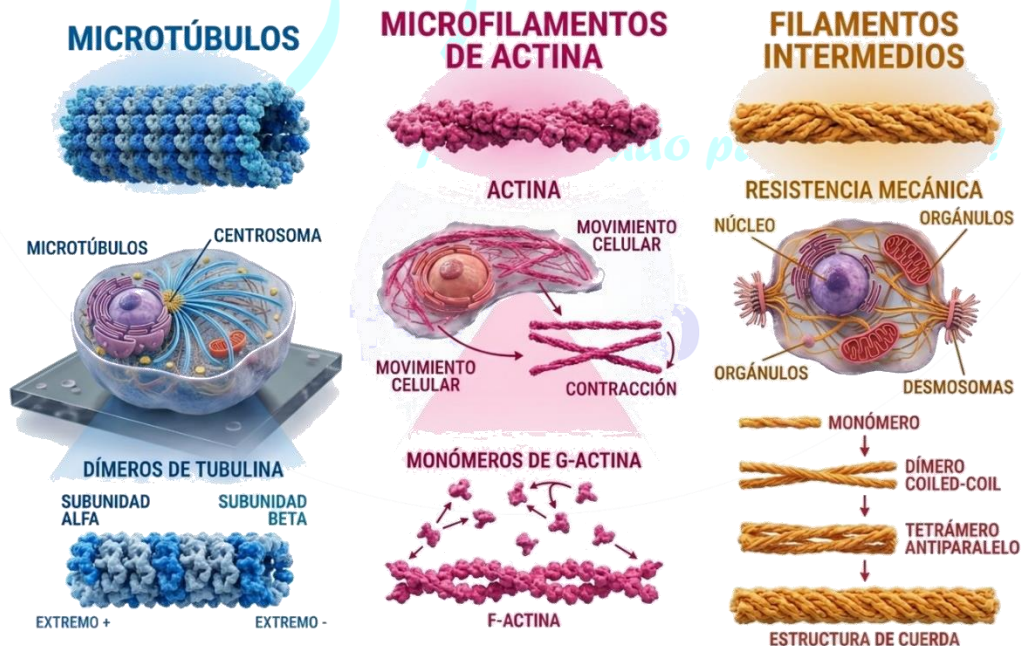
- a) Almacenar el ADN circular de la mitocondria.
- b) Controlar el flujo de protones entre compartimentos.
- c) Contener las enzimas del ciclo de Krebs.
- d) Aumentar la superficie de la membrana interna para la cadena respiratoria.

Centrosoma y centriolos: El centrosoma (centro organizador de microtúbulos) contiene un par de centriolos: cilindros de 9 tripletes de microtúbulos orientados perpendicularmente. Nuclean los microtúbulos del huso mitótico usando γ -tubulina. Los centriolos forman los cuerpos basales de los cilios. Están ausentes en células vegetales maduras y en la mayoría de hongos.

Importancia

Enfermedades mitocondriales: Las mutaciones en el mtADN causan enfermedades neuromusculares graves con herencia exclusivamente materna (síndrome MELAS, neuropatía de Leber). La disfunción mitocondrial está también implicada en el Parkinson, el Alzheimer y el envejecimiento.

Citoesqueleto y cáncer: El taxol (paclitaxel) estabiliza microtúbulos impidiendo la despolimerización y



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

- a) Sintetizar proteínas para 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) Microtúbulos de tubulina, de 25 nm de diámetro.
- b) Filamentos intermedios, fibras proteicas de 10 nm.
- c) Microfilamentos de actina, de solo 7 nm de diámetro.
- d) 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?

- 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?

- 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 particularidad presentan los centriolos respecto a las células vegetales maduras?

- a) Son más abundantes en células vegetales por sus necesidades energéticas.
- b) Solo se encuentran en células vegetales que realizan mitosis.
- c) Están ausentes en células vegetales maduras y en la mayoría de hongos.
- d) Son idénticos en estructura a los ribosomas de la matriz mitocondrial.

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.

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 según la teoría endosimbiótica.

2. Los ribosomas eucariotas son de tipo _____ y están compuestos por una subunidad mayor 60S y una subunidad menor 40S.

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

TAREA PARA CASA

Elabora un esquema detallado de UNA mitocondria con todas sus partes etiquetadas: membrana externa (con porinas), membrana interna con crestas, espacio intermembranoso y matriz mitocondrial (con ADN circular, ribosomas 70S y enzimas del ciclo de Krebs).

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 04

CÉLULA VEGETAL

PROPÓSITO: Observar la estructura de la célula vegetal para distinguir sus orgánulos exclusivos, comprender las funciones de los plastidios (especialmente los cloroplastos) y entender el papel de la vacuola central en la fisiología vegetal.

LA CÉLULA VEGETAL: UNA CÉLULA EUCARIOTA ESPECIALIZADA

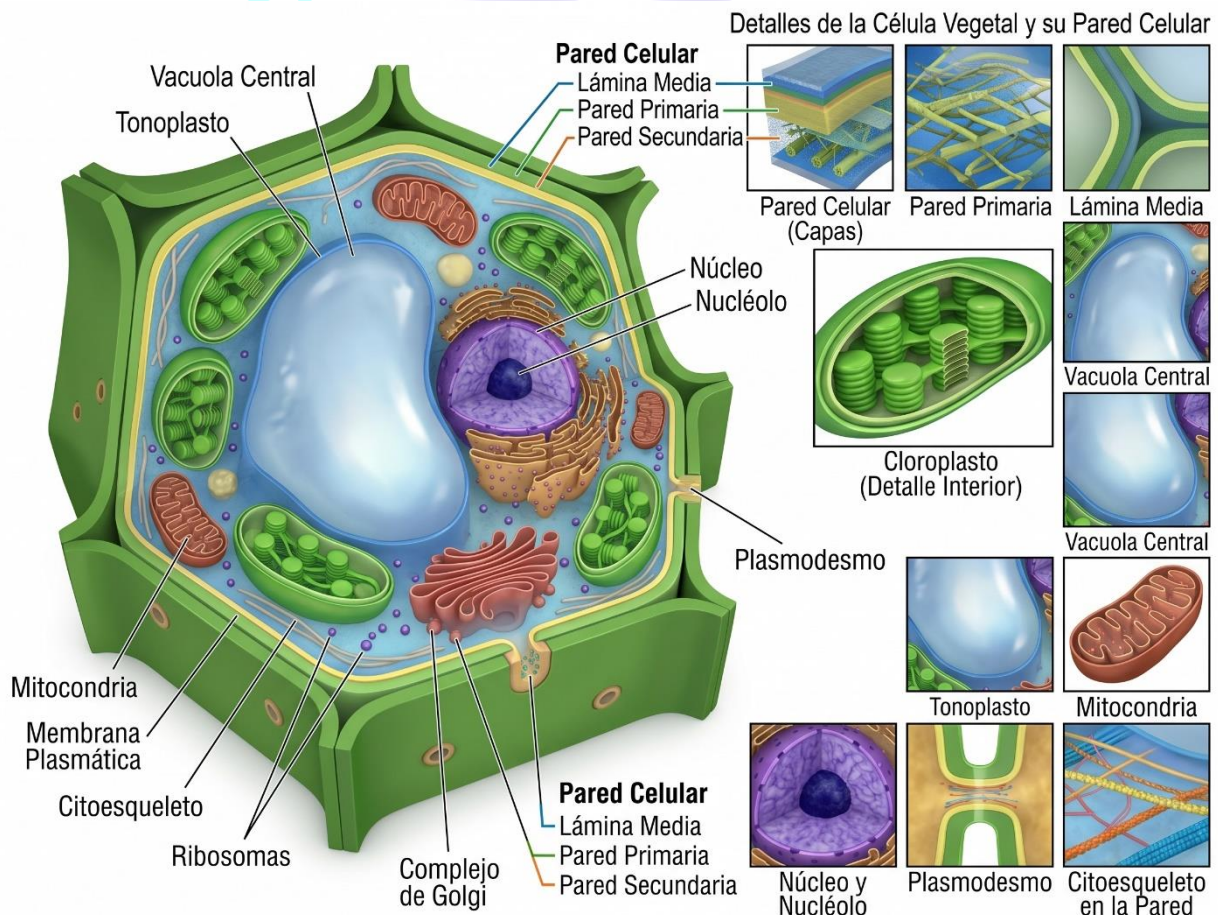
La célula vegetal es una célula eucariota que, además de compartir con la célula animal los orgánulos fundamentales (núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, ribosomas), posee tres estructuras únicas: la pared celular de celulosa, los plastidios (cloroplastos, cromoplastos y leucoplastos) y la vacuola central. Estas estructuras exclusivas permiten a las plantas realizar la fotosíntesis, almacenar enormes reservas de nutrientes y agua, y mantener la rigidez estructural que les permite crecer en altura sin un

esqueleto interno. Su forma es fija y poligonal, determinada por la pared celular rígida.

I. PARED CELULAR: SOPORTE Y PROTECCIÓN

Pared primaria: Primera pared que se forma durante el crecimiento activo de la célula. Es delgada (0.1-1 μm), flexible y extensible. Compuesta de microfibrillas de celulosa (30 %) entretejidas en una matriz de hemicelulosa y pectinas. La pectina, que actúa como cemento en la lámina media entre células adyacentes, es la base de las gelatinas y mermeladas. Permite que la célula se expanda durante el crecimiento.

Pared secundaria: Se deposita internamente sobre la pared primaria una vez que la célula cesa de crecer. Más gruesa y rígida. En células del xilema (traqueidas y elementos de vaso) y fibras esclerenquimáticas se impregna de lignina, un polímero fenólico que impermeabiliza y da la resistencia mecánica de la madera. La celulosa de la pared secundaria tiene una organización en capas orientadas en distintas direcciones, similar a la fibra de carbono.



Plasmodesmos: Canales citoplasmáticos de 20-40 nm de diámetro que perforan la pared celular y la membrana plasmática, conectando el citoplasma de células contiguas. Cada plasmodesmo contiene en su interior el desmoútilo, un tubo derivado del retículo endoplasmático. Permiten el tránsito de agua, azúcares, iones, ARN, proteínas y señales hormonales entre células del mismo tejido, coordinando la respuesta de tejidos enteros. El conjunto de células conectadas por plasmodesmos forma el simplasto.

2. PLASTIDIOS: ORGÁNULOS EXCLUSIVOS DE PLANTAS Y ALGAS

Los plastidios son orgánulos de doble membrana exclusivos de células vegetales y algas. Se originaron, según la teoría endosimbiótica secundaria, de cianobacterias ancestrales. Poseen ADN circular propio, ribosomas 70S y se reproducen por fisión binaria. Existen tres tipos principales interconvertibles durante el desarrollo:

2.1 Cloroplastos: sede de la fotosíntesis

Los cloroplastos son orgánulos lenticulares de 4-10 μm de largo. Una célula del mesófilo foliar puede contener 20-100 cloroplastos. Son el sitio donde se realiza la fotosíntesis, convirtiendo energía lumínica en energía química. Su estructura interna es extraordinariamente compleja y especializada:

Membrana externa del cloroplasto: Lisa y permeable gracias a porinas. Permite el libre paso de CO_2 , O_2 , iones, azúcares y nucleótidos entre el citoplasma y el espacio intermembranoso. Contiene enzimas de síntesis de ácidos grasos y lípidos de membrana.

Membrana interna (envolvente interna): Selectivamente permeable. Contiene transportadores específicos para el CO_2 , triosas fosfato (productos del ciclo de Calvin), fosfato inorgánico, piruvato y aminoácidos. Regula el intercambio entre el estroma y el citoplasma. No forma crestas como la membrana interna mitocondrial.

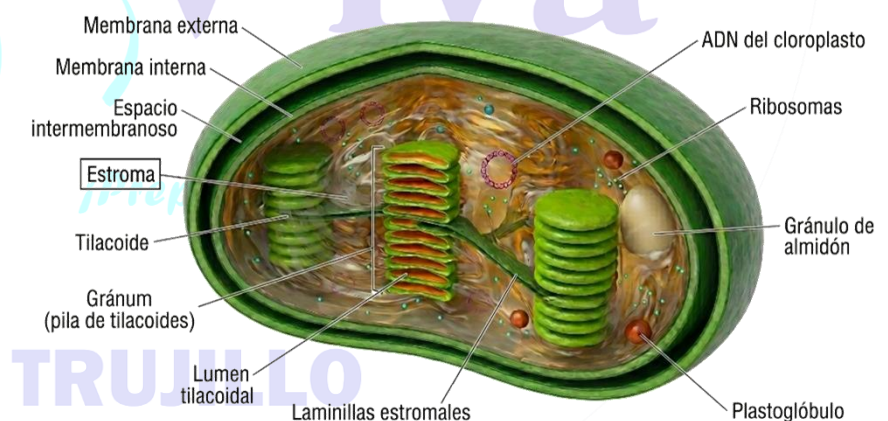
Estroma del cloroplasto: Fluido viscoso que ocupa el interior rodeado por la membrana interna. Contiene: (1) RuBisCO y todas las enzimas del ciclo de Calvin —RuBisCO es la proteína más abundante del planeta, representando ~50 % de las proteínas totales de una hoja—, (2) el ADN cloroplástico circular con ~120 genes, (3) ribosomas 70S propios con ARNt y ARNm específicos, (4) gránulos de almidón

formados cuando la glucosa se produce en exceso y (5) 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 y su membrana especializada: Los tilacoides son sacos membranosos aplanados y cerrados. Su membrana, altamente especializada, contiene cuatro grandes complejos: Fotosistema II (PSII con P680 y el complejo liberador de O_2), complejo citocromo b6f (bomba de protones), Fotosistema I (PSI con P700) y ATP sintasa cloroplástica ($\text{CF}_0\text{-CF}_1$). Durante la iluminación, el lumen tilacoidal se acidifica a pH ~5 al acumularse los protones bombeados, creando el gradiente que impulsa la síntesis de ATP.

Granas y lamelas del estroma: Cada grana es una pila de 5-20 tilacoides apilados. Una célula tiene 40-60 granas por cloroplasto. Las membranas de las granas contienen principalmente el PSII y el complejo LHCII (antena colectora de luz). Los tilacoides del estroma (lamelas estromáticas) conectan granas entre sí y contienen principalmente el PSI. Esta segregación permite regular la distribución de energía luminosa entre los dos fotosistemas.

Pigmentos fotosintéticos y su organización: Los pigmentos se organizan en complejos antena (capturan fotones de amplio espectro) y centros de reacción (realizan la conversión fotoquímica). Clorofila a: pigmento de reacción, absorbe luz roja (660-680 nm) y azul-violeta (430-450 nm). Clorofila b: antena, amplía el espectro hacia el azul-verde. Carotenoides (β -caroteno, licopeno): protegen contra fotoinhibición disipando el exceso de energía como calor. Xantofilas (luteína, zeaxantina): antenas de color amarillo que complementan la captura en el verde.



2.2 Cromoplastos

Cromoplastos: Plastidios que acumulan pigmentos carotenoides sin clorofila. Dan los colores amarillos, anaranjados y rojos a flores, frutos maduros y algunas

raíces (zanahoria). Pueden derivar de la degradación de cloroplastos (maduración del fruto) o de leucoplastos. Su función principal es atraer polinizadores y dispersores de semillas mediante señales visuales.

2.3 Leucoplastos: plastidios de almacenamiento

Amiloplastos: Leucoplastos que almacenan almidón en raíces y tubérculos (papa, yuca, maíz). Los gránulos de almidón se sintetizan a partir de la glucosa producida en el citoplasma.

Oleoplastos (elaioplastos): Almacenan lípidos y aceites esenciales en semillas, frutos oleaginosos (aceitunas, aguacate) y algunas células epidérmicas.

Proteoplastos: Almacenan proteínas de reserva en semillas de leguminosas (frijol, soya) y cereales.

3. VACUOLA CENTRAL: EL GRAN RESERVORIO MULTIUSOS

La vacuola central en células vegetales maduras ocupa el 80-90 % del volumen celular, comprimiendo al núcleo, cloroplastos y mitocondrias contra la membrana plasmática en una delgada capa de citoplasma periférico (capa citoplásmica parietal).

Tonoplasto: La membrana que rodea la vacuola. Contiene acuaporinas TIP que controlan el flujo de agua, bombas de protones (V-ATPasa y pirofosfatasa) que acidifican el interior vacuolar (pH 5-5.5), y transportadores ABC que importan compuestos de defensa.

Contenido del jugo vacuolar: Agua, iones inorgánicos (K^+ , Na^+ , Cl^- , Ca^{2+}), azúcares (sacarosa, glucosa), ácidos orgánicos (cítrico, málico —responsables del sabor ácido de frutas—), antocianinas (rojo-azul-violeta según pH), alcaloides (cafeína, morfina, nicotina como defensa química), taninos y otras sustancias tóxicas para herbívoros.

Turgencia y presión de turgor: Cuando la vacuola se llena de agua por ósmosis, ejerce presión sobre el tonoplasto y la pared celular. Esta presión de turgor es la principal fuerza de sostén en tejidos blandos no leñosos. La pérdida de turgor causa el marchitamiento de la planta.

