



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



UNIDAD DIDÁCTICA CUARTO PERIODO

FISICA

GRADO DECIMO

Docente: Sylvia María Cacua Ortiz

Mecánica de fluidos y calor: fundamentos físicos de la vida

Principio de Pascal • Principio de Arquímedes • Ecuación de continuidad • Cantidad de calor • Dilatación lineal, superficial y volumétrica • Transformación de energía en los seres vivos • Mitocondrias y cloroplastos • Respiración celular y fermentación • Fotosíntesis

Nombre: _____ Curso: 10°1

Fecha: _____

INSTRUCCIONES GENERALES:

El taller se propone como estrategia metodológica para reafirmar los conceptos básicos de biología adquiridos en años anteriores y así poder continuar desarrollando las actividades académicas de las ciencias naturales propuestas para el grado noveno de educación básica secundaria

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar el estudio de esta guía, el estudiante estará en capacidad de:

- Explicar el principio de Pascal y aplicarlo a la resolución de problemas de sistemas hidráulicos.
- Explicar el principio de Arquímedes y determinar si un cuerpo flota o se hunde en un fluido.
- Aplicar la ecuación de continuidad para relacionar el área transversal y la velocidad de un fluido en movimiento.
- Calcular la cantidad de calor absorbida o cedida por una sustancia y relacionarla con cambios de temperatura y de estado.
- Calcular la dilatación lineal, superficial y volumétrica de materiales sometidos a cambios de temperatura.
- Describir la estructura y función de las mitocondrias y los cloroplastos como organelos transformadores de energía.
- Explicar los mecanismos básicos de liberación y almacenamiento de energía en las células (ciclo ATP-ADP).



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



- Diferenciar la respiración celular aeróbica de la fermentación, y reconocer sus productos y su importancia biológica.
- Explicar el proceso de fotosíntesis y su relación energética con la respiración celular.
- Relacionar los conceptos de presión, flotabilidad, flujo de fluidos y calor con procesos biológicos concretos, evidenciando la unidad entre la física y la biología.
- Diseñar y ejecutar un experimento sencillo que permita evidenciar la respiración celular utilizando principios de la mecánica de fluidos.
-

• UNIDAD 1. MECÁNICA DE FLUIDOS

1. Conceptos básicos de los fluidos

Un fluido es cualquier sustancia capaz de fluir y adoptar la forma del recipiente que la contiene: los líquidos y los gases son fluidos. Dos magnitudes son indispensables para estudiarlos:

- Densidad (ρ): relación entre la masa y el volumen de una sustancia. $\rho = m / V$, expresada usualmente en kg/m^3 o g/cm^3 .
- Presión (P): fuerza ejercida perpendicularmente por unidad de área. $P = F / A$, expresada en pascales ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$).
- Presión hidrostática: la que ejerce un fluido en reposo debido a su propio peso, y que aumenta con la profundidad: $P = \rho g h$.

Ejemplo de la vida cotidiana: La represa y el buceador

Las presas de contención de agua se construyen mucho más gruesas en la base que en la parte superior, porque la presión hidrostática aumenta con la profundidad. Por la misma razón, un buceador siente una presión creciente en los oídos a medida que desciende: cada metro adicional de agua añade más peso sobre su cuerpo.

2. Principio de Pascal

El principio de Pascal establece que la presión aplicada a un fluido incompresible, contenido en un recipiente cerrado, se transmite sin disminución a todos los puntos del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene.



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



$$F_1 / A_1 = F_2 / A_2$$

Ejemplo de la vida cotidiana: El gato hidráulico y los frenos del carro

Cuando un mecánico levanta un automóvil con un gato hidráulico, aplica una fuerza pequeña sobre un pistón de área reducida; esa presión se transmite íntegramente, a través del aceite, hasta un pistón de mayor área, generando una fuerza mucho más grande capaz de levantar el vehículo. El mismo principio opera en los frenos hidráulicos: una presión suave del pie sobre el pedal se transmite por el líquido de frenos hasta las pastillas, generando la fuerza necesaria para detener el carro.

2.1 Ejemplo resuelto

Un gato hidráulico tiene un pistón pequeño de 5 cm² de área y un pistón grande de 250 cm² de área. Si se aplica una fuerza de 100 N sobre el pistón pequeño, ¿qué fuerza se puede levantar en el pistón grande?

- $F_1 / A_1 = F_2 / A_2$
- $F_2 = F_1 \times (A_2 / A_1) = 100 \text{ N} \times (250 \text{ cm}^2 / 5 \text{ cm}^2) = 5\,000 \text{ N}$

Con solo 100 N de fuerza aplicada, el sistema hidráulico permite levantar un peso equivalente a 5 000 N, es decir, cerca de 510 kg.



Conexión biofísica: La presión arterial: Pascal dentro de tu propio cuerpo

El sistema circulatorio humano es, en esencia, un sistema hidráulico cerrado. Cuando el corazón se contrae, genera una presión que se transmite a través de la sangre —un fluido prácticamente incompresible— hacia todas las arterias del cuerpo, tal como lo describe el principio de Pascal. Por eso el tensiómetro (esfigmomanómetro) puede medir la presión arterial en el brazo y esa medición refleja, de manera confiable, la presión que el corazón genera en todo el sistema. Un fenómeno análogo ocurre en las plantas: la presión de turgencia, generada por el agua dentro de la vacuola central de la célula vegetal, se transmite contra la pared celular y mantiene erguidos los tallos y las hojas; cuando una planta pierde agua, esa presión cae y la planta se marchita visiblemente.

Ejercicios propuestos 2 — Principio de Pascal

1. Una prensa hidráulica tiene un pistón de entrada de 8 cm^2 y uno de salida de 400 cm^2 . ¿Qué fuerza de entrada se necesita para levantar una carga de $6\,000 \text{ N}$?
2. En una silla de dentista, el pistón pequeño tiene un área de 4 cm^2 y el pistón grande, 120 cm^2 . Si se aplica una fuerza de 50 N sobre el pistón pequeño, calcula la fuerza que se genera en el pistón grande.
3. Explica, en tus propias palabras, por qué una persona con presión arterial elevada (hipertensión) representa un riesgo para las paredes de sus arterias, empleando el concepto de presión transmitida.

3. Principio de Arquímedes

El principio de Arquímedes establece que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del volumen de fluido desalojado por el cuerpo.

$$E = \rho_{\text{fluido}} \times V_{\text{desalojado}} \times g$$

Un cuerpo flota cuando el empuje que recibe es igual o mayor que su peso; se hunde cuando su peso supera al empuje máximo posible.

Ejemplo de la vida cotidiana: Barcos de acero y el Mar Muerto

El acero es mucho más denso que el agua y, sin embargo, un barco de acero flota, porque su forma hueca hace que desaloje un gran volumen de agua, generando un empuje suficiente para sostener su peso total. En el otro extremo, el agua del Mar Muerto tiene una densidad muy superior a la del agua común debido a su altísima concentración de sales, por lo que el empuje que genera es mucho mayor y las personas flotan en su superficie con una facilidad sorprendente, casi sin esfuerzo.



3.1 Ejemplo resuelto

Un cubo de madera de 10 cm de arista (volumen = $1\,000\text{ cm}^3 = 0,001\text{ m}^3$) tiene una densidad de 700 kg/m^3 . Determina qué fracción del cubo queda sumergida al flotar en agua (densidad del agua = $1\,000\text{ kg/m}^3$).

- Cuando un cuerpo flota en equilibrio, el empuje iguala exactamente su peso: $\rho_{\text{agua}} \times V_{\text{sumergido}} \times g = \rho_{\text{cuerpo}} \times V_{\text{total}} \times g$
- Fracción sumergida = $V_{\text{sumergido}} / V_{\text{total}} = \rho_{\text{cuerpo}} / \rho_{\text{agua}} = 700 / 1\,000 = 0,70$

Es decir, el 70 % del volumen del cubo queda bajo el agua y el 30 % restante sobresale por encima de la superficie.