ESTRUCTURA	CÉLULA ANIMAL	CÉLULA VEGETAL
Pared celular	No tiene	Celulosa + pared primaria y secundaria + plasmodesmos
Plastidios	No tiene	Cloroplastos, cromoplastos y leucoplastos
Vacuola central	Pequeñas y temporales	Grande y permanente (80-90 %)

Forma celular	Variable e irregular	Fija y poligonal
Nutrición	Heterótrofa	Autótrofa (fotosíntesis)
Centriolos	Sí, presentes	Ausentes en plantas superiores maduras

Importancia

Fotosíntesis global: Los cloroplastos de plantas, algas y cianobacterias fijan ~120 Gt de carbono al año y producen el 50 % del O_2 atmosférico. Sin ellos, la vida compleja en la Tierra sería imposible.

Biotecnología vegetal: La ingeniería de cloroplastos (plastom engineering) permite introducir genes directamente en el ADN cloroplástico, produciendo proteínas de interés farmacológico o resistencia a herbicidas con menor riesgo de transferencia a otras plantas por vía de polinización.

Materiales e industria: La celulosa de la pared vegetal es el polímero orgánico más abundante del planeta: base del papel, textiles (algodón, lino), bioplásticos y biocombustibles de segunda generación.

PRÁCTICA

I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN

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. ¿Cuál es la diferencia entre la pared primaria y la pared secundaria vegetal?

- La primaria tiene lignina; la secundaria, solo celulosa y pectina.
- La primaria es flexible y permite el crecimiento; la secundaria, más rígida, se forma cuando la célula deja de crecer.
- La primaria solo existe en células meristemáticas; la secundaria en todas.
- Son términos equivalentes que designan la misma estructura.

3. ¿Qué son los plasmodesmos en la célula vegetal?

- Poros de la membrana plasmática que dejan pasar iones.
- Canales citoplasmáticos que atraviesan la pared celular y conectan células adyacentes.
- Vesículas del aparato de Golgi que fusionan membranas.
- Estructuras del núcleo que sintetizan ARN ribosómico.

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

- a) El caroteno, pigmento anaranjado accesorio.
- b) La clorofila a, que absorbe luz roja y azul-violeta.
- c) La xantofila, pigmento amarillo complementario.
- d) La antocianina, pigmento rojo-violeta de flores.

5. ¿Qué porcentaje aproximado del volumen ocupa la vacuola central en una célula vegetal madura?

- a) El 20-30 %.
- b) El 40-50 %.
- c) El 60-70 %.
- d) El 80-90 %.

6. ¿Cuál es la diferencia entre cloroplastos y cromoplastos?

- a) Los cloroplastos almacenan proteínas; los cromoplastos realizan la fotosíntesis.
- b) Los cloroplastos tienen clorofila y realizan fotosíntesis; los cromoplastos acumulan carotenoides y dan color a flores y frutos.
- c) Los cromoplastos tienen tilacoides y estroma; los cloroplastos, no.
- d) Son el mismo tipo de plastidio en diferentes estadios de desarrollo.

7. ¿Qué tipo de plastidio almacena almidón principalmente en raíces y tubérculos?

- a) Cromoplasto, que también acumula carotenoides.
- b) Leucoplasto de tipo oleoplasto, que almacena lípidos.
- c) Amiloplasto, tipo de leucoplasto especializado en almidón.
- d) Proteoplasto, que acumula proteínas de reserva.

8. ¿Qué función tiene el tonoplasto en la célula vegetal?

- a) Rodear el cloroplasto y regular el intercambio de CO₂.
- b) Actuar como membrana selectiva de la vacuola central.
- c) Formar los plasmodesmos que conectan células adyacentes.
- d) Sintetizar la celulosa de la pared celular primaria.

9. ¿Cuál es el sitio exacto dentro del cloroplasto donde ocurre la fase lumínica de la fotosíntesis?

- a) El estroma, fluido interno con las enzimas del ciclo de Calvin.
- b) La membrana externa, permeable a moléculas pequeñas.
- c) Los tilacoides, sacos membranosos donde están los fotosistemas y la ATP sintasa.
- d) El espacio intermembranoso entre las dos membranas envolventes.

10. ¿Cuál es la función principal de los carotenoides en los cloroplastos?

- a) Realizar la fotosíntesis como pigmento principal en lugar de la clorofila.
- b) Ampliar el espectro de absorción y proteger de la fotoinhibición por exceso de luz.

- c) Almacenar el almidón producido durante el ciclo de Calvin.
- d) Sintetizar la clorofila a partir de precursores moleculares.

II. ¿Cuál de las siguientes diferencias entre célula animal y vegetal es correcta?

- a) La animal tiene cloroplastos; la vegetal no tiene mitocondrias.
- b) La vegetal tiene pared de celulosa y vacuola central grande; la animal no tiene pared.
- c) La animal tiene vacuola central permanente que ocupa el 80 % del volumen.
- d) La vegetal tiene centriolos bien definidos; la animal, no los tiene.

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

1. Los _____ son canales citoplasmáticos que atraviesan la pared celular y permiten la comunicación directa entre células vegetales adyacentes.
2. Los plastidios incoloros especializados en almacenar almidón en raíces y tubérculos se denominan _____.
3. El fluido interno del cloroplasto, donde ocurren las reacciones del ciclo de Calvin y se encuentra el ADN propio, se llama _____.
4. Las pilas de tilacoides apilados dentro del cloroplasto, donde se concentra la clorofila, reciben el nombre de _____.
5. La presión que ejerce el agua de la vacuola central sobre la pared celular, manteniendo la rigidez de la planta, se denomina _____.

Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 05

FOTOSÍNTESIS: FASE LUMINOSA

PROPÓSITO: Explicar cómo en la fase luminosa de la fotosíntesis la energía solar se transforma en ATP y NADPH, detallando el papel de los fotosistemas, la fotólisis del agua y la fotofosforilación.

LOCALIZACIÓN Y ESTRUCTURA: LA MEMBRANA TILACOIDAL

La fase luminosa ocurre en la membrana de los tilacoides, una bicapa lipídica altamente especializada que contiene cuatro grandes complejos proteicos funcionales ordenados en una cadena de transferencia de energía y electrones:

LA FASE LUMINOSA: CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN QUÍMICA

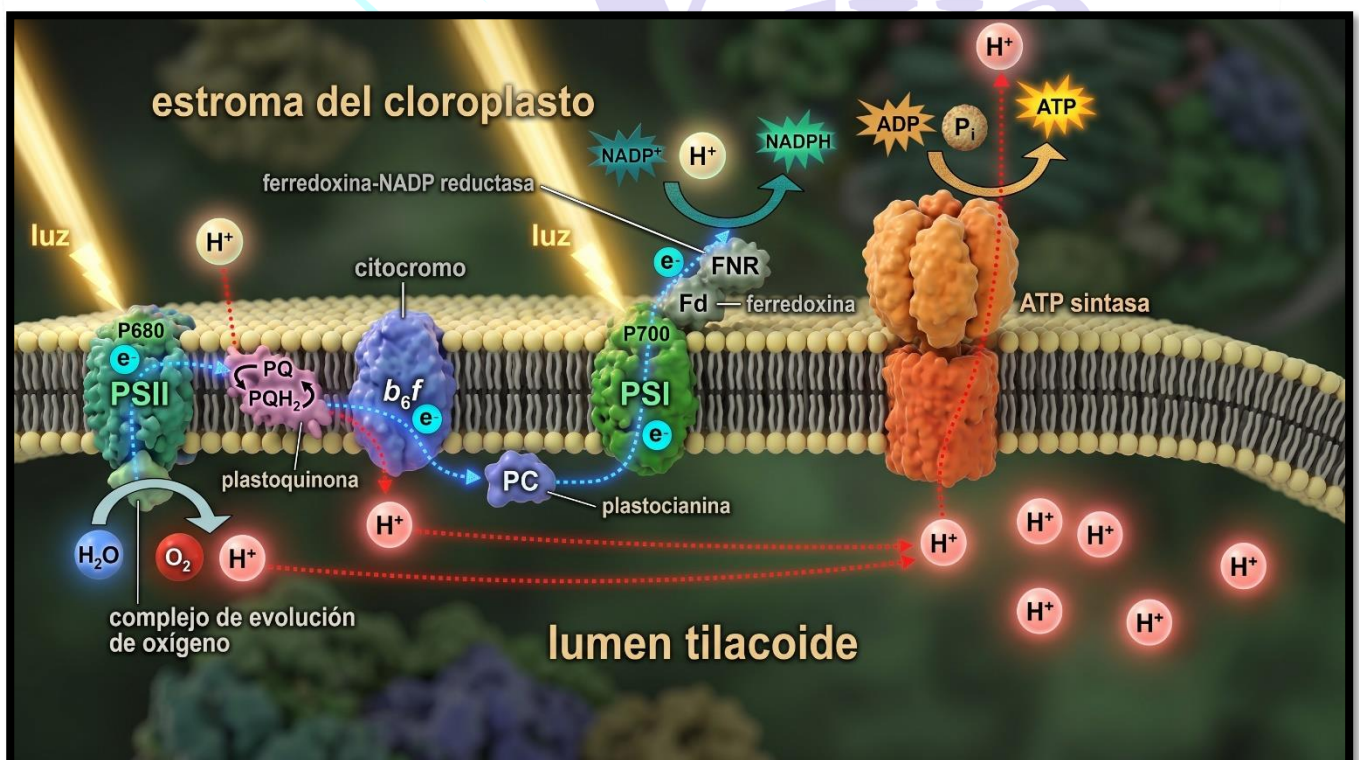
La fase luminosa de la fotosíntesis, también denominada reacciones de Hill o reacciones dependientes de la luz, constituye la primera etapa del proceso fotosintético. En ella, la energía de los fotones solares se captura y convierte en energía química en forma de ATP y NADPH, que serán los "combustibles" que impulsarán las reacciones del ciclo de Calvin. Al mismo tiempo, se produce la fotólisis del agua, liberando O_2 al ambiente como subproducto. Todo este conjunto de reacciones ocurre exclusivamente en las membranas de los tilacoides.

Un aspecto clave a recordar: la fase luminosa no produce glucosa directamente. Produce los portadores de energía (ATP y NADPH) que la fase oscura (ciclo de Calvin) usará para fijar el CO_2 en glucosa. Sin la fase luminosa, no habría energía para la síntesis de materia orgánica.

Fotosistema II (PSII) – complejo inicial: El PSII contiene la clorofila a especializada P680 (absorbe a 680 nm) como centro de reacción. Está asociado al complejo liberador de oxígeno (OEC o complejo del manganeso), que cataliza la fotólisis del agua. Se localiza principalmente en las membranas apiladas de las granas, donde maximiza la captura de luz. Inicia la cadena de transferencia de electrones.

Complejo citocromo b₆f (Cyt b₆f): Actúa como bomba de protones y transportador de electrones. Transfiere los electrones desde la plastoquinona (QH_2) hacia la plastocianina, acoplado este transporte al bombeo de H^+ al lumen tilacoide. Es análogo al complejo III (citocromo bcl) de la cadena respiratoria mitocondrial.

Fotosistema I (PSI) – complejo final: Contiene la clorofila a especializada P700 (absorbe a 700 nm). Re-excita los electrones llegados del PSII a través del Cyt b₆f y los pasa a la ferredoxina, que los entrega a la $NADP^+$



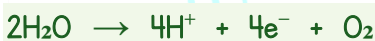
reductasa. Se localiza principalmente en las lamelas del estroma.

ATP sintasa cloroplástica (CF₀-CF₁): Formada por el dominio CF₀ (canal de protones integrado en la membrana tilacoidal) y el dominio CF₁ (dominio catalítico que sobresale hacia el estroma). El flujo de H⁺ desde el lumen acidificado (pH ~5) al estroma básico (pH ~8) a través del CF₀ hace girar el rotor central, que impulsa la síntesis de ATP en el CF₁. Por cada 3 H⁺ que pasan, se sintetiza 1 ATP.

PROCESO DETALLADO DE LA FASE LUMINOSA

Paso 1: Fotólisis del agua (en el PSII)

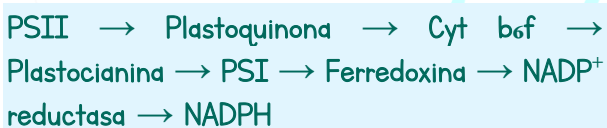
La energía de un fotón excita un electrón de la P680, que salta a un nivel energético superior y es capturado por la plastoquinona. Para recuperar el electrón perdido, el complejo OEC del PSII oxida moléculas de agua:



El O₂ se libera al ambiente (es el O₂ que respiramos). Los H⁺ se acumulan en el lumen tilacoidal contribuyendo al gradiente de protones.

Paso 2: Flujo de electrones por la cadena fotosintética

Los electrones energizados desde el PSII siguen la cadena: plastoquinona (transportador móvil lipofílico en la membrana) → citocromo b₆f (bombea H⁺ al lumen) → plastocianina (transportador soluble en el lumen) → PSI (reexcita los electrones con un segundo fotón) → ferredoxina (proteína soluble en el estroma) → NADP⁺ reductasa → NADPH.



Paso 3: Síntesis de ATP por quimioósmosis (fotofosforilación)

La acumulación de H⁺ en el lumen tilacoidal (por la fotólisis y el Cyt b₆f) crea un gradiente electroquímico ($\Delta\text{pH} + \Delta\psi$). Los H⁺ fluyen espontáneamente desde el lumen (pH ~5, alto H⁺) al estroma (pH ~8) a través del canal CF₀ de la ATP sintasa. Este flujo hace girar el rotor de la CF₀, transmitiendo energía mecánica al dominio CF₁ que cataliza la reacción: $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$.

COMPONENTE	LOCALIZACIÓN	FUNCIÓN PRINCIPAL	PRODUCTO
PSII (P680)	Membranas de las granas	Captura luz, oxida agua, inicia la cadena	O ₂ , H ⁺ , e ⁻ al PQ
Plastoquinona (PQ)	Membrana tilacoidal (móvil)	Transporta e ⁻ y H ⁺ del PSII al Cyt b ₆ f	Electrones y H ⁺ al Cyt b ₆ f
Citocromo b ₆ f	Membrana tilacoidal	Bombea H ⁺ al lumen y transfiere e ⁻	H ⁺ en lumen, e ⁻ a PC
Plastocianina (PC)	Lumen tilacoidal (móvil)	Lleva e ⁻ del Cyt b ₆ f al PSI	Electrones al PSI
PSI (P700)	Lamelas del estroma	Re-excita e ⁻ y los transfiere a Fd	Electrones a Fd
NADP ⁺ reductasa	Membrana/estroma	Reduce NADP ⁺ a NADPH	NADPH
ATP sintasa (CF ₀ -CF ₁)	Membrana tilacoidal	Convierte gradiente H ⁺ en ATP	ATP

Importancia

Producción de O₂ atmosférico: Toda la atmósfera oxigenada actual proviene de la fotólisis del agua por el PSII de plantas, algas y cianobacterias a lo largo de 2 400 millones de años. La Gran Oxidación Atmosférica transformó el planeta permitiendo la evolución de la vida aeróbica.

Biotecnología energética: La fotosíntesis artificial y las células solares biomiméticas que imitan el mecanismo del PSII son líneas activas de investigación para producir hidrógeno limpio como combustible renovable.

PRÁCTICA

I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

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

- a) En el estroma, fluido interno del cloroplasto.
- b) En la membrana tilacoidal, donde están los fotosistemas.
- c) En la membrana externa, permeable a moléculas pequeñas.
- d) En el espacio intermembranoso entre las dos envolventes.

2. ¿Cuál es el pigmento de reacción del Fotosistema II (PSII)?

- a) P700, que absorbe luz de 700 nm.
- b) Clorofila b, pigmento accesorio del complejo antena.
- c) P680, que absorbe luz de 680 nm.
- d) Beta-caroteno, que absorbe luz azul-verde de 450 nm.

3. ¿Cuáles son los productos de la fotólisis del agua?

- a) NADH y ATP, que pasan al ciclo de Calvin.
- b) $4H^+ + 4e^- + O_2$, siendo el oxígeno el subproducto liberado.
- c) Solo glucosa, que se almacena como almidón en el estroma.
- d) Solo CO_2 y H_2O en la reacción inversa de la fotosíntesis.

4. ¿Qué hace el complejo citocromo b6f durante la fase luminosa?

- a) Oxida el agua y libera oxígeno molecular al exterior.
- b) Reduce el $NADP^+$ a NADPH usando la ferredoxina.
- c) Bombea protones al lumen tilacoidal creando el gradiente.
- d) Sintetiza ATP usando el gradiente de protones como fuente.

5. ¿Cómo sintetiza ATP la ATP sintasa cloroplástica?

- a) Usando la energía directa de los fotones capturados.
- b) Oxidando directamente el NADPH producido en el PSI.
- c) Por el flujo de protones desde el lumen al estroma a través de su canal.
- d) Transfiriendo electrones del agua al $NADP^+$ directamente.

6. ¿Cuál es la función del Fotosistema I (PSI)?

- a) Oxidar el agua liberando O_2 y proporcionando electrones.
- b) Re-excitar electrones procedentes del PSII y reducir el $NADP^+$ a NADPH.
- c) Sintetizar ATP usando el gradiente de protones creado.
- d) Transferir electrones directamente al complejo citocromo b6f.