Conexión biofísica: Cómo flotan los peces y por qué las cianobacterias suben a la superficie

Muchos peces poseen un órgano llamado vejiga natatoria, un saco lleno de gas cuyo volumen pueden regular para ajustar su densidad promedio y así flotar a la profundidad deseada sin gastar energía muscular en nadar constantemente hacia arriba o hacia abajo; es una aplicación viva y precisa del principio de Arquímedes. De manera similar, ciertas cianobacterias y algas poseen vesículas de gas que les permiten ajustar su flotabilidad para ubicarse en la profundidad exacta del agua donde la intensidad de luz es óptima para realizar la fotosíntesis, tema que retomaremos más adelante en esta guía.

Ejercicios propuestos 3 — Principio de Arquímedes

1. Un objeto de 2 kg y un volumen de $0,004\text{ m}^3$ se sumerge completamente en agua (densidad $1\,000\text{ kg/m}^3$). Calcula el empuje que recibe y determina si flota o se hunde.
2. Una balsa de icopor (poliestireno expandido) tiene una densidad de 50 kg/m^3 . Calcula qué fracción de su volumen queda sumergida al flotar en agua dulce.
3. Explica por qué es más fácil flotar en el mar (agua salada) que en una piscina de agua dulce, utilizando el principio de Arquímedes.

4. Ecuación de continuidad

Para un fluido incompresible que circula por una tubería o conducto, la ecuación de continuidad establece que el producto entre el área transversal del conducto y la velocidad del fluido permanece constante a lo largo de todo el recorrido.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Ejemplo de la vida cotidiana: La manguera de jardín

Al regar un jardín, si se tapa parcialmente la salida de la manguera con el dedo, el área disponible para el agua disminuye y el chorro sale disparado con mucha más velocidad y alcance. El caudal total de agua que sale por segundo no cambia, pero al reducirse el área de salida, la velocidad debe aumentar para compensar, tal como lo predice la ecuación de continuidad.

4.1 Ejemplo resuelto

El agua entra a una manguera de 2 cm^2 de área transversal con una velocidad de 1 m/s . Al llegar a la boquilla, el área se reduce a $0,5 \text{ cm}^2$. Calcula la velocidad de salida del agua.

- $A_1 v_1 = A_2 v_2$
- $v_2 = (A_1 v_1) / A_2 = (2 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ m/s}) / 0,5 \text{ cm}^2 = 4 \text{ m/s}$

La velocidad del agua se cuadruplica al reducirse el área a la cuarta parte.

Conexión biofísica: Por qué la sangre fluye lento justo donde más lo necesita

El sistema circulatorio es, quizás, el ejemplo más elegante de la ecuación de continuidad aplicada a un ser vivo. La sangre sale del corazón por la aorta a gran velocidad, pero a medida que las arterias se ramifican en arteriolas y finalmente en capilares, aunque cada capilar individual es diminuto, la suma de las áreas transversales de todos los millones de capilares del cuerpo es mucho mayor que el área de la aorta. Según la ecuación de continuidad, esto obliga a que la sangre circule muchísimo más lento en los capilares que en la aorta, lo cual no es un defecto, sino una necesidad fisiológica: ese flujo lento es justamente el que da tiempo suficiente para el intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y nutrientes entre la sangre y los tejidos. El mismo principio regula el transporte de savia en el xilema de las plantas, cuyo diámetro y ramificación determinan la velocidad con la que el agua asciende desde la raíz hasta las hojas.

Ejercicios propuestos 4 — Ecuación de continuidad

1. Por una tubería de 4 cm^2 de sección circula agua a 2 m/s . Si la tubería se estrecha hasta 1 cm^2 , calcula la nueva velocidad del agua.
2. La aorta de una persona tiene un área transversal aproximada de 3 cm^2 y la sangre circula por ella a 40 cm/s . Si el conjunto de todos los capilares del cuerpo suma un área transversal de $1\,800 \text{ cm}^2$, estima la velocidad promedio de la sangre en los capilares.
3. Explica, con tus propias palabras, por qué sería contraproducente para el cuerpo humano que la sangre circulara por los capilares a la misma velocidad con la que sale del corazón.