7. ¿Cuál es el orden correcto del flujo de electrones en la cadena fotosintética?

- a) $PSI \rightarrow$ plastocianina \rightarrow PSII \rightarrow ferredoxina \rightarrow $NADP^+$ reductasa.
- b) PSII \rightarrow plastoquinona \rightarrow citocromo b6f \rightarrow plastocianina \rightarrow PSI \rightarrow ferredoxina.
- c) Ferredoxina \rightarrow PSI \rightarrow plastoquinona \rightarrow PSII \rightarrow agua.
- d) $NADP^+$ reductasa \rightarrow ferredoxina \rightarrow PSI \rightarrow citocromo b6f \rightarrow PSII.

8. ¿Qué diferencia estructural existe entre los complejos PSII y PSI en el cloroplasto?

- a) El PSII está en el estroma; el PSI, en la membrana externa.
- b) El PSII se localiza principalmente en las granas; el PSI, en las lamelas del estroma.
- c) El PSII tiene P700 como centro de reacción; el PSI, P680.
- d) El PSII produce NADPH directamente; el PSI produce O_2 .

9. ¿Por qué se acumula H^+ en el lumen tilacoidal durante la fase luminosa?

- a) Porque la fotólisis del agua y el citocromo b6f bombean protones al lumen.
- b) Porque la ATP sintasa bombea protones al lumen para activarse.
- c) Porque el estroma libera protones hacia el lumen por difusión pasiva.
- d) Porque la RuBisCO produce protones al fijar el CO_2 en el estroma.

10. ¿Cuál es la porción F_0 de la ATP sintasa cloroplástica?

- a) El dominio catalítico situado en el estroma que sintetiza ATP.
- b) El rotor central que gira impulsado por el flujo de protones.
- c) El canal de protones integrado en la membrana tilacoidal.
- d) El complejo antena que capta la energía luminosa del PSII.

11. ¿Cuál es la función de los pigmentos carotenoides en la fase luminosa?

- a) Actuar como centro de reacción del PSII en lugar de la clorofila a.
- b) Ampliar el espectro de absorción y proteger contra la fotoinhibición por exceso de luz.
- c) Transferir electrones directamente al complejo citocromo b6f.
- d) Sintetizar el NADPH junto con la ferredoxina reductasa.

12. ¿Qué produce la fase luminosa para ser usado en el ciclo de Calvin?

- a) Glucosa y CO₂, que se usan como sustratos en el estroma.
- b) Solo O₂ y agua, productos finales de la fase lumínica.
- c) ATP y NADPH, portadores de energía química para la fase oscura.
- d) RuBP y 3-PGA, intermediarios del ciclo de Calvin.

13. La fase luminosa también se conoce como:

- a) Ciclo de Calvin o ciclo de Benson-Bassham.
- b) Reacciones dependientes de CO₂ o ciclo de Krebs fotosintético.
- c) Reacciones de Hill o reacciones dependientes de la luz.
- d) Fotorrespiración o reacciones de oscuridad adaptativa.

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

- 1. La fase luminosa ocurre en las membranas de los _____, sacos aplanados del cloroplasto donde están los fotosistemas.
- 2. La reacción de ruptura del agua: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$, se denomina _____ y ocurre en el Fotosistema II.
- 3. El _____ contiene clorofila a especializada P700 y transfiere electrones a la ferredoxina para reducir el NADP⁺ a NADPH.
- 4. El complejo _____ bombea protones al lumen tilacoidal transfiriendo electrones del PSII al PSI, creando el gradiente para la síntesis de ATP.
- 5. La _____ acopla el flujo de protones desde el lumen tilacoidal al estroma con la síntesis de ATP a partir de ADP y fosfato inorgánico.

TAREA PARA CASA

Dibuja un esquema detallado de la membrana tilacoidal mostrando: PSII (con P680, complejo liberador de O₂ y fotólisis del agua), plastoquinona, complejo citocromo b₆f (con bombeo de H⁺ al lumen), plastocianina, PSI (con P700 y ferredoxina), NADP⁺ reductasa, ATP sintasa (con partes F₀ y F₁) y el flujo de electrones entre todos los componentes. Señala los lados del estroma y del lumen e indica qué productos (ATP, NADPH, O₂) se generan en cada proceso.

SESIÓN 06

FOTOSÍNTESIS: FASE OSCURA

PROPÓSITO: Relacionar la fase oscura con la fase luminosa, comprendiendo cómo el ATP y el NADPH producidos se usan para fijar el CO₂ y sintetizar glucosa mediante el ciclo de Calvin-Benson-Bassham.

RuBP) para mantener la fijación de CO₂. Se denomina "fase oscura" porque no requiere luz directamente, aunque su velocidad depende del suministro de ATP y NADPH de la fase lumínica.



LA FASE OSCURA: LA FÁBRICA DE MATERIA ORGÁNICA

El ciclo de Calvin-Benson-Bassham (ciclo C₃ o fase oscura) es un proceso cíclico que ocurre en el estroma del cloroplasto. Usa la energía química generada en la fase luminosa (ATP y NADPH) para convertir el CO₂ inorgánico atmosférico en glucosa orgánica. Es la verdadera "fábrica" de materia orgánica en el planeta, responsable de fijar las ~120 Gt de carbono anuales que sostienen todas las cadenas alimenticias terrestres.

Concepto clave: el ciclo de Calvin no es simplemente una reacción, sino un sistema metabólico integrado de ~11 reacciones enzimáticas que debe regenerar continuamente sus componentes (especialmente la

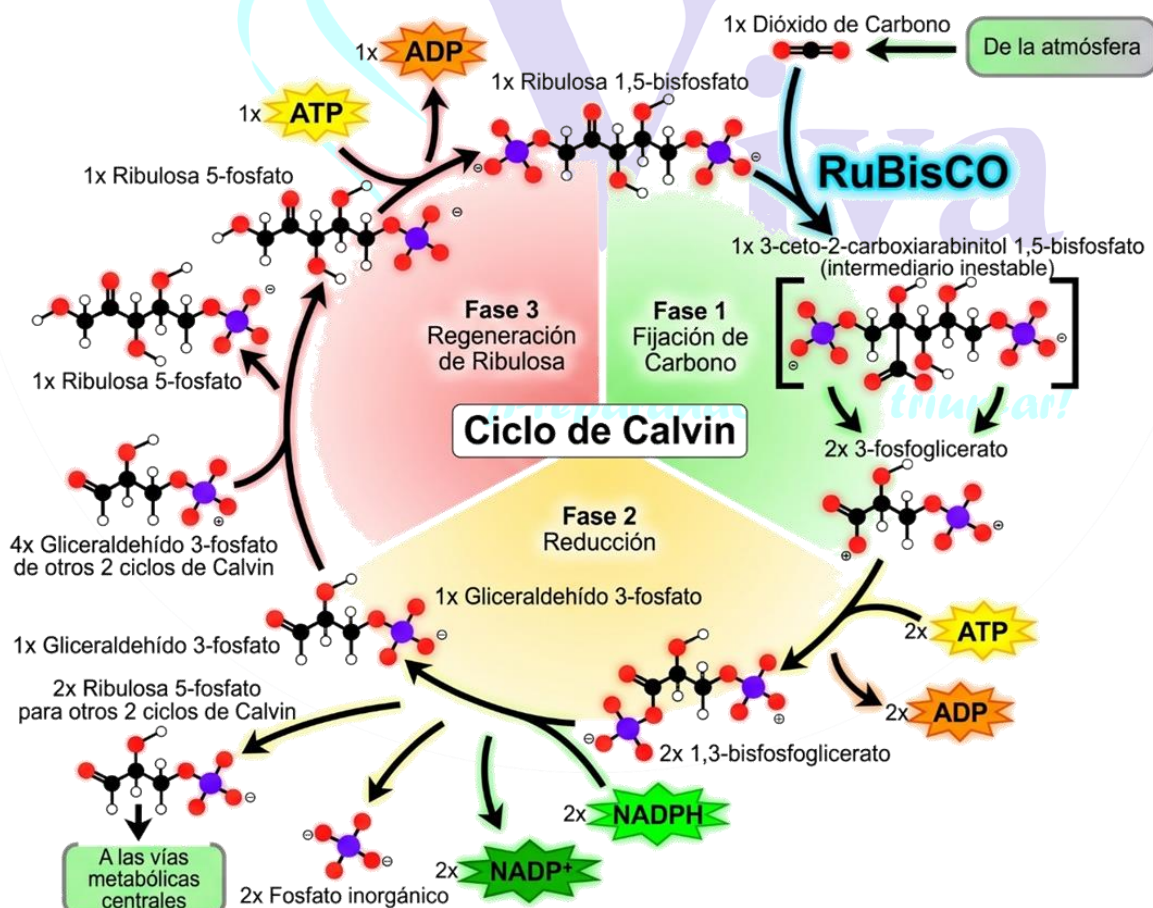
LAS TRES FASES DEL CICLO DE CALVIN

Fase I: Carboxilación – Fijación del CO₂

Es la reacción inicial y el paso limitante de todo el proceso fotosintético.

Reacción central de carboxilación: La enzima RuBisCO cataliza la unión covalente de una molécula de CO₂ con una molécula de RuBP (ribulosa-1,5-bisfosfato, 5C). El compuesto de 6C formado es inestable y se rompe inmediatamente en dos moléculas de 3-fosfoglicerato (3-PGA, 3C). Por cada 3 CO₂ fijados se consumen 3 RuBP.

RuBisCO: la enzima más abundante del planeta: Es un complejo L₈S₈ (8 subunidades grandes catalíticas + 8 subunidades pequeñas reguladoras). Representa ~40-50% de las proteínas totales de una hoja. Es relativamente



lenta (3-5 reacciones/segundo), compensada por su extraordinaria abundancia. Tiene función dual: como carboxilasa (fija CO₂) y como oxigenasa (fija O₂ en lugar de CO₂, iniciando la fotorrespiración, un proceso que desperdicia energía y reduce la eficiencia fotosintética en días cálidos y secos).

Fase 2: Reducción – Formación del G3P

El 3-PGA producido se transforma en gliceraldehído-3-fosfato (G3P), el primer azúcar de 3 carbonos producido por el ciclo. Este proceso consume los portadores de energía de la fase lumínica:

Paso 1 de la reducción: fosforilación: El 3-PGA reacciona con ATP para formar 1,3-bisfosfoglicerato (1,3-BPG) + ADP. Balance por 6 CO₂: 12 ATP consumidos.

Paso 2 de la reducción: reducción a G3P: El 1,3-BPG es reducido por el NADPH para producir gliceraldehído-3-fosfato (G3P) + NADP⁺ + Pi. Balance por 6 CO₂: 12 NADPH consumidos y 12 G3P producidos.

Destino del G3P: De las 12 moléculas de G3P producidas por 6 CO₂: solo 2 salen del ciclo para sintetizar glucosa (y luego almidón, sacarosa, etc.). Las 10 G3P restantes se usan en la fase de regeneración para reconstruir las 6 RuBP de partida.

Fase 3: Regeneración del RuBP

Es la fase más compleja bioquímicamente, involucrando reacciones con azúcares de 3, 4, 5, 6 y 7 carbonos. Regenera el aceptor de CO₂ (RuBP) para que el ciclo pueda continuar indefinidamente.

Enzimas clave de la regeneración: Aldolasa: condensa triosas (3C) y tetrasas (4C) para formar hexosas (6C) y heptosas (7C). Transcetolasa: transfiere unidades de 2 carbonos entre azúcares, redistribuyendo los átomos de carbono. Sedoheptulosa-1,7-bisfosfatasa: enzima reguladora clave que hidroliza la sedoheptulosa-1,7-bisfosfato. Ribulosa-5-fosfato cinasa: fosforila la ribulosa-5-fosfato a RuBP consumiendo ATP.

Consumo energético de la regeneración: La regeneración de 6 moléculas de RuBP requiere 6 ATP adicionales. El total consumido por el ciclo para producir una glucosa: 18 ATP + 12 NADPH.

Reducción	3-PGA → 1,3-BPG → G3P	Fosfoglicerato + quinasa + GAPDH	Consume: 12ATP + 12NADPH. Produce: 12 G3P
Regeneración	10 G3P → 6 RuBP	Aldolasa, transcetolasa, Ru5P cinasa	Consume: 6ATP adicionales. Produce: 6 RuBP
BALANCE GLOBAL (I glucosa)	6CO ₂ → C ₆ H ₁₂ O ₆	Ciclo completo (II enzimas)	Consume: 18ATP + 12NADPH

Importancia

RuBisCO y biotecnología: Mejorar la velocidad y especificidad de la RuBisCO por ingeniería genética es el "Santo Grial" de la biotecnología agrícola. Aumentar su eficiencia podría incrementar los rendimientos de los cultivos entre un 15 y un 50 %.

Fotorrespiración y plantas C4 y CAM: Las plantas C4 (maíz, caña de azúcar, sorgo) y CAM (cactus, piñas) han evolucionado mecanismos para concentrar CO₂ alrededor de la RuBisCO, suprimiendo la fotorrespiración y siendo mucho más eficientes en ambientes cálidos y secos.

PRÁCTICA

I. PREGUNTAS DE SELECCIÓN – Marca la alternativa correcta

1. ¿En qué parte del cloroplasto ocurre el ciclo de Calvin?

- En los tilacoides, donde están los fotosistemas.
- En el estroma del cloroplasto, usando ATP y NADPH de la fase lumínica.
- En la membrana externa, permeable a moléculas pequeñas.
- En el lumen tilacoidal, donde se acumulan los protones.

2. ¿Cuál es la enzima clave de la fase de carboxilación o fijación del CO₂?

- La ATP sintasa, que sintetiza ATP a partir de ADP.
- La NADPH reductasa, que produce NADPH en el PSI.
- La RuBisCO, que fija el CO₂ sobre la RuBP (ribulosa-1,5-bisfosfato).
- La fosfofructoquinasa, que regula la glucólisis.

3. ¿Por qué la RuBisCO tiene función dual?

- Porque puede actuar como carboxilasa (fija CO₂) y oxigenasa (fija O₂).
- Porque puede sintetizar y degradar la RuBP en el mismo ciclo.

FASE	REACCIÓN PRINCIPAL	ENZIMA CLAVE	CONSUMO/PRODUCCIÓN
Carboxilación	CO ₂ + RuBP → 2 × 3-PGA	RuBisCO (L ₈ S ₈)	Consume: RuBP. Produce: 3-PGA

- c) Porque actúa en el estroma de día y en la membrana tilacoidal de noche.
- d) Porque puede fijar tanto CO₂ como N₂ atmosférico en el estroma.

- a) 6 ATP adicionales.
- b) 12 ATP adicionales.
- c) 18 ATP adicionales.
- d) 3 ATP adicionales.

4. Durante la carboxilación, el CO₂ se fija inicialmente sobre:

- a) El G3P (gliceraldehído-3-fosfato), de 3 carbonos.
- b) La RuBP (ribulosa-1,5-bisfosfato), molécula de 5 carbonos.
- c) La glucosa, molécula final de 6 carbonos.
- d) El 3-PGA (3-fosfoglicerato), producto inmediato de 3 carbonos.

5. ¿Qué representan el ATP y el NADPH en la fase de reducción del ciclo de Calvin?

- a) Los productos de la fase de regeneración del RuBP.
- b) Los sustratos usados para reducir el 3-PGA a G3P (gliceraldehído-3-fosfato).
- c) Los productos finales del ciclo de Calvin junto con la glucosa.
- d) Los reactivos de la fase de carboxilación que activa la RuBisCO.

6. ¿Cuántas moléculas de G3P se producen al fijar 6 moléculas de CO₂ en el ciclo de Calvin?

- a) 2 moléculas de G3P en total (1 para glucosa, 1 para regeneración).
- b) 6 moléculas de G3P, una por cada CO₂ fijado.
- c) 12 moléculas de G3P (10 para regenerar RuBP, 2 para glucosa).
- d) 18 moléculas de G3P, igual al número de ATP consumido.

7. ¿Qué consume la fase de reducción por cada 6 CO₂ fijados?

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

8. ¿Cuál es la abundancia de la RuBisCO en las hojas?

- a) Representa el 5 % de las proteínas foliares totales.
- b) Representa el 25 % de las proteínas foliares totales.
- c) Representa el 40 % de las proteínas foliares totales.
- d) Representa el 70 % de las proteínas foliares totales.

9. ¿Qué hace la enzima aldolasa en la fase de regeneración del ciclo de Calvin?

- a) Transfiere unidades de 2 carbonos entre azúcares de la regeneración.
- b) Combina triosas (3C) para formar hexosas (6C) en la ruta de regeneración.
- c) Fosforila la ribulosa-5-fosfato para regenerar la RuBP.
- d) Hidroliza la sedoheptulosa-1,7-bisfosfato en la fase de regeneración.

10. ¿Cuántas moléculas de ATP adicionales consume la regeneración de 6 moléculas de RuBP?

11. ¿Cuál es la ecuación neta balanceada del ciclo de Calvin para producir una glucosa?