UNIDAD 2. CANTIDAD DE CALOR Y DILATACIÓN TÉRMICA

5. Cantidad de calor

La cantidad de calor (Q) es la energía que se transfiere entre dos cuerpos o sustancias debido a una diferencia de temperatura. Cuando el calor produce un cambio de temperatura sin cambio de estado, se calcula así:

$$Q = m c \Delta T$$

Donde m es la masa, c es el calor específico de la sustancia (la energía necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1 gramo de esa sustancia) y ΔT es el cambio de temperatura. Cuando el calor produce un cambio de estado (fusión, vaporización) sin cambio de temperatura, se emplea el calor latente:

$$Q = m L$$

Ejemplo de la vida cotidiana: Calentar una olla pequeña frente a una olla grande

Una olla con poca agua se calienta mucho más rápido que una olla llena, aunque ambas estén sobre la misma hornilla, porque la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura es directamente proporcional a la masa de agua presente. Por eso, si tienes prisa por hervir agua para una bebida caliente, conviene calentar solo la cantidad que realmente vas a usar.

5.1 Ejemplo resuelto

Calcula el calor necesario para elevar la temperatura de 2 kg de agua desde 20°C hasta 40°C (calor específico del agua: $c = 4\,186\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$).

- $\Delta T = 40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$
- $Q = m c \Delta T = 2\text{ kg} \times 4\,186\text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C} = 167\,440\text{ J} \approx 167,4\text{ kJ}$

5.2 Ejemplo resuelto: calor latente

El calor latente de vaporización del agua es de $2\,260\,000\text{ J/kg}$. Calcula la cantidad de calor que el cuerpo humano libera al evaporar 0,1 kg (100 mL) de sudor.

- $Q = m L = 0,1\text{ kg} \times 2\,260\,000\text{ J/kg} = 226\,000\text{ J} = 226\text{ KJ}$



Conexión biofísica: El sudor: un sistema de enfriamiento basado en el calor latente

El cuerpo humano es un organismo endotérmico que debe mantener su temperatura interna cerca de los 37 °C. Cuando esa temperatura tiende a subir, ya sea por el ejercicio físico o por el calor ambiental, el cuerpo produce sudor; al evaporarse sobre la piel, cada gramo de sudor absorbe una gran cantidad de calor latente directamente del cuerpo, enfriándolo de manera muy eficiente. Este es exactamente el mismo fenómeno físico que explica por qué salir de una piscina en un día ventoso produce una sensación de frío intensa: el agua sobre la piel se evapora rápidamente, extrayendo calor corporal. Los animales ectotermos, como los reptiles, no generan ni regulan calor metabólico de la misma manera, por lo que dependen del ambiente (el sol, la sombra) para regular su temperatura corporal.

Ejercicios propuestos 5 — Cantidad de calor

1. Calcula el calor necesario para elevar la temperatura de 500 g de agua desde 15 °C hasta 95 °C.
2. Se dispone de 1 kg de agua a 100 °C. Calcula el calor necesario para convertirla completamente en vapor (calor latente de vaporización: 2 260 000 J/kg).
3. Una persona que hace ejercicio intenso pierde 300 mL de sudor en una hora. Calcula la cantidad de calor que su cuerpo logra disipar mediante ese sudor (densidad del sudor ≈ 1 g/mL).
4. Explica por qué correr con ropa muy gruesa en un clima cálido puede ser peligroso, relacionándolo con el mecanismo del sudor y el calor latente.

6. Dilatación lineal, superficial y volumétrica

Cuando la temperatura de un material aumenta, sus partículas vibran con mayor amplitud y, en promedio, ocupan más espacio, lo que provoca que el material se expanda o dilate. Existen tres tipos de dilatación en los sólidos:

6.1 Dilatación lineal

Se refiere al cambio en una sola dimensión (longitud) de un cuerpo, como una varilla o un riel.

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

Donde L_0 es la longitud inicial, α es el coeficiente de dilatación lineal (propio de cada material) y ΔT es el cambio de temperatura.