- a) $6CO_2 + 12ATP + 6NADPH \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 12ADP + 12P_i + 6NADP^+$
- b) $6CO_2 + 18ATP + 12NADPH \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 18ADP + 18P_i + 12NADP^+$
- c) $6CO_2 + 12ATP + 12NADPH \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 12ADP + 12P_i$
- d) $6CO_2 + 6ATP + 6NADPH \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6ADP + 6P_i + 6NADP^+$

12. ¿Por qué el ciclo de Calvin es llamado también "ciclo" y no una ruta lineal?

- a) Porque el CO₂ entra y sale en cada paso sin modificarse.
- b) Porque sus reacciones son reversibles e intercambiables.
- c) Porque el RuBP se regenera continuamente al final de cada vuelta permitiendo la fijación continua de CO₂.
- d) Porque la glucosa producida retroalimenta el inicio del ciclo como sustrato.

13. ¿Qué relación existe entre la fase luminosa y el ciclo de Calvin?

- a) Son procesos independientes que ocurren en orgánulos distintos.
- b) La fase luminosa produce ATP y NADPH que el ciclo de Calvin usa para fijar CO₂.
- c) El ciclo de Calvin produce ATP y NADPH que usa la fase luminosa.
- d) Ambas fases producen glucosa de forma simultánea en el estroma.

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

1. La enzima _____ (ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa) cataliza la fijación del CO₂ sobre la RuBP en el estroma del cloroplasto.

2. El compuesto de 5 carbonos que acepta el CO₂ en la fase de carboxilación del ciclo de Calvin es la _____

3. En la fase de reducción, el 3-PGA se fosforila primero a 1,3-bisfosfoglicerato usando ATP, y luego se reduce a _____ usando NADPH.

4. La enzima _____ transfiere unidades de 2 carbonos entre azúcares durante la fase de regeneración del RuBP.

5. El balance global del ciclo de Calvin para producir una glucosa requiere el consumo de _____ moléculas de ATP.

SESIÓN 07

RESPIRACIÓN CELULAR: GLUCÓLISIS Y CICLO DE KREBS

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

MARCO TEÓRICO

I. GLUCÓLISIS: LA VÍA UNIVERSAL

Definición: La glucólisis es la vía metabólica universal de degradación de la glucosa. Ocurre en el **citósol** de todas las células vivas (eucariotas y procariontas), sin requerir oxígeno. Degrada una molécula de glucosa (C₆) en dos piruvatos (C₃) generando ATP y NADH por fosforilación a nivel de sustrato. Es la vía metabólica más antigua evolutivamente.

II Dos fases de la glucólisis

Fase de inversión de energía (reacciones 1-5): Se consumen 2 ATP para activar la glucosa y dividirla en dos triosas (azúcares de 3 carbonos). **Fase de recuperación de energía (reacciones 6-10):** Se producen 4 ATP y 2 NADH. **Ganancia neta:** 2 ATP + 2 NADH + 2 piruvato por molécula de glucosa.

1.2 Enzimas reguladoras clave

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

Balance neto de la glucólisis: Glucosa + 2NAD⁺ + 2ADP + 2P_i → 2 Piruvato + 2NADH + 2ATP + 2H₂O
Los 2 NADH generados equivalen a ~5 ATP adicionales en la fosforilación oxidativa.

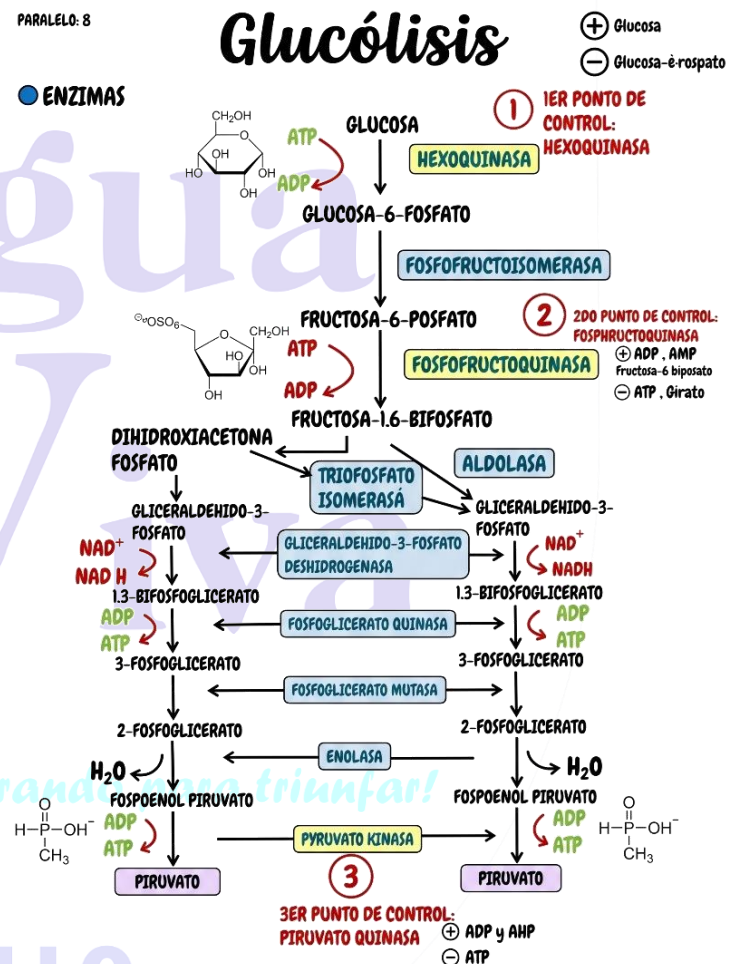
1.3 Conversión del piruvato a Acetil-CoA

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

Piruvato + CoA + NAD⁺ → Acetil-CoA + CO₂ + NADH
Regulación del PDH: Se inhibe cuando hay exceso de Acetil-CoA y NADH (señal de energía abundante). Se activa por Ca²⁺ (señal de contracción muscular, acoplado la contracción con mayor producción de energía).

PARALELO: 8

● ENZIMAS



2. CICLO DE KREBS (Ciclo del Ácido Cítrico)

Definición: Descubierto por Hans Krebs en 1937 (Premio Nobel 1953). Es un ciclo anfibólico: catabólico (libera energía del Acetil-CoA en forma de NADH, FADH₂ y GTP) y anabólico (sus intermediarios son precursores de aminoácidos, porfirinas y otros compuestos esenciales). Ocurre en la **matriz mitocondrial**.

- **R5 – Succinil-CoA sintetasa:** → produce 1 GTP (equivalente a ATP). Única fosforilación a nivel de sustrato del ciclo.
- **R6 – Succinato deshidrogenasa:** → produce 1 FADH₂. Es la única enzima del ciclo embebida en la membrana interna mitocondrial (forma parte del Complejo II de la cadena respiratoria).
- **R7 – Fumarasa:** Fumarato + H₂O → Malato.
- **R8 – Malato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH. Regenera el oxaloacetato para reiniciar el ciclo.

2.1 Reacciones y enzimas del ciclo

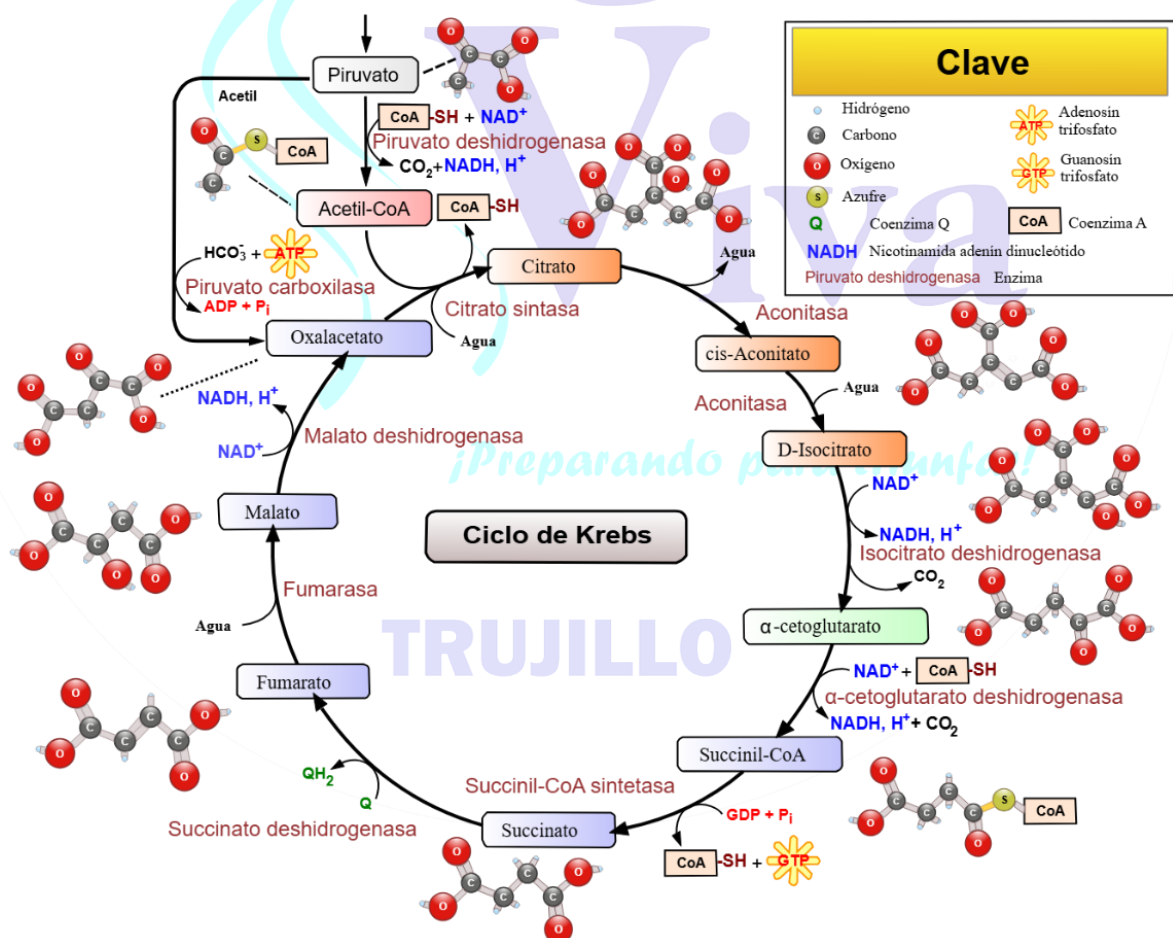
- **R1 – Citrato sintasa:** Acetil-CoA (2C) + Oxaloacetato (4C) → Citrato (6C). Irreversible; inhibida por ATP.
- **R2 – Aconitasa:** Citrato → Isocitrato. Reacción reversible de reordenamiento.
- **R3 – Isocitrato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH + 1 CO₂ (primera descarboxilación). Punto de control; activada por ADP.
- **R4 – α-cetoglutarato deshidrogenasa:** → produce 1 NADH + 1 CO₂ (segunda descarboxilación). Inhibida por ATP.

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

3 NADH + 1 FADH₂ + 1 GTP + 2 CO₂

Balance por glucosa (2 vueltas):

6 NADH + 2 FADH₂ + 2 GTP + 4 CO₂ → equivalen a ~20 ATP en la fosforilación oxidativa



3. VÍAS ANAERÓBICAS: FERMENTACIÓN

¿Por qué ocurre la fermentación? En ausencia de O_2 , la cadena respiratoria no puede funcionar y el NADH producido en la glucólisis se acumula. Sin NAD^+ disponible, la glucólisis se detiene. La fermentación regenera el NAD^+ a partir del NADH, permitiendo que la glucólisis continúe produciendo 2 ATP por glucosa.

- **Fermentación láctica:** Piruvato + NADH \rightarrow Lactato + NAD^+ (enzima: lactato deshidrogenasa). Ocurre en músculo durante ejercicio intenso y en bacterias lácticas (producción de yogur, queso, chucrut). El lactato acumulado causa la sensación de ardor muscular y es exportado al hígado donde se reconvierte en glucosa.
- **Fermentación alcohólica:** Piruvato \rightarrow Acetaldehído + $CO_2 \rightarrow$ Etanol + NAD^+ (realizada por levaduras). Base de la producción de bebidas alcohólicas y de la panificación (el CO_2 hace esponjar la masa).

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

PRÁCTICA

I. Preguntas de Selección

1. ¿En qué compartimento celular ocurre la glucólisis?

- En la matriz mitocondrial
- En el citosol de la célula
- En el espacio intermembrana
- En el retículo endoplasmático

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

- 4 ATP netos
- 2 ATP netos
- 6 ATP netos
- 8 ATP netos

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

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

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

- Citrato mediante la citrato sintasa
- Acetil-CoA mediante el complejo piruvato deshidrogenasa
- Succinato
- Oxaloacetato directamente

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

- Piruvato (3C)
- NADH
- Acetil-CoA (2C)
- GTP

6. ¿Cuántas moléculas de CO_2 se liberan en cada vuelta del ciclo de Krebs?

- 1 CO_2
- 2 CO_2 (en las reacciones 3 y 4)
- 4 CO_2
- 6 CO_2

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

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

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

- NADH directamente
- GTP (en la reacción de la succinil-CoA sintetasa)
- FADH₂
- O_2

9. ¿Por qué la fermentación regenera el NAD^+ ?

- Para producir más piruvato
- Para que la glucólisis pueda continuar oxidando G3P y producir 2 ATP en ausencia de O_2
- Para acidificar el citosol
- Para activar la cadena respiratoria

10. La fermentación alcohólica realizada por levaduras produce:

- Lactato y CO_2
- Etanol, CO_2 y regenera NAD^+
- Acetil-CoA y FADH₂
- Piruvato y NADH adicionales

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

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

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

- 1 NADH
- 6 NADH
- 3 NADH
- 5 NADH

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

- La glucólisis se detiene completamente
- Hay exceso de O_2 que inhibe la cadena respiratoria
- Falta O_2 para la cadena respiratoria y se acumula NADH; la fermentación regenera el NAD^+
- El piruvato se inhibe por retroalimentación

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

- a) Solo cataboliza nutrientes para producir CO_2
- b) Es catabólico (produce $\text{NADH}/\text{FADH}_2$) y anabólico (sus intermediarios son precursores biosintéticos)
- c) Solo produce GTP para señalización
- d) Es una vía solo activa en tejido hepático

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

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

II. Frases para Completar

1. La glucólisis convierte una molécula de glucosa (C_6) en dos moléculas de _____ (C_3), con una ganancia neta de 2 ATP.

2. La enzima _____ es el principal punto de control de la glucólisis, activada por AMP e inhibida por ATP y citrato.

3. La única reacción del ciclo de Krebs que produce GTP directamente es catalizada por la _____

4. La fermentación _____ realizada por las levaduras produce etanol, CO_2 y regenera el NAD^+ necesario para que continúe la glucólisis.

5. El piruvato es convertido en _____ antes de ingresar al ciclo de Krebs, con liberación de CO_2 y producción de NADH .

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

QUÍMICA

CUARTO DE SECUNDARIA

SESIONES DE APRENDIZAJE – II BIMESTRE

INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA

Docente:

Josué Arteaga Núñez

Contenido

ENLACE QUÍMICO: FUNDAMENTOS Y PROPIEDADES.....	1
ENLACE IÓNICO, METÁLICO Y CLASIFICACIÓN DE ENLACES.....	4
ENLACE COVALENTE: TIPOS Y ESTRUCTURA DE LEWIS.....	7
TEORÍA DEL ENLACE: TRPEV, GEOMETRÍA E HIBRIDACIÓN.....	10
NOMENCLATURA INORGÁNICA Y FUNCIONES QUÍMICAS.....	13
FUNCIÓN ÁCIDOS Y SALES	16
UNIDADES DE MASA ATÓMICA.....	18



¡Preparando para triunfar!

SESIÓN 1

ENLACE QUÍMICO: FUNDAMENTOS Y PROPIEDADES

PROPÓSITO: Comprender el concepto de enlace químico como fuerza electromagnética, analizar la energía de enlace, los electrones de valencia y la notación de Lewis, aplicando la regla del octeto y sus excepciones con enfoque cuantitativo.

- La energía potencial del sistema disminuye al formarse el enlace, aumentando su estabilidad termodinámica.

MARCO TEÓRICO

1. Concepto de Enlace Químico

El enlace químico es la fuerza de naturaleza electromagnética o eléctrica que mantiene unidos a los átomos para formar moléculas, o a los iones formando sólidos iónicos, o a los átomos metálicos formando arreglos metálicos. Surge de la interacción de los electrones de valencia de los átomos implicados, cada uno buscando alcanzar una configuración electrónica más estable (menor energía potencial).

Cuando dos átomos se enlazan (proceso exotérmico), el sistema libera energía, baja su nivel energético y aumenta su estabilidad. Esta es la fuerza motriz termodinámica de la formación de enlaces: $\Delta H < 0$ (exotérmico).

Enlace químico: Fuerza electromagnética que mantiene unidos a los átomos, iones o moléculas. Se forma por interacción de los electrones de valencia en búsqueda de mayor estabilidad (menor energía). La formación del enlace es un proceso exotérmico.

2. Propiedades Generales del Enlace Químico

- Son fuerzas de naturaleza eléctrica o electromagnética, lo que implica que dependen de la distribución de cargas en los átomos.
- Solo intervienen los electrones más externos o de valencia; los electrones internos permanecen ligados al núcleo sin participar.
- La electronegatividad de los átomos involucrados determina el tipo de enlace y su polaridad.
- Los átomos conservan su identidad porque los núcleos no se alteran: el número atómico Z no cambia. Solo se redistribuyen los electrones externos.

3. Energía de Enlace

Energía de enlace: Es la variación de energía asociada a la formación o ruptura de un enlace químico. Cuando se forma el enlace se libera energía (energía de formación). Cuando el enlace se rompe, se absorbe exactamente la misma cantidad de energía (energía de disociación). Son iguales en magnitud pero opuestas en signo.

Formación: $H + Cl \rightarrow HCl + 428 \text{ kJ/mol}$ (libera energía, exotérmico) **Ruptura:** $HCl + 428 \text{ kJ/mol} \rightarrow H + Cl$ (absorbe energía, endotérmico)

La energía de enlace también se relaciona con la longitud de enlace: a mayor energía de enlace, menor longitud de enlace. Esta relación es especialmente visible en los enlaces múltiples entre carbonos: $C-C > C=C > C\equiv C$ (longitud) y $C\equiv C > C=C > C-C$ (energía de disociación en kcal/mol).

4. Electrones de Valencia

Electrones de valencia: Son los electrones ubicados en la última capa o nivel energético del átomo (los del mayor nivel en la C.E.). Participan directamente en la formación de los enlaces. Para los elementos representativos (Grupo A), el número de grupo coincide con la cantidad de electrones de valencia.

Elemento	Z	Configuración Electrónica	e ⁻ de Valencia	Grupo
Na	11	[Ne] 3s ¹	1	IA
Mg	12	[Ne] 3s ²	2	IIA
C	6	[He] 2s ² 2p ²	4	IVA
N	7	[He] 2s ² 2p ³	5	VA
O	8	[He] 2s ² 2p ⁴	6	VIA
Cl	17	[Ne] 3s ² 3p ⁵	7	VIIA
S	16	[Ne] 3s ² 3p ⁴	6	VIA

Br	35	[Ar] 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵	7	VIIA
----	----	--	---	------

y Al del Grupo IIIA (sexteto: 6 e⁻). Ejemplo: BeCl₂ tiene 4 e⁻ alrededor del Be; BF₃ tiene 6 e⁻ alrededor del B.

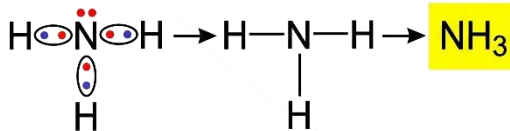
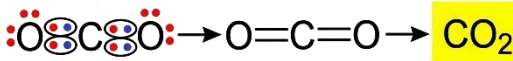
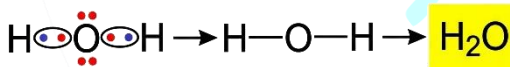
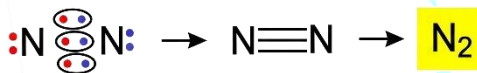
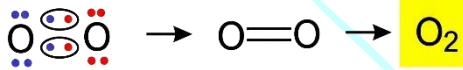
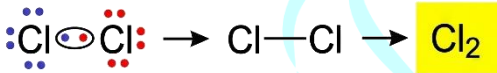
5. Notación (Diagrama) de Lewis

Diagrama de Lewis: Representación convencional de los electrones de valencia mediante puntos (·) o aspadas (x) alrededor del símbolo del elemento. Respeta la condición real de los electrones: si están libres (desapareados) o apareados. Se dibuja antes de que el átomo forme enlace.

Grupo	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
e ⁻ val.	1	2	3	4	5	6	7	8
Lewis								

6. Regla del Octeto y sus Excepciones

Regla del octeto (Lewis, 1916): Los átomos tienden a ganar, perder o compartir electrones hasta alcanzar 8 electrones en su nivel de valencia, adquiriendo la estabilidad de la configuración electrónica de un gas noble (ns² np⁶). El H forma el dueto (2 e⁻, configuración del He).



► Excepción I – Octeto Incompleto

Algunos elementos se estabilizan con menos de 8 electrones en el nivel externo. Los más comunes son el H (dueto: 2 e⁻), el Be del Grupo IIA (cuarteto: 4 e⁻), y el B

► Excepción 2 – Octeto Expandido

Los no metales del período 3 en adelante pueden utilizar sus orbitales d vacíos para alojar más de 8 electrones en el nivel externo. Esto se llama hipervalencia. Ejemplo: PCl₅ tiene 10 e⁻ alrededor del P; SF₆ tiene 12 e⁻ alrededor del S. Esto explica por qué estos compuestos son más reactivos.



7. Electronegatividad

Electronegatividad (EN): Es la tendencia de un átomo para atraer hacia sí los electrones de un enlace. La escala de Pauling va de 0 a 4. El F (EN=4,0) es el más electronegativo. La electronegatividad aumenta hacia la derecha y hacia arriba en la tabla periódica (excepto gases nobles).

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

RECUERDA

- ✓ Enlace = fuerza electromagnética | Formación del enlace → exotérmico (libera energía)
- ✓ Energía de formación = energía de disociación (igual magnitud, signo opuesto)
- ✓ A mayor energía de enlace → menor longitud de enlace
- ✓ e⁻ de valencia = electrones del mayor nivel; para Grupo A = número de grupo
- ✓ Regla del octeto: 8 e⁻ en el nivel externo (H busca 2). Excepciones: Be, B, Al y elementos del período 3+

PRÁCTICA

I. Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

1. ¿Cuántos electrones de valencia tiene el bromo (Z=35)?

- a) 5 b) 3 c) 8 d) 7 e) 1

2. ¿Cuántos electrones de valencia tienen el Al (13), S (16) y Cl (17) respectivamente?

- a) 3,6,7 b) 2,4,7 c) 3,5,7
d) 4,6,7 e) 3,6,5

3. ¿Qué ocurre termodinámicamente cuando se forma un enlace químico?

- a) Se absorbe calor (endotérmico) b) La energía del sistema aumenta
c) Se libera energía (exotérmico) d) No hay cambio energético
e) Los núcleos se fusionan

4. La notación de Lewis de un elemento E cuyo Z=14 tiene la misma cantidad de puntos que:

- a) N (Z=7) b) Mg (Z=12) c) C (Z=6)
d) Se (Z=34) e) Ne (Z=10)

5. El resultado de la unión de ${}_{11}X$ e ${}_{16}Y$ produce la fórmula:

- a) XY b) XY₂ c) X₂Y
d) X₃Y e) X₂Y₃

6. Un átomo tiene 18 neutrones y número de masa 35. ¿Cuántos electrones de valencia tiene?

- a) 5 b) 2 c) 3 d) 6 e) 7

7. ¿Cuántos electrones de valencia tienen O(8), N(7) y C(6) respectivamente?

- a) 4,5,6 b) 6,4,5 c) 5,4,6
d) 6,5,4 e) 4,6,5

8. Los compuestos BeCl₂ y BF₃ son excepciones a la regla del octeto porque:

- a) Tienen octeto expandido b) Los átomos centrales tienen más de 8 e⁻
c) Son iónicos
d) Sus átomos centrales tienen menos de 8 e⁻ (octeto incompleto)
e) Son gases nobles

9. ¿Cuál es la relación correcta entre longitud y energía de enlace?

- a) Mayor longitud → mayor energía b) Menor longitud → menor energía
c) Mayor longitud → menor energía
d) Son independientes e) Ambas aumentan juntas

10. Para el compuesto KCl, ¿cuáles afirmaciones son verdaderas? I Enlace iónico II Conduce electricidad en solución III Estructura cristalina

- a) Solo I b) II y III c) I y III
d) Solo III e) I, II y III

11. Un elemento cuya CE es [Ar]4s², ¿cuál es su notación Lewis?

- a) E con 4 puntos b) E con 1 punto
c) E con 6 puntos d) E con 2 puntos
e) E con 3 puntos

12. ¿Cuál es la fórmula del compuesto entre ${}_{12}X$ y ${}_{17}Y$?

- a) XY b) XY₃ c) X₂Y
d) X₂Y₃ e) XY₂

13. En la estructura de Lewis, los electrones de valencia se representan alrededor del símbolo para indicar:

- a) El número de masa b) Los electrones internos
c) Su estado libre o apareado antes de enlazarse
d) El número atómico e) La masa molar

II. Resolución:

1. Determina la CE, los e⁻ de valencia y la notación Lewis del ${}_{34}Se$. Luego indica a qué grupo pertenece.

2. Para el enlace H-Br: si la energía de enlace es 366 kJ/mol, escribe la ecuación de formación y la de ruptura con sus valores energéticos. ¿Cuál es exotérmica?

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 2

ENLACE IÓNICO, METÁLICO Y CLASIFICACIÓN DE ENLACES

PROPÓSITO: Analizar los fundamentos del enlace iónico y metálico, determinar fórmulas de compuestos iónicos, evaluar la diferencia de electronegatividad como criterio de tipo de enlace, y clasificar los enlaces interatómicos e intermoleculares.

MARCO TEÓRICO

I. Clasificación General de los Enlaces

Los enlaces químicos se dividen en dos grandes categorías:

Interatómicos: Mantienen unidos a los átomos dentro de una molécula o red cristalina. Son los más fuertes. Se dividen en: iónico (electrovalente), covalente y metálico.

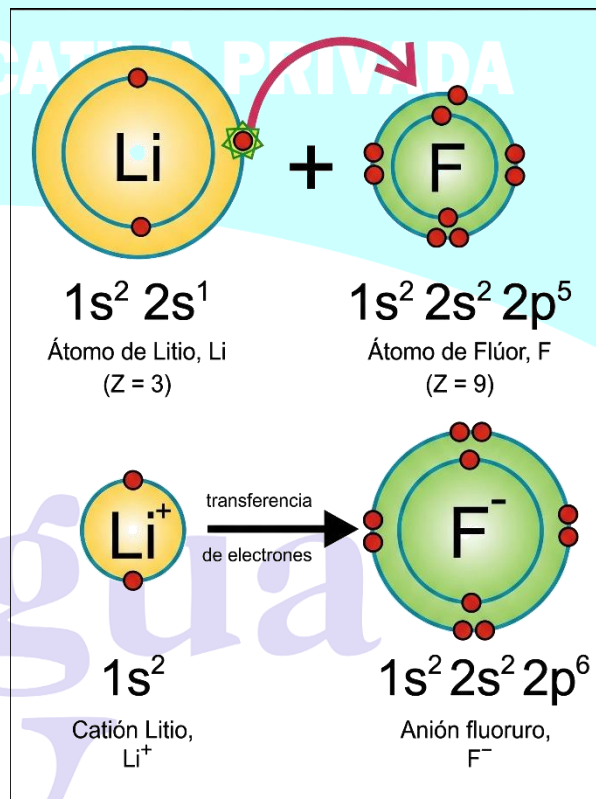
Intermoleculares: Mantienen unidas las moléculas entre sí. Son más débiles que los interatómicos: fuerzas de dispersión de London, dipolo-dipolo, puente de hidrógeno e ion-dipolo.

Intensidad: Iónico \approx Metálico \approx Covalente \gg Ion-dipolo $>$ Puente H $>$ Dipolo-dipolo $>$ London

2 Enlace Iónico (Electrovalente)

Enlace iónico: Es la fuerza electrostática de atracción entre un catión (ion positivo, generalmente metálico) y un anión (ion negativo, generalmente no metálico), formada por transferencia total de electrones de valencia. El criterio es $\Delta EN \geq 1,7$.

En la formación de un enlace iónico el metal (baja EN) cede sus electrones de valencia al no metal (alta EN). El metal se convierte en catión M^{+n} y el no metal en anión X^{-m} . La fuerza de atracción entre cargas opuestas forma la red cristalina iónica, cuya estabilidad depende de la energía reticular (inversamente proporcional a la distancia entre iones)



Criterio: $\Delta EN \geq 1,7 \rightarrow$ Enlace iónico
Enlace iónico = Metal (IA, IIA) + No metal (VIA, VIIA)
Excepciones covalentes: BeCl₂, BeO, BeF₂, AlCl₃

► Pasos para construir la Estructura de Lewis de Compuestos Iónicos

1. Determinar la CE. de cada elemento y sus e⁻ de valencia.
2. El metal pierde sus e⁻ de valencia \rightarrow catión con carga positiva.
3. El no metal gana los e⁻ necesarios para completar el octeto \rightarrow anión con carga negativa.
4. Cruzar las cargas para obtener la fórmula (cruzar los valores absolutos de las cargas como subíndices) y simplificar si hay factor común.

Metal (EV)	Proceso	No metal (EV)	Proceso	Unidad Fórmula
Na (1 e ⁻)	pierde 1 e ⁻ → Na ⁺¹	Cl (7 e ⁻)	gana 1 e ⁻ → Cl ⁻¹	NaCl
K (1 e ⁻)	pierde 1 e ⁻ → K ⁺¹	O (6 e ⁻)	gana 2 e ⁻ → O ⁻²	K ₂ O
Ca (2 e ⁻)	pierde 2 e ⁻ → Ca ⁺²	Cl (7 e ⁻)	gana 1 e ⁻ → Cl ⁻¹	CaCl ₂
Al (3 e ⁻)	pierde 3 e ⁻ → Al ⁺³	O (6 e ⁻)	gana 2 e ⁻ → O ⁻²	Al ₂ O ₃
Mg (2 e ⁻)	pierde 2 e ⁻ → Mg ⁺²	N (5 e ⁻)	gana 3 e ⁻ → N ⁻³	Mg ₃ N ₂

3. Propiedades de los Compuestos Iónicos

- Sólidos cristalinos duros y quebradizos a temperatura ambiente (forman redes cristalinas).
- Alto punto de fusión y ebullición (la energía reticular es grande).
- No conducen la electricidad en estado sólido (iones fijos en la red).
- Fundidos o disueltos en agua son buenos conductores (electrolitos fuertes, iones libres).
- Solubles en solventes polares como el agua (interacción ion-dipolo).
- Son anisótropos (sus propiedades físicas varían con la dirección del cristal).
- Están formados por unidades fórmula, no por moléculas.

4. Enlace Metálico

Enlace metálico: Es la fuerza electrostática entre los cationes metálicos de la red cristalina y los electrones de valencia deslocalizados que forman el llamado 'mar de electrones'. Los e⁻ de valencia son libres de moverse por toda la red, lo que explica las propiedades características de los metales.

El modelo del mar de electrones predice con éxito las propiedades metálicas: alta conductividad eléctrica (proporcional a la movilidad de los e⁻ libres; disminuye al aumentar la temperatura porque las vibraciones de la red aumentan la resistencia), conductividad térmica,

opacidad, brillo metálico, maleabilidad y ductilidad (la red puede deformarse sin romperse ya que los e⁻ libres acompañan el desplazamiento).

Regla práctica: a mayor carga del catión metálico y menor radio iónico, mayor es la energía del enlace metálico y más elevados son el punto de fusión, la dureza y la densidad del metal.

RECUERDA

- ✓ $\Delta EN \geq 1,7 \rightarrow$ iónico | $0 < \Delta EN < 1,7 \rightarrow$ covalente polar | $\Delta EN = 0 \rightarrow$ covalente apolar
- ✓ Iónico: metal cede e⁻ → catión; no metal gana e⁻ → anión; se atraen electrostáticamente
- ✓ BeCl₂, BeO, AlCl₃: son covalentes aunque tengan metal + no metal (excepción importante)
- ✓ Compuesto iónico: sólido cristalino, alto P.F., conduce electricidad solo en solución
- ✓ Metálico: cationes + mar de electrones deslocalizados → conductividad, maleabilidad, brillo

PRÁCTICA

I. Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

1. Dados $19A$ y $8B$, ¿qué tipo de enlace y fórmula forman?

- a) Covalente; AB b) Iónico; A_2B
c) Iónico; AB_2 d) Covalente; A_2B_3
e) Metálico; A_2B

2. ¿Cuál de los siguientes compuestos NO forma enlace iónico?

- a) $NaCl$ b) KBr c) $BeCl_2$
d) CaO e) MgF_2

3. El enlace iónico se produce en compuestos donde ΔEN es:

- a) Igual a 0 b) Entre 0 y 1,7
c) Menor que 1 d) Mayor o igual a 1,7
e) Negativa

4. ¿Cuál es la unidad fórmula del compuesto entre $38Sr$ (IIA) y $8O$ (VIA)?

- a) SrO_2 b) Sr_2O c) SrO d) Sr_2O_3
e) Sr_3O_2

5. ¿Cuál característica NO corresponde a los compuestos iónicos?

- a) Sólidos cristalinos b) Conducen en estado sólido
c) Alto punto de fusión d) Solubles en agua
e) Forman redes cristalinas

6. En un enlace metálico, los electrones de valencia se denominan:

- a) Electrones fijos b) Electrones nucleares
c) Electrones apareados d) Electrones deslocalizados (mar de electrones)
e) Electrones internos

7. Si X pertenece al grupo IA y Y al grupo VIA, ¿cuál es la fórmula iónica?

- a) XY_3 b) XY c) X_3Y d) X_2Y e) X_2Y_3

8. ¿Cuál de las siguientes proposiciones sobre el enlace iónico es FALSA?