Ejemplo de la vida cotidiana: Los rieles del tren y los puentes

Los rieles de las vías férreas se instalan dejando pequeños espacios entre secciones, y los puentes metálicos incorporan juntas de dilatación, precisamente porque el acero se expande de manera apreciable con el calor del verano y se contrae con el frío del invierno. Sin esos espacios de seguridad, los rieles se deformarían o los puentes sufrirían grietas y daños estructurales serios.

Ejemplo resuelto: un riel de acero de 10 m de longitud ($\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) se instala a $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcula cuánto se dilata en un día de verano en el que su temperatura llega a $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

- $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 10 \text{ }^\circ\text{C} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T = 10 \text{ m} \times 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 30 \text{ }^\circ\text{C} = 0,0036 \text{ m} = 3,6 \text{ mm}$

6.2 Dilatación superficial

Se refiere al cambio de área de una superficie o lámina al variar la temperatura.

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \quad (\beta \approx 2\alpha)$$

Ejemplo de la vida cotidiana: Las tapas metálicas de los frascos

Cuando una tapa metálica de un frasco de vidrio queda muy apretada, un truco casero eficaz es poner la tapa bajo agua caliente durante unos segundos: el metal se dilata superficialmente más rápido y en mayor proporción que el vidrio, lo que afloja la tapa y facilita abrirla.

6.3 Dilatación volumétrica

Se refiere al cambio de volumen de un cuerpo (sólido o líquido) al variar su temperatura.

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (\gamma \approx 3\alpha \text{ para sólidos})$$

Ejemplo resuelto: en un termómetro de mercurio, 1 cm^3 de mercurio ($\gamma = 1,8 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) se calienta desde $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) hasta $37 \text{ }^\circ\text{C}$ (temperatura corporal). Calcula la dilatación volumétrica del mercurio.

- $\Delta T = 37 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 17 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\Delta V = V_0 \gamma \Delta T = 1 \text{ cm}^3 \times 1,8 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 17 \text{ }^\circ\text{C} \approx 0,00306 \text{ cm}^3$

Aunque ese cambio de volumen es diminuto, el tubo capilar del termómetro es tan delgado que esa pequeña dilatación produce un desplazamiento visible de la columna de mercurio, suficiente para leer la temperatura con precisión.



Conexión biofísica: Instrumentos de medición y la piel enrojecida por el calor

El principio de dilatación volumétrica de los líquidos es, precisamente, el que permite construir termómetros clínicos y de laboratorio empleados constantemente en biología para medir la temperatura corporal de organismos o de cultivos celulares. Es importante distinguir este fenómeno físico de otro, de naturaleza fisiológica, que recibe un nombre parecido: la vasodilatación sanguínea. Cuando el cuerpo necesita liberar calor, los vasos sanguíneos cercanos a la piel se ensanchan (se dilatan) por acción de señales nerviosas y hormonales, permitiendo que más sangre caliente circule cerca de la superficie y libere calor al ambiente; esto explica por qué la piel se enrojece con el calor o el ejercicio. No es el mismo mecanismo físico que la dilatación térmica de un sólido, pero comparte la misma idea intuitiva: un aumento de volumen que favorece la pérdida de calor.

Ejercicios propuestos 6 — Dilatación térmica

1. Un cable de cobre ($\alpha = 17 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) tiene una longitud de 20 m a $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula su longitud cuando la temperatura sube a $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Una lámina de acero ($\beta \approx 24 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) tiene un área de 2 m^2 a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula el cambio de área cuando la temperatura sube a $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Un tanque de gasolina de 60 L ($\gamma = 9,5 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ aproximadamente) se llena por completo en la madrugada a $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula cuánto se dilataría el volumen de la gasolina si la temperatura del tanque sube a $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el día, y explica por qué no conviene llenar el tanque completamente en climas muy calurosos.
4. Explica, usando el concepto de dilatación, por qué los puentes largos tienen juntas de expansión, mientras que una pequeña repisa de madera dentro de una casa no las necesita.