- a) Se produce transferencia de electrones b) Las fuerzas de unión son electrostáticas
c) Se forma entre cationes y aniones d) Las unidades mínimas son moléculas
e) $\Delta EN \geq 1,7$

9. El aumento de la temperatura en un metal disminuye su conductividad eléctrica porque:

- a) Los electrones se recombinan
b) El mar de electrones desaparece
c) Las vibraciones de la red aumentan la resistencia
d) Los cationes ganan electrones
e) La densidad aumenta

10. Según la electronegatividad ($Na=0,9$; $Cl=3,0$; $H=2,1$; $O=3,5$; $C=2,5$), ¿cuál es iónico?

- a) HCl b) CO_2 c) H_2O
d) $NaCl$ e) CH_4

11. La fórmula del compuesto entre $13Al$ y $8O$ es:

- a) AlO b) Al_2O c) AlO_3
d) Al_2O_3 e) Al_3O_2

12. ¿Por qué los metales son maleables y dúctiles?

- a) Porque los cationes se mueven libremente
b) Porque el mar de electrones permite deformación sin ruptura
c) Porque sus enlaces son covalentes
d) Por su baja densidad
e) Porque son duros

13. Para un compuesto iónico entre A ($1e^-$ de valencia) del Grupo VIIA y B del Grupo IA con $\Delta Z=16$. Si $Z(B)=19$, ¿cuál es $Z(A)$?

- a) 35 b) 25 c) 33 d) 27 e) 30

I. Dados $11Na$ y $16S$: escribe la C.E. de cada uno, determina los e^- de valencia, la carga de cada ion formado y la fórmula final del compuesto iónico. ¿Cumple la regla del octeto cada ion?

TAREA PARA CASA

Con la tabla de electronegatividades del documento, determina el ΔEN y el tipo de enlace de: $NaCl$, MgO , $AlCl_3$, CaS , HCl , CO_2 y H_2O . Justifica cada caso. ¿Por qué $AlCl_3$ es una excepción? Investiga sus propiedades físicas y compáralas con las de un compuesto iónico típico como $NaCl$.

SESIÓN 3

ENLACE COVALENTE: TIPOS Y ESTRUCTURA DE LEWIS

PROPÓSITO: Clasificar los enlaces covalentes según polaridad, número de pares compartidos y tipo de traslape; construir estructuras de Lewis de moléculas y determinar el número de enlaces sigma, pi y pares libres.

Enlace dativo: Un solo átomo aporta ambos electrones del par enlazante (donador), mientras el otro los acepta (aceptor). Una vez formado, tiene la misma longitud y energía que un enlace covalente normal. Se representa con una flecha: $A \rightarrow B$.
Ejemplo: SO_2 , SO_3 , O_3 , H_3O^+ , NH_4^+ .

MARCO TEÓRICO

1. Concepto de Enlace Covalente

Enlace covalente: Unión química producida por la compartición de uno o más pares de electrones entre átomos, generalmente no metálicos (aunque también intervienen metales poco activos: Be, Al, Hg). No hay transferencia de electrones; los átomos comparten. Criterio: $\Delta EN < 1,7$.

El resultado de la compartición es la formación de moléculas discretas con propiedades bien definidas. Cada átomo en el enlace covalente 'siente' que posee los electrones compartidos, lo que le permite alcanzar el octeto sin transferirlos.

2. Clasificación Según la Polaridad

a) Enlace Covalente Apolar (Puro)

Covalente apolar: Se forma entre átomos del mismo elemento o con idéntica electronegatividad. Los electrones se comparten de forma completamente equitativa. $\Delta EN = 0$. Ejemplos: H_2 , Cl_2 , O_2 , N_2 , PH_3 ($EN(P) = EN(H) = 2,1$).

b) Enlace Covalente Polar (Heteropolar)

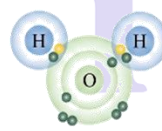
Covalente polar: Se forma entre átomos de diferente electronegatividad. El átomo más electronegativo atrae los electrones con mayor fuerza, generando una distribución asimétrica de carga que crea dipolos eléctricos (δ^+ y δ^-). $0 < \Delta EN < 1,7$. Ejemplos: HCl , H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_4 .

c) Enlace Covalente Coordinado (Dativo)

3. Clasificación Según el Número de Pares Enlazantes

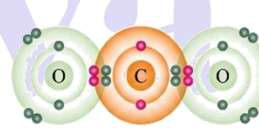
Tipo	Pares compartidos	Enlace σ	Enlace π	Símbolo	ΔEN típico
Simple (σ)	1	1	0	$A-B$	$< 1,7$
Doble ($\sigma + \pi$)	2	1	1	$A=B$	$< 1,7$
Triple ($\sigma + 2\pi$)	3	1	2	$A \equiv B$	$< 1,7$
Dativo (σ)	1 (un átomo)	1	0	$A \rightarrow B$	$< 1,7$

Enlace simple



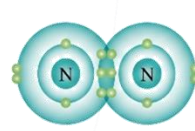
Agua
 $H_2O : H-O-H$
Comparte 2 electrones

Enlace doble



Dióxido de carbono
 $CO_2 : O=C=O$
Comparte 4 electrones

Enlace triple



Nitrógeno
 $N_2 : N \equiv N$
Comparte 6 electrones

4. Enlace Sigma (σ) y Pi (π)

Enlace sigma (σ): Resulta del solapamiento FRONTAL de dos orbitales atómicos (s-s, s-p, p-p). El orbital molecular σ está centrado sobre el eje internuclear. Es el enlace más estable. Existe en todos los enlaces simples, dobles y triples (uno por enlace).

Enlace pi (π): Resulta del solapamiento LATERAL de orbitales p paralelos. El orbital molecular π

tiene dos lóbulos paralelos al eje internuclear. Es más reactivo que el sigma (menor solapamiento). Solo existe en dobles y triples (además del sigma correspondiente).

Regla de conteo: enlace simple = 1σ | doble = $1\sigma + 1\pi$ | triple = $1\sigma + 2\pi$ Todo enlace dativo cuenta como 1σ . Cada enlace H-X en la molécula cuenta como 1σ .

✓ Simple = 1σ | Doble = $1\sigma + 1\pi$ | Triple = $1\sigma + 2\pi$ |
Dativo = 1σ
✓ Longitud: simple > doble > triple | Energía: triple > doble > simple

PRÁCTICA

I Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

5. Regla Práctica para Construir Estructuras de Lewis

- Contar el total de electrones de valencia de todos los átomos.
- El H siempre va en posición terminal. El átomo central es el que aparece una sola vez, o el que tiene mayor número de enlaces posibles, o el menos electronegativo.
- Unir los átomos con un enlace simple inicial.
- Distribuir los electrones restantes como pares libres en los átomos externos (hasta completar su octeto).
- Si al átomo central le faltan electrones, convertir pares libres de los átomos externos en enlaces múltiples.

6. Propiedades de Sustancias Covalentes

- A condiciones ambientales pueden ser sólidos, líquidos o gases (depende de las fuerzas intermoleculares).
- Generalmente bajo punto de fusión y ebullición.
- Solubles en solventes apolares (benceno, n-hexano, CCl_4); muchos insolubles en agua.
- Malos conductores eléctricos en cualquier estado físico (sin iones ni e^- libres).
- Generalmente inflamables.
- Forman moléculas discretas (compuestos moleculares).

RECUERDA

- ✓ Covalente: compartición e^- entre NO metales | $\Delta EN < 1,7$
- ✓ Apolar: $\Delta EN = 0$ | Polar: $0 < \Delta EN < 1,7$ | Iónico: $\Delta EN \geq 1,7$
- ✓ σ = traslape frontal (más estable) | π = traslape lateral (más reactivo)

1. En el compuesto $CH_3-C\equiv CH-C=CH_2$ con un CH_3 lateral en el C del doble enlace, ¿cuántos σ y π hay?

- a) 13σ ; 3π b) 12σ ; 4π c) 11σ ; 5π
d) 14σ ; 2π e) 10σ ; 6π

2. ¿Qué tipo de enlace forma CO_2 ? (EN: C=2,5; O=3,5)

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

3. ¿Cuántos pares de electrones libres tiene el N en NH_3 ?

- a) 0 b) 2 c) 3 d) 1 e) 4

4. En la molécula de etanol (C_2H_5OH), el número de enlaces covalentes polares, apolares y pares libres es:

- a) 7,1,2 b) 1,7,4 c) 6,2,4 d) 7,0,4 e) 6,1,3

5. ¿Cuántos σ y π hay en $CH_3-C\equiv C-CH=C-CH_2$?

- a) 10,5 b) 11,4 c) 8,7 d) 5,10 e) 4,11

6. El enlace O-H del agua es covalente polar porque:

- a) $\Delta EN = 0$ b) $\Delta EN = 3,5 - 2,1 = 1,4 \neq 0$ c) $\Delta EN \geq 1,7$
d) Los átomos son iguales e) Es un enlace dativo

7. ¿Cuál de los siguientes compuestos presenta enlace covalente apolar? (P=2,1; H=2,1; Cl=3; N=3; O=3,5)

- a) HCl b) H_2O c) PH_3 d) NH_3
e) N_2O

8. En la molécula de HBr (EN: H=2,1; Br=2,8), ¿qué afirmación es correcta?

- a) Enlace iónico b) $\Delta EN = 0$, apolar
c) $\Delta EN = 0,7$, covalente polar
d) $\Delta EN = 1,9$, iónico e) Es metálico

9. Respecto a la hidrazina N_2H_4 (H-N-N-H con H_2 en cada N), ¿cuántos pares libres de electrones hay en total?

- a) 1 b) 4 c) 3 d) 2 e) 0

10. ¿Cuál proposición es correcta sobre el O_3 ?

- a) Tiene 3 enlaces sigma
- b) Presenta solo enlaces dobles
- c) Tiene un enlace coordinado (dativo)
- d) Es un compuesto iónico
- e) $\Delta EN = 0$ (apolar puro)

11. En H_2SO_4 (estructura con S en el centro, 2 OH y 2 O terminales con dativos), el estado de oxidación del S es:

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

12. ¿Cuántos enlaces simples existen entre: O_2 , N_2 , Br_2 y O_3 respectivamente?

- a) 0,0,1,1
- b) 1,0,1,0
- c) 0,1,1,0
- d) 1,0,0,1
- e) 0,0,1,0

13. La molécula de benceno C_6H_6 tiene 3 dobles y 6 simples C-C y 6 simples C-H. ¿Cuántos σ y π hay?

- a) 12 σ ; 3 π
- b) 9 σ ; 3 π
- c) 10 σ ; 3 π
- d) 12 σ ; 6 π
- e) 6 σ ; 6 π

1. Construye la estructura de Lewis de H_2SO_4 . Indica: número total de σ , número de π , número de enlaces dativos y pares libres. Determina el E.O. del S.

2. Identifica las sustancias con enlace covalente polar:

HI, CaO, Cl_2 , H_2 , H_2S , CO_2 . Datos: H=2,1; I=2,5; Ca=1,0; Cl=3,0; S=2,5; C=2,5; O=3,5. Justifica calculando ΔEN .

TAREA PARA CASA

Para las moléculas H_3PO_4 , SO_2 y Cl_2O_5 : construye la estructura de Lewis de cada una e indica el número de enlaces dativos en cada molécula. Luego, para la molécula $HBrO_4$ (ácido perbrórico), determina:

- a) número de enlaces covalentes polares
- b) número de enlaces dativos
- c) número de pares libres
- d) valencia del Br
- e) si todos los átomos cumplen el octeto.

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 4

TEORÍA DEL ENLACE: TRPEV, GEOMETRÍA E HIBRIDACIÓN

PROPÓSITO: Aplicar la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de Valencia (TRPEV) para predecir la geometría molecular, determinar el ángulo de enlace y la hibridación, y evaluar la polaridad de moléculas.

3. Intensidad de Repulsión y Ángulos de Enlace

Orden de repulsión: Par libre-par libre > par libre-par enlazante > par enlazante-par enlazante. Los pares libres ocupan más espacio angular y comprimen los ángulos de enlace.

MARCO TEÓRICO

I. Teoría TRPEV

TRPEV: Las repulsiones entre pares de electrones de valencia (enlazantes y libres) determinan la geometría espacial de las moléculas. Los pares de electrones se disponen lo más alejados posible entre sí, minimizando la repulsión. Se cuentan las Regiones de Alta Densidad Electrónica (RADE).

RADE (Región de Alta Densidad Electrónica): Es cualquier zona que concentra electrones alrededor del átomo central: puede ser un enlace simple, doble, triple o un par libre de electrones. Los enlaces múltiples cuentan como UNA sola región.

Ejemplos comparativos:

- CH₄: 4 pares enlazantes, 0 libres → GE = GM = tetraédrica → ángulo = 109,5°
- NH₃: 3 pares enlazantes, 1 par libre → GE = tetraédrica, GM = piramidal trigonal → ángulo = 107° (comprimido por el par libre)
- H₂O: 2 pares enlazantes, 2 pares libres → GE = tetraédrica, GM = angular → ángulo = 104,5° (más comprimido)

4. Hibridación

Hibridación: Es el reordenamiento y mezcla de orbitales atómicos puros (s, p, d) para generar nuevos orbitales híbridos equivalentes, más estables, que participan en la formación de enlaces. El número de orbitales híbridos = número de RADE.

2. Geometría Electrónica y Molecular

La geometría electrónica (GE) considera TODAS las regiones (enlazantes + libres). La geometría molecular (GM) considera solo las regiones ENLAZANTES (la forma visible de la molécula). Si no hay pares libres, GE = GM.

RADE	GE	∠ GE	Pares enlazantes	Pares libres	GM	∠ GM	Hibridación
2	Lineal	180°	2	0	Lineal	180°	sp
3	Triangular planar	120°	3	0	Triangular plana	120°	sp ²
3	Triangular planar	120°	2	1	Angular	< 120°	sp ²
4	Tetraédrica	109,5°	4	0	Tetraédrica	109,5°	sp ³
4	Tetraédrica	109,5°	3	1	Piramidal trigonal	< 109,5°	sp ³
4	Tetraédrica	109,5°	2	2	Angular	< 109,5°	sp ³
5	Bipiramidal	90°,120°,180°	5	0	Bipiramidal	90°,120°,180°	sp ³ d
6	Octaédrica	90°,180°	6	0	Octaédrica	90°,180°	sp ³ d ²

Tipo Híbrido	Orbitales puros que se mezclan	Nº orbitales híbridos	GE	Ejemplo
sp	1s + 1p	2	Lineal	BeCl ₂ , CO ₂ , HC≡CH
sp ²	1s + 2p	3	Triangular planar	BF ₃ , SO ₃ , H ₂ C=CH ₂
sp ³	1s + 3p	4	Tetraédrica	CH ₄ , NH ₃ , H ₂ O, CCl ₄
sp ³ d	1s + 3p + 1d	5	Bipiramidal	PCl ₅ , SF ₄
sp ³ d ²	1s + 3p + 2d	6	Octaédrica	SF ₆ , ClF ₅

Si $\mu \neq 0$ la molécula es polar (distribución asimétrica de carga o par libre en el átomo central). Si $\mu = 0$, la molécula es apolar (distribución simétrica o cancelación de dipolos).

Molécula	GE	Pares libres	μ	Polar/Apolar
CO ₂	Lineal	0	0	Apolar (dipolos cancelados)
H ₂ O	Angular	2 en O	$\neq 0$	Polar
NH ₃	Piramidal	1 en N	$\neq 0$	Polar
CH ₄	Tetraédrica	0	0	Apolar
SO ₃	Triangular plana	0	0	Apolar
HCl	Lineal	0 enlazantes, 3 en Cl	$\neq 0$	Polar

5. Polaridad Molecular

Momento dipolar (μ): Es el vector resultante de la suma de todos los dipolos de enlace en la molécula.