UNIDAD 3. TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA EN LOS SERES VIVOS

7. Organelos que transforman la energía: mitocondrias y cloroplastos

Todo ser vivo es, desde el punto de vista de la física, un sistema termodinámico abierto que capta, transforma, almacena y libera energía de manera continua, cumpliendo siempre la ley de conservación de la energía que ya estudiamos en la unidad anterior al calcular cantidades de calor. Dentro de las células, dos organelos se especializan en esta tarea:



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



7.1 La mitocondria

La mitocondria es un organelo de doble membrana presente en las células eucariotas; su membrana interna se pliega formando las crestas mitocondriales, que aumentan la superficie disponible para las reacciones. En su interior ocurre la mayor parte de la respiración celular, proceso mediante el cual la energía química de los nutrientes se transforma en ATP, la molécula que la célula usa como "moneda energética".

7.2 El cloroplasto

El cloroplasto es un organelo característico de las células vegetales y de algunas algas, también con doble membrana. En su interior se encuentran los tilacoides, estructuras en forma de sacos apilados en pilas llamadas grana, rodeados por un líquido llamado estroma. En los tilacoides se captura la energía de la luz solar, y en el estroma se fabrica glucosa a partir de dióxido de carbono, en el proceso conocido como fotosíntesis.

Conexión biofísica: La mitocondria: una turbina hidráulica microscópica

Este es, quizás, el ejemplo más hermoso de toda la biofísica celular. En la membrana interna de la mitocondria, la energía liberada por los nutrientes se emplea para bombear protones (iones H^+) desde la matriz mitocondrial hacia el espacio situado entre las dos membranas, en contra de su gradiente de concentración. Esto genera una acumulación de protones, es decir, una especie de "presión" de protones almacenada, de forma completamente análoga a como el agua se acumula detrás de un embalse en una represa hidroeléctrica. Cuando esos protones finalmente fluyen de regreso hacia la matriz a través de un canal proteico llamado ATP sintasa, hacen girar literalmente una parte de esta enzima, como si fuera la turbina de una represa, y ese giro mecánico se aprovecha para unir ADP con fosfato y producir ATP. A este mecanismo se le conoce como quimiósmosis, y fue descrito por Peter Mitchell, ganador del Premio Nobel de Química en 1978. Nótese cómo aquí conviven, en una sola estructura de apenas unos micrómetros, el concepto de gradiente de presión (relacionado con el principio de Pascal) y el flujo de un fluido a través de un conducto estrecho (relacionado con la ecuación de continuidad). El cloroplasto realiza un proceso de quimiósmosis prácticamente idéntico en la membrana del tilacoide, con la diferencia de que la energía que bombea los protones proviene directamente de la luz solar y no de los nutrientes.



8. Mecanismos básicos de liberación y almacenamiento de energía

La célula no libera de golpe toda la energía química de la glucosa, sino que la transfiere en pequeños paquetes manejables mediante el trifosfato de adenosina, o ATP. Cuando el ATP pierde uno de sus grupos fosfato y se convierte en ADP (difosfato de adenosina), libera energía utilizable de inmediato para el trabajo celular (contracción muscular, transporte activo, síntesis de moléculas, entre otros). Esa energía puede volver a almacenarse regenerando ATP a partir de ADP, en un ciclo constante.

Ejemplo de la vida cotidiana: El ATP como una batería recargable

El ciclo ATP-ADP funciona de forma parecida a una batería recargable de un teléfono celular: la batería (ATP) se "descarga" liberando energía cuando el teléfono está en uso (ADP + fosfato), y luego se "recarga" conectándola a la corriente eléctrica (respiración celular o fotosíntesis), quedando lista para un nuevo ciclo. Ninguna célula almacena grandes cantidades de ATP; en cambio, lo recicla constantemente, miles de veces por segundo en las células más activas.

Para el almacenamiento de energía a mediano y largo plazo, los seres vivos no usan ATP sino moléculas más estables y compactas: los animales almacenan glucógeno en el hígado y los músculos, y grasas (lípidos) en el tejido adiposo; las plantas almacenan almidón en raíces, tallos y semillas.