1) Moléculas sin pares de electrones libres en el átomo central

Tipo de molécula	Molécula	Estructura de Lewis	Pares enlazantes	Distribución de los pares electrónicos	Geometría de la molécula
AB ₂	BeCl ₂		2		Cl-Be-Cl Lineal
AB ₃	BF ₃		3		 Plana trigonal
AB ₄	CH ₄		4		 Tetraédrica
AB ₅	PCl ₅		5		 Bipiramidal trigonal
AB ₆	SF ₆		6		 Octaédrica

RECUERDA

- ✓ RADE = regiones de e⁻ (enlace simple, doble, triple o par libre) → cada una cuenta como 1
- ✓ GE considera todas las RADE | GM considera solo pares enlazantes
- ✓ Par libre comprime ángulos: CH₄ (109,5°) > NH₃ (107°) > H₂O (104,5°)
- ✓ N° de RADE = tipo de hibridación: 2 → sp, 3 → sp², 4 → sp³, 5 → sp³d, 6 → sp³d²
- ✓ Molécula apolar: μ=0 (simétrica sin pares libres en el centro)

PRÁCTICA

I. Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

1. La geometría molecular del SO₃ es:
 - a) Angular 120°
 - b) Triangular planar 120° (apolar)
 - c) Piramidal trigonal
 - d) Lineal
 - e) Tetraédrica
2. Para CO₂, la geometría molecular, el ángulo y la polaridad son:
 - a) Angular, 120°, polar
 - b) Lineal, 180°, apolar
 - c) Lineal, 180°, polar
 - d) Triangular plana, 120°, apolar
 - e) Angular, 109°, polar
3. La molécula H₂O forma un ángulo de enlace de 104,5° porque:
 - a) Tiene 4 pares enlazantes
 - b) Tiene hibridación sp
 - c) Los 2 pares libres comprimen los ángulos
 - d) Es lineal
 - e) Tiene hibridación sp²
4. ¿Cuál es la hibridación del N en NH₃?
 - a) sp
 - b) sp²
 - c) sp³
 - d) sp³d
 - e) sp³d²
5. La mayor repulsión entre pares de electrones se da entre:
 - a) Par enlazante y par enlazante
 - b) Par libre y par enlazante
 - c) Par enlazante sigma y pi
 - d) Par libre y par libre
 - e) Dos pares sigma
6. ¿Cuál molécula es APOLAR? (momento dipolar = 0)

- a) H₂O
- b) NH₃
- c) HCl
- d) SO₃
- e) HBr

7. La geometría electrónica del BCl₃ es triangular planar. Su hibridación es:

- a) sp³d
- b) sp³
- c) sp
- d) sp²
- e) sp³d²

8. En la molécula de NF₃, el ángulo de enlace es:

- a) 109,5°
- b) 120°
- c) 90°
- d) Menor que 109,5°
- e) 180°

9. ¿Cuántas RADE tiene el C en el formaldehído (HCHO)?

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

10. ¿Cuál es la geometría molecular del SCl₂?

- a) Lineal
- b) Piramidal trigonal
- c) Triangular plana
- d) Angular
- e) Tetraédrica

11. ¿Qué tipo de hibridación tiene el S en SF₆?

- a) sp³
- b) sp³d
- c) sp
- d) sp³d²
- e) sp²

12. ¿Cuál de los siguientes compuestos es SOLUBLE en agua? (semejante disuelve a semejante)

- a) CH₄
- b) N₂
- c) CH₃OH
- d) CCl₄
- e) C₆H₆

13. ¿Cuál de estas moléculas es polar?

- a) CCl₄
- b) CO₂
- c) BF₃
- d) H₂S
- e) CH₄

I. Para PCl₃: determina el número de RADE, la geometría electrónica, la geometría molecular, el ángulo de enlace aproximado, la hibridación y si es polar o apolar.

TAREA PARA CASA

Para las siguientes moléculas: CO₂, H₂O, NH₃, SO₂, BCl₃, PCl₃ y SF₆. Determina para cada una: número de RADE, geometría electrónica, geometría molecular, ángulo de enlace, hibridación del átomo central y si la molécula es polar o apolar. Presenta los resultados en una tabla.

SESIÓN 5

NOMENCLATURA INORGÁNICA Y FUNCIONES QUÍMICAS

PROPÓSITO: Manejar con precisión las tres nomenclaturas inorgánicas (clásica, Stock e IUPAC), calcular estados de oxidación en compuestos complejos, y formular y nombrar óxidos básicos, ácidos, óxidos ácidos, hidruros e hidróxidos.

		-ico (mayor)	
Stock (recomendada IUPAC)	EO. en romanos	(función) de (elemento) (romano)	Unívoca, evita ambigüedades
Sistemática (IUPAC)	Número de átomos	Prefijos griegos: mono, di, tri, tetra.	Exacta, indica composición exacta

MARCO TEÓRICO

1. Número de Oxidación (N.O. o EO)

Estado de oxidación: Carga real o aparente que aparenta tener un átomo en una especie química, como si el enlace se rompiera en forma heterolítica (ambos electrones van al átomo más electronegativo). Es un número entero con signo positivo, negativo o cero.

► Reglas Fundamentales para Determinar el EO.

- ✓ Elemento libre (sin combinar): EO. = 0. Ejemplo: O₂⁰, N₂⁰, Fe⁰, Cu⁰.
- ✓ H en compuestos: EO. = +1 generalmente; en hidruros metálicos: EO. = -1.
- ✓ O en compuestos: EO. = -2 generalmente; en peróxidos: -1; frente al F: +2.
- ✓ Metales del Grupo IA (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) y Ag: EO. = +1.
- ✓ Metales del Grupo IIA (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra), Zn y Cd: EO. = +2.
- ✓ Compuesto neutro: $\sum \text{EO.} \times \text{coeficiente} = 0$.
- ✓ Ion poliatómico: $\sum \text{EO.} \times \text{coeficiente} = \text{carga del ion}$.
- ✓ Halógenos unidos a metales: EO. = -1; anfígenos con metales: EO. = -2.

2. Los Tres Tipos de Nomenclatura

Nomenclatura	Criterio	Formato	Ventaja
Clásica (tradicional)	EO. del elemento	Prefijos: Hipo-, Per-; Sufijos: -oso (menor),	Histórica, sencilla para EO. conocidos

3. Función Óxidos

Óxidos: Compuestos binarios de un elemento con O (EO=-2). Se dividen en óxidos básicos (metal+O) y óxidos ácidos (no metal+O). Formulación: cruzar las valencias del elemento y el O como subíndices, y simplificar.

Fórmula	Clásica	Stock	IUPAC
FeO	Óxido ferroso	Óxido de hierro (II)	Monóxido de hierro
Fe ₂ O ₃	Óxido férrico	Óxido de hierro (III)	Trióxido de dihierro
PbO ₂	Óxido plúmbico	Óxido de plomo (IV)	Dióxido de plomo
SO ₂	Óxido sulfuroso	Óxido de azufre (IV)	Dióxido de azufre
SO ₃	Óxido sulfúrico	Óxido de azufre (VI)	Trióxido de azufre
Cl ₂ O ₇	Óxido perclórico	Óxido de cloro (VII)	Heptóxido de dicloro
N ₂ O ₅	Anhídrido nítrico	Óxido de nitrógeno (V)	Pentóxido de dinitrógeno

FUNCIONES QUÍMICAS

<p>ÓXIDOS</p> <p>O²⁻ — Fe³⁺</p> <p>Fe₂O₃</p> <p>Ejemplo: Óxido férrico</p>	<p>HIDRÓXIDOS</p> <p>OH⁻ — Na⁺</p> <p>NaOH</p> <p>Ejemplo: Hidróxido de sodio</p>
<p>HIDRUROS</p> <p>H⁻ — Li⁺</p> <p>LiH</p> <p>Ejemplo: Hidruro de litio</p>	<p>PERÓXIDOS</p> <p>O₂²⁻ — H⁺</p> <p>H₂O₂</p> <p>Ejemplo: Peróxido de hidrógeno</p>

4. Funciones Hidróxidos, Hidruros y Peróxidos

Función	Fórmula General	Ejemplo	Nombre
Hidróxido (base)	$M(OH)_x$	$Fe(OH)_3$	Hidróxido de hierro (III)
Hidruro metálico	MH_x (H con $EO=-1$)	CaH_2	Hidruro de calcio
Hidruro especial	EH_x (EO. del E: -)	NH_3	Amoniaco (trihidruro de N)
Hidruro ácido (gas)	$H_xE(g)$	$HCl(g)$	Cloruro de hidrógeno
Ácido hidrácido	$H_xE(ac)$	$HCl(ac)$	Ácido clorhídrico
Peróxido	$M(O_2)_x$ (EO(O)=-1)	Na_2O_2	Peróxido de sodio

- ✓ Hidróxido = óxido básico + H_2O | Ácido oxácido = anhídrido + H_2O
- ✓ Peróxido: $EO(O) = -1$ (no -2); enlace O-O

PRÁCTICA

I Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

1. ¿Cuál es el EO. del Mn en K_2MnO_4 ?

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

2. ¿Cuál es el EO. del N en $Co(NO_3)_2$?

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

3. ¿Cuál es el EO. del C en $CaHSO_3$?

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

Este compuesto no tiene C

4. ¿Cuál es el nombre Stock del Cr_2O_3 ? (Cr: +2, +3, +6)

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

5. ¿Cuál compuesto presenta mayor atomicidad?

- a) Pentóxido de dinitrógeno b) Óxido de aluminio
c) Heptóxido de dibromo d) Hidróxido de magnesio
e) Hidruro plúmbico

6. Si el óxido básico de M es M_2O_3 , ¿cuál es la atomicidad del hidróxido de M?

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

7. ¿Cuál relación fórmula-nombre IUPAC es correcta?

- a) FeO - trióxido de hierro b) Fe_2O_3 - trióxido de dihierro
c) CaO - dióxido de calcio d) PbO_2 - monóxido de plomo
e) CO - dióxido de carbono

8. El EO. del S en $CaHSO_3$ es:

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

9. ¿Cuál es la fórmula del ácido sulfúrico? (EO. S: +2, +4, +6)

- a) H_2SO_2 b) H_2SO_3 c) H_2SO_4
d) $H_2S_2O_7$ e) HSO_3

10. ¿Cuántos átomos tiene el ácido fosfórico H_3PO_4 ?

- a) 3 b) 5 c) 7 d) 8 e) 6

11. El sulfito cúprico y el fosfato de sodio tienen en total:

- a) 11 b) 13 c) 12 d) 14 e) 10

12. La heptóxido de dibromo y el óxido de plomo (IV) tienen atomicidades de:

- a) 9 y 3 b) 7 y 5 c) 9 y 5 d) 7 y 3
e) 6 y 4

5. Tabla de EO. Principales

Elemento	EO. Principales	Observación
Cl, Br, I	+1, +3, +5, +7 (-1 en haloideas)	El F solo tiene -1
S, Se, Te	-2, +2, +4, +6	
N	+1, +2, +3 (neutros); -3, +5 (no metal)	
C	-4, +2, +4	
Mn	+2, +3, +4, +6, +7	Anfótero
Cr	+2, +3 (metal); +3, +6 (no metal)	Anfótero
Fe, Co, Ni	+2, +3	
Cu, Hg	+1, +2	
Au	+1, +3	
Pb, Sn	+2, +4	

RECUERDA

- ✓ Clásica: -oso (menor EO.) / -ico (mayor EO.) / Hipo- / Per-
- ✓ Stock: indica EO. con número romano entre paréntesis
- ✓ \sum EO. en compuesto neutro = 0 | \sum EO. en ion = carga del ion

13. ¿Cuál es el E.O. del Pb en $Pb(OH)_4$?

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

1. Determina el E.O. del Mn en: K_2MnO_4 y $MnCl_2$. Escribe el planteamiento completo de cada cálculo.

2. Formula el pentóxido de dinitrógeno e indica: nombre clásico, Stock e IUPAC, atomicidad y si es óxido básico o ácido.

TAREA PARA CASA

Determina el E.O. de los elementos en negrita: $CaHSO_3$ (S), SO_4^{2-} (S), H_2S (S), $Co(NO_3)_2$ (N), NH_3 (N), NO_2^- (N), $K_2Cr_2O_7$ (Cr), MnO_4^- (Mn). Luego nombra según las tres nomenclaturas: FeO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , Cl_2O_5 , N_2O_3 , PbO_2 y Au_2O_3 .

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

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

SESIÓN 6

FUNCIÓN ÁCIDOS Y SALES

PROPÓSITO: Formular y nombrar correctamente ácidos hidrácidos, oxácidos, sales haloideas y oxisales, aplicando las tres nomenclaturas y reconociendo los radicales ácidos en la formación de compuestos.

► Ácidos Oxácidos – Compuestos Ternarios

Se obtienen disolviendo un anhídrido en agua. La fórmula depende del E.O. del no metal:

- E.O. impar: $H^1XO(1+a/2)$ → ejemplo N(+3): HNO_2 ; N(+5): HNO_3
- E.O. par: $H_2XO(2+a/2)$ → ejemplo S(+4): H_2SO_3 ; S(+6): H_2SO_4
- Casos especiales B, P, As, Sb: $H_3XO(3+a/2)$ → P(+5): H_3PO_4 ; B(+3): H_3BO_3

PARTE A – ÁCIDOS Y SALES

ÁCIDOS

TIPOS Y EJEMPLOS

• **ÁCIDOS HIDRÁCIDOS**

$:\ddot{H}:\ddot{C}l:$
 HCl
 Ácido Clorhídrico (ac)

$(H)(Cl)$
 HCl
 Cloruro de Hidrógeno (g)

Hidrógeno + No Metal (Grupo 16, 17)

Propiedades: Generalmente gases o líquidos, solubles en agua, corrosivos

• **ÁCIDOS OXÁCIDOS**

H_2SO_4
 Ácido Sulfúrico

HNO_3
 Ácido Nítrico

Hidrógeno + No Metal + Oxígeno

Propiedades: Generalmente líquidos visco-sólidos, fuertemente corrosivos

FUERZA DE ÁCIDOS

ÁCIDOS FUERTES	ÁCIDOS DÉBILES
$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ Disociación total	$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ Disociación parcial

SALES

DEFINICIÓN Y EJEMPLOS

Combinación de Cationes y Aniones

Catión
(Metal o Amonio)

$NaCl$
Cloruro de Sodio
(Sal de mesa)

Anión
(No Metal o poliatómico)

KNO_3
Nitrato de Potasio

PROPIEDADES EN DISOLUCIÓN

Dissociación en agua

$$NaCl(s) \rightarrow Na^+(ac) + Cl^-(ac)$$

Conducen electricidad en disolución. Mayoría neutras

REACCIONES Y USOS

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

Conservación de alimentos

Agricultura y fertilizantes

Deshielo de carreteras

Fórmula	E.O.	Nombre Clásico	Nombre IUPAC (sistémico)
$HClO$	+ 1	Ácido hipocloroso	Ácido oxoclorico (I)
$HClO_2$	+ 3	Ácido cloroso	Ácido dioxoclorico (III)
$HClO_3$	+ 5	Ácido clórico	Ácido trioxoclorico (V)
$HClO_4$	+ 7	Ácido perclórico	Ácido tetraoxoclorico (VII)
HNO_2	+ 3	Ácido nitroso	Ácido dioxonítrico (III)
HNO_3	+ 5	Ácido nítrico	Ácido trioxonítrico (V)
H_2SO_3	+ 4	Ácido sulfuroso	Ácido trioxosulfúrico (IV)
H_2SO_4	+ 6	Ácido sulfúrico	Ácido tetraoxosulfúrico (VI)
H_2CO_3	+ 4	Ácido carbónico	Ácido trioxocarbónico (IV)
H_3PO_4	+ 5	Ácido fosfórico (orto)	Ácido tetraoxofosfórico (V)

1. Función Ácido

Ácidos: Compuestos que poseen uno o más átomos de hidrógeno capaces de liberarse como catión H^+ (protón) al disolverse en agua. Propiedades: sabor agrio, cambian a rojo el papel tornasol azul, corroen metales activos, neutralizan bases formando sales + agua.

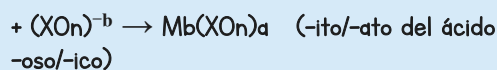
► Ácidos Hidrácidos – Compuestos Binarios

Fórmula: $H^{+1} + X^{-b} \rightarrow HbX(ac)$ (no metales de grupos VIA y VIIA) Gas: $HCl(g)$ = cloruro de hidrógeno | Solución: $HCl(ac)$ = ácido clorhídrico

2. Función Sales

Sales: Compuestos iónicos cristalinos sólidos a temperatura ambiente, formados por un catión metálico y un anión no metálico o poliatómico. Se clasifican en sales haloideas (de ácidos hidrácidos) y sales oxisales (de ácidos oxácidos).

Sales haloideas: $M^{+a} + X^{-b} \rightarrow MbXa$
(nomenclatura: -uro de [metal]) **Sales oxisales:** M^{+a}



Fórmula	Nombre Clásico	Nombre Stock
FeCl ₂	Cloruro ferroso	Cloruro de hierro (II)
FeCl ₃	Cloruro férrico	Cloruro de hierro (III)
CuBr	Bromuro cuproso	Bromuro de cobre (I)
CuBr ₂	Bromuro cúprico	Bromuro de cobre (II)
FeCO ₃	Carbonato ferroso	Carbonato de hierro (II)
Fe ₂ (CO ₃) ₃	Carbonato férrico	Carbonato de hierro (III)
Au(NO ₂)	Nitrito auroso	Nitrito de oro (I)
Au(NO ₃) ₃	Nitrato áurico	Nitrato de oro (III)

RECUERDA

- ✓ Hidrácido: H + no metal (VIA/VIIA) → en agua: ácido _hídrico
- ✓ HCl(g) = cloruro de hidrógeno | HCl(ac) = ácido clorhídrico
- ✓ Oxácido: anhídrido + H₂O → ácido _oso o _ico
- ✓ P, B, As, Sb son casos especiales: su anhídrido reacciona con 3 moléculas de H₂O
- ✓ Sale haloidea: M + X → MbX_a (-uro) | Oxisal: M + oxianión → -ito o -ato

PRÁCTICA

I. Preguntas de selección: Marca la alternativa correcta.

1. ¿Cuál es el nombre del HNO₂? (E.O. N: +3, +5)

- a) Ácido nítrico b) Ácido nitroso c) Ácido hiponitroso
d) Ácido pernitrico e) Ácido nitroso polar

2. ¿Cuál es la fórmula del ácido sulfhídrico?

- a) H₂SO₄ b) H₂S(ac) c) H₂SO₃
d) HS(ac) e) HSO

3. ¿Cuál es la fórmula del ácido carbónico?

- a) H₂CO₄ b) H₂CO₂ c) H₂CO₃
d) HCO₃ e) H₄CO₄

4. ¿Cuál es el nombre del HClO₄?

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

5. ¿Cuántos átomos tiene (atomicidad) el ácido bórico H₃BO₃?

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

6. ¿Qué se forma al disolver SO₃ en agua?

- a) H₂SO₃ b) H₂SO₂ c) H₂SO₄
d) H₂SO₅ e) HSO₄

7. ¿Cuál es el nombre del H₂SO₃?

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

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

- a) HCl b) HNO₃ c) H₃PO₄ d) H₂SO₄
e) H₂CO₃

9. ¿Cuál es el nombre del HBr(ac)?

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

10. El ion carbonato CO₃²⁻ con Cu⁺¹ da:

- a) (CO₃)₂Cu b) Cu₂CO₃ c) CuCO₃
d) CuCO₂ e) Cu₂(CO₃)₃

11. ¿Cuál es la correspondencia correcta?

- a) KClO₃ - ácido oxácido b) HNO₃ - sal oxisal
c) FeCl₃ - sal haloidea d) HCl - sal haloidea
e) KClO₃ - hidrácido

12. La suma de atomicidades del ácido nitroso y el ácido carbónico es:

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

13. ¿Qué compuesto se forma al reaccionar CO₂ + H₂O?

- a) H₂CO₂ b) H₂CO₃ c) H₂C₂O₃ d) HCO₃
e) HCO₂

1. Formula y nombra (clásica, Stock e IUPAC) los ácidos del Cl: HClO, HClO₂, HClO₃ y HClO₄. Indica el E.O. del Cl en cada uno.

2. A partir de Br₂O₅ y H₂O: a) escribe la reacción de formación del ácido, b) indica el nombre del ácido formado, c) si reacciona con NaOH, ¿qué sal oxisal se forma y cuál es su nombre

SESIÓN 7

UNIDADES DE MASA ATÓMICA

PROPÓSITO: Comprender y aplicar los conceptos de mol, número de Avogadro, masa atómica, masa molecular, masa molar y volumen molar, desarrollando habilidades de cálculo cuantitativo en química con ejercicios de niveles básico, intermedio y avanzado.

2. Masa Atómica (mA) y Unidad de Masa Atómica (u.m.a.)

Masa atómica (mA): Es la masa relativa de un átomo expresada en unidades de masa atómica (u.m.a.). La u.m.a. se define como 1/12 de la masa del isótopo ^{12}C . Un átomo de carbono tiene exactamente 12 u.m.a.

MARCO TEÓRICO

I. El Concepto de Mol

Mol: Es la unidad de cantidad de sustancia del Sistema Internacional (SI). Un mol contiene tantas entidades elementales como átomos hay exactamente en 12 gramos del isótopo carbono-12 (^{12}C). Esta cantidad es el número de Avogadro: $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ partículas/mol.

La importancia del mol radica en que conecta el mundo microscópico (átomos y moléculas individuales, que no podemos pesar directamente) con el mundo macroscópico (gramos de sustancia que sí podemos medir en el laboratorio). Es el nexo fundamental entre la escala atómica y la escala de laboratorio.

Un mol es una cantidad de sustancia que contiene $6,022 \times 10^{23}$ partículas, número conocido como número de Avogadro. En los átomos, 1 mol pesa lo mismo que la masa atómica del elemento expresada en gramos; en las moléculas, 1 mol pesa lo mismo que la masa molecular del compuesto en gramos. Además, en condiciones normales (0 °C y 1 atm), 1 mol de cualquier gas ocupa un volumen de 22,4 litros.

► Ejemplos de cantidades molares:

- 1 mol de Ca = 40 g de Ca = $6,022 \times 10^{23}$ átomos de Ca
- 1 mol de H₂O = 18 g de H₂O = $6,022 \times 10^{23}$ moléculas de H₂O
- 1 mol de NaCl = 58,5 g de NaCl = $6,022 \times 10^{23}$ unidades fórmula de NaCl
- 1 mol de CO₂ gas (CN) = 44 g = $6,022 \times 10^{23}$ moléculas = 22,4 L

1 u.m.a. = $(1/N_A)$ g = $1,66 \times 10^{-24}$ g Masa absoluta de 1 átomo de C = 12 u.m.a. = $12 \times (1,66 \times 10^{-24})$ g = $1,99 \times 10^{-23}$ g Masa absoluta de 1 átomo de O = 16 u.m.a. = $16 \times (1,66 \times 10^{-24})$ g = $2,66 \times 10^{-23}$ g

Elemento	Símbolo	Masa Atómica (u.m.a.)	Clasificación
Hidrógeno	H	1	No metal
Carbono	C	12	No metal
Nitrógeno	N	14	No metal
Oxígeno	O	16	No metal
Sodio	Na	23	Metal alcalino
Magnesio	Mg	24	Metal alcalinotérreo
Aluminio	Al	27	Metal
Fósforo	P	31	No metal
Azufre	S	32	No metal
Cloro	Cl	35,5	Halógeno
Potasio	K	39	Metal alcalino
Calcio	Ca	40	Metal alcalinotérreo
Hierro	Fe	56	Metal de transición
Cobre	Cu	64	Metal de transición
Zinc	Zn	65	Metal de transición
Bromo	Br	80	Halógeno
Plomo	Pb	207	Metal pesado

3. Masa Atómica Promedio e Isótopos

Masa atómica promedio: Cuando un elemento tiene varios isótopos estables, su masa atómica en la tabla periódica es el promedio ponderado por la abundancia natural de cada isótopo.

$m_A(E) = (m_{A1} \times a_1 + m_{A2} \times a_2 + \dots + m_{An} \times a_n) / (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$ (las abundancias a_i pueden estar en % o en fracción decimal; el resultado es el mismo)

► **Ejemplo 1 – Cloro (Cl):**

Isótopos: ^{35}Cl ($a_1 = 75\%$) y ^{37}Cl ($a_2 = 25\%$).

$$m_A(\text{Cl}) = (35 \times 75 + 37 \times 25) / (75 + 25) = (2625 + 925) / 100 = 3550/100 = 35,5 \text{ u.m.a.}$$

► **Ejemplo 2 – Boro (B):**

Isótopos: ^{10}B ($a_1 = 20\%$) y ^{11}B ($a_2 = 80\%$).

$$m_A(\text{B}) = (10 \times 20 + 11 \times 80) / (20 + 80) = (200 + 880) / 100 = 1080/100 = 10,8 \text{ u.m.a.}$$

► **Ejemplo 3 – Silicio (Si):**

Isótopos: ^{28}Si (92,23%), ^{29}Si (4,67%), ^{30}Si (3,10%).

$$m_A(\text{Si}) = (28 \times 92,23 + 29 \times 4,67 + 30 \times 3,10) / 100 = (2582,44 + 135,43 + 93,0) / 100 \approx 28,09 \text{ u.m.a.}$$

4. Masa Molecular (M) y Masa Fórmula (PF)

Masa molecular (M): Es la suma de las masas atómicas de todos los átomos que forman una molécula. Se expresa en u.m.a. Para compuestos iónicos se usa la masa fórmula (PF), que es la masa de una unidad fórmula.

► **Ejemplos de cálculo de masa molecular:**

- H_2O : $M = 2(1) + 16 = 18 \text{ u.m.a.}$
- CO_2 : $M = 12 + 2(16) = 44 \text{ u.m.a.}$
- H_2SO_4 : $M = 2(1) + 32 + 4(16) = 98 \text{ u.m.a.}$
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$: $\text{PF} = 3(40) + 2(31) + 8(16) = 120 + 62 + 128 = 310 \text{ u.m.a.}$
- Glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$: $M = 6(12) + 12(1) + 6(16) = 72 + 12 + 96 = 180 \text{ u.m.a.}$

5. Masa Molar y Volumen Molar

Masa molar: Es la masa en gramos de exactamente 1 mol de partículas. Numéricamente es igual a la masa atómica (para elementos) o la masa molecular (para compuestos) expresada en g/mol.

Es el factor de conversión entre masa (gramos) y cantidad de sustancia (moles).

Volumen molar (Vm): A condiciones normales (CN: $T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$, $P = 1 \text{ atm}$), 1 mol de cualquier gas ocupa exactamente 22,4 litros, independientemente del tipo de gas (ley de Avogadro).

6. Fórmulas Operativas – El Mol como Nexo

Magnitud	Para átomos/elementos	Para compuestos/moléculas	Para gases (CN)
Número de moles (n)	$n = m(\text{g}) / m_A$	$n = m(\text{g}) / M$	$n = V(\text{L}) / 22,4$
Número de partículas	$N = n \times N_a$	$N = n \times N_a$	$N = n \times N_a$
Masa en gramos	$m = n \times m_A$	$m = n \times M$	$m = n \times M$
Volumen (solo gases CN)	–	–	$V = n \times 22,4$

► **Ejemplo 1 – Moles a partir de masa:**

¿Cuántos moles de Ca hay en 240 g? (m_A : Ca = 40)

$$n(\text{Ca}) = 240 \text{ g} / 40 \text{ g/mol} = 6 \text{ moles de Ca}$$

► **Ejemplo 2 – Moléculas a partir de masa:**

¿Cuántas moléculas hay en 4 g de CCl_4 ? ($M = 12 + 4 \times 35,5 = 154 \text{ g/mol}$; $N_a = 6 \times 10^{23}$)

$$n(\text{CCl}_4) = 4 \text{ g} / 154 \text{ g/mol} = 0,026 \text{ mol}$$

$$N = 0,026 \times 6 \times 10^{23} = 1,56 \times 10^{22} \approx 1,7 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

► **Ejemplo 3 – Átomos totales en moles:**

¿Cuántos átomos totales hay en 3 moles de CH_4 ? (CH_4 tiene 5 átomos por molécula: 1C + 4H)

$$\text{Átomos totales} = 3 \text{ mol} \times 5 \text{ átomos/molécula} \times 6 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol} = 15 \times 6 \times 10^{23} = 9 \times 10^{24} = 15N_a$$

► **Ejemplo 4 – Masa de un elemento en un compuesto:**

¿Cuántos g de O hay en 360 g de CH₃COOH? (PF = 60 g/mol; fórmula tiene 2 átomos de O)

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 360/60 = 6 \text{ mol O por mol: } 2 \times 16 = 32 \text{ g/mol Masa O} = 6 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} = 192 \text{ g}$$

► **Ejemplo 5 – Masa atómica promedio:**

El Li tiene: ⁶Li (7,5%) y ⁷Li (92,5%). Calcular mA promedio.

$$mA(\text{Li}) = (6 \times 7,5 + 7 \times 92,5) / (7,5 + 92,5) = (45 + 647,5) / 100 = 692,5/100 = 6,925 \approx 6,9 \text{ u.m.a.}$$

RECUERDA

- ✓ 1 mol = N_a = 6,022 × 10²³ partículas (átomos, moléculas, iones, etc.)
- ✓ 1 u.m.a. = 1,66 × 10⁻²⁴ g = (1/N_a) gramos
- ✓ Masa molar [g/mol] = masa atómica o molecular numéricamente
- ✓ 1 mol de gas a CN (0°C, 1 atm) = 22,4 L (volumen molar)
- ✓ mA promedio = $\sum(mA_i \times a_i) / \sum a_i$ (ponderado por abundancia natural)
- ✓ Nexo: $n = m/M = N/N_a = V/22,4$

PRÁCTICA

PARTE I – EJERCICIOS

1. ¿Cuántos moles hay en 120 g de carbono? (C = 12 u.m.a.)

2. ¿Cuántos gramos hay en 2 moles de agua H₂O? (H=1, O=16)

3. ¿Cuántas moléculas hay en 1 mol de CO₂?

4. ¿Cuántos átomos hay en 40 g de Ca? (Ca = 40; N_a = 6 × 10²³)

5. ¿Cuántos moles de NaCl hay en 117 g? (Na=23; Cl=35,5)

6. ¿Cuántos litros ocupa 1 mol de O₂ gas a condiciones normales?

7. Calcula la masa molecular del H₂SO₄. (H=1, S=32, O=16)

8. ¿Cuántos gramos hay en 3 moles de Fe? (Fe = 56)

9. El elemento X tiene mA = 32 u.m.a. ¿Cuántos átomos hay en 64 g de X? (N_a = 6 × 10²³)

10. ¿Cuántos moles de H₂ gas hay en 44,8 L a condiciones normales?

PARTE II – EJERCICIOS

11. ¿Cuántos átomos totales hay en 3 moles de CH₄? (C=12, H=1)

12. ¿Cuántos gramos de Cl hay en 222 g de CaCl₂? (Ca=40; Cl=35,5)

13. ¿Cuántos g de oxígeno hay en 360 g de ácido acético CH₃COOH? (PF=60; O=16)

14. Calcula el número de moles de Ca hay en 240 g. Luego determina el número de átomos. (Ca=40)

15. ¿Cuántas moléculas hay en 900 g de H₂O? (M=18; N_a=6 × 10²³)

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

17. ¿Cuántos átomos de H hay en NH_3 si hay 28 g de N en la muestra? ($N=14$; $N_a=6 \times 10^{23}$)

18. El boro tiene dos isótopos: ^{10}B (20%) y ^{11}B (80%). Calcula la masa atómica promedio del boro.

19. Un kilogramo de mineral contiene 80% de CaCO_3 puro. ¿Cuántos g de Ca hay en el mineral? ($\text{Ca}=40$; $\text{C}=12$; $\text{O}=16$)

20. ¿Cuántas moléculas hay en 4 g de CCl_4 ? ($\text{C}=12$; $\text{Cl}=35,5$; $N_a=6 \times 10^{23}$)

21. ¿Cuántos neutrones hay en 92 g de Na? Dato: $^{23}_{11}\text{Na}$; $N_a=6 \times 10^{23}$

22. Con 12 g de H_2 , ¿cuántos moles de H_2O se pueden producir según: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$?

23. ¿Cuántos gramos de fósforo (P) hay en 500 g de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$? ($\text{PF}=310$; $\text{P}=31$)

24. El silicio tiene tres isótopos: ^{28}Si (92,23%), ^{29}Si (4,67%) y ^{30}Si (3,10%). Calcula la masa atómica promedio.

25. Los huesos de una persona adulta pesan 13 kg y contienen 50% de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. ¿Cuántos g de P hay? ($\text{P}=31$; $\text{PF}=310$)

27. Una mena de plomo tiene 30% de galena (PbS). a) ¿Cuántos g de PbS puro hay en 2390 TM de mena? b) ¿Cuántos moles de PbS ? ($\text{PF}=239$) c) ¿Cuántos g de Pb se pueden extraer? ($\text{Pb}=207$) d) Si el proceso tiene 80% de rendimiento, ¿cuántas toneladas de Pb se obtienen realmente?

28. En 0,2 mol de gas mostaza ($(\text{ClCH}_2\text{CHO})_2\text{S}$): a) Calcula M del gas mostaza ($\text{C}=12$; $\text{H}=1$; $\text{Cl}=35,5$; $\text{O}=16$; $\text{S}=32$) b) ¿Cuántos g de Cl hay? c) ¿Cuántos g de S hay? d) ¿Cuántos átomos de S hay? e) Indica V (F) respecto a: I. Masa de Cl es 14,2 g II. Masa de S es 6,4 g III. N° de átomos de S es $1,2 \times 10^{23}$

29. Un átomo hipotético X tiene tres isótopos estables: ^{28}X (50%), ^{30}X (30%) y ^{32}X (20%). a) Calcula mA promedio de X. b) ¿Cuántos átomos hay en 87,6 g de X? c) ¿Cuántos neutrones tiene cada isótopo si $Z=14$? d) Determina la masa en g de un solo átomo del isótopo más pesado. e) ¿A qué elemento real se asemeja X según su Z?

30. Una muestra de glucosa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ($M=180$) contiene $3,011 \times 10^{23}$ moléculas. a) ¿Cuántos moles hay? b) ¿Cuántos g son? c) ¿Cuántos átomos de C hay? d) ¿Cuántos átomos de H? e) ¿Cuántos átomos en total tiene la muestra? f) Si toda la glucosa se quema: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$, ¿cuántos moles de CO_2 se producen?

¡Preparando para triunfar!

TRUJILLO

PARTE III – EJERCICIOS

26. Una aleación de bronce contiene 70% de Cu y 30% de Sn en masa. En 650 g de aleación: a) ¿Cuántos g de Cu hay? b) ¿Cuántos moles de Cu? ($\text{Cu}=64$) c) ¿Cuántos moles de Sn? ($\text{Sn}=119$) d) ¿Cuántos átomos totales hay en la aleación? e) ¿Cuál es la razón molar Cu:Sn?