Ejercicios propuestos 8 — Liberación y almacenamiento de energía

1. Explica, con tus propias palabras, por qué sería ineficiente para una célula almacenar toda su energía en forma de ATP en lugar de usar moléculas como el glucógeno o los lípidos.
2. Un deportista de resistencia (maratonista) tiende a tener mayores reservas de glucógeno muscular que una persona sedentaria. Explica por qué esto representa una ventaja energética durante una carrera larga.
3. Relaciona el ciclo ATP-ADP con el concepto de energía química estudiado en la mecánica de fluidos: ¿en qué se parece la liberación de energía del ATP al descenso de agua desde un embalse elevado hacia una zona más baja?

9. Respiración celular y fermentación

9.1 Respiración celular aeróbica

La respiración celular es el conjunto de reacciones mediante las cuales la célula oxida la glucosa en presencia de oxígeno para liberar energía almacenada en forma de ATP. Ocurre en tres etapas principales:



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



la glucólisis (en el citoplasma), el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones (ambas en la mitocondria). La ecuación global de la respiración celular es:



9.2 Fermentación

Cuando no hay suficiente oxígeno disponible, algunas células recurren a la fermentación, un proceso anaeróbico mucho menos eficiente energéticamente, pero que permite seguir generando algo de ATP. Existen dos tipos principales:

- Fermentación láctica: ocurre en las células musculares humanas durante el ejercicio intenso y en bacterias empleadas para producir yogur y queso; produce ácido láctico.
- Fermentación alcohólica: ocurre en levaduras (hongos unicelulares) empleadas en la elaboración de pan, cerveza y vino; produce etanol y dióxido de carbono.



Ejemplo de la vida cotidiana: El ardor muscular y el pan que sube

Cuando se realiza un ejercicio físico muy intenso, como un sprint, los músculos requieren energía más rápido de lo que la respiración aeróbica puede suministrarla, por lo que recurren a la fermentación láctica; la acumulación de ácido láctico está relacionada con la sensación de ardor y fatiga muscular. En la cocina, cuando se prepara pan, la levadura añadida a la masa realiza fermentación alcohólica, liberando burbujas de dióxido de carbono que quedan atrapadas en la masa y la hacen crecer; el característico olor y sabor del pan recién horneado se debe, en parte, a los compuestos producidos durante esta fermentación.

Conexión biofísica: La respiración celular como fuente de calor corporal

Retomando la Unidad 2, la respiración celular nunca transforma el cien por ciento de la energía de la glucosa en ATP: una parte considerable, cercana al 60 %, se libera inevitablemente en forma de calor, tal como ocurre en cualquier proceso real de transformación de energía. Ese calor metabólico es, precisamente, el que mantiene la temperatura corporal de los organismos endotermos como los seres humanos, y explica por qué la temperatura del cuerpo aumenta durante el ejercicio: al contraerse con más fuerza y frecuencia, los músculos incrementan notablemente su tasa de respiración celular, liberando más calor por unidad de tiempo del que el cuerpo puede disipar únicamente por sudoración, lo que en definitiva puede llevar a un golpe de calor si el ejercicio es excesivo en climas cálidos. Este mismo principio permite calcular calorimétricamente el contenido energético de los alimentos: al quemarlos por completo dentro de un calorímetro, se mide el calor liberado y se determina su valor en kilocalorías, aplicando exactamente la ecuación $Q = m c \Delta T$ sobre el agua que rodea la cámara de combustión.

Ejercicios propuestos 9 — Respiración celular y fermentación

1. Explica por qué la respiración celular aeróbica produce mucho más ATP que la fermentación a partir de la misma cantidad de glucosa.
2. Un corredor de maratón mantiene un ritmo moderado durante toda la carrera, mientras que un velocista realiza un esfuerzo máximo en pocos segundos. ¿Cuál de los dos depende más de la fermentación láctica? Justifica tu respuesta.
3. Investiga y explica por qué el yogur se produce dejando actuar bacterias sobre la leche, relacionándolo con el tipo de fermentación correspondiente.
4. Si una porción de alimento libera 200 kcal (836 000 J) al quemarse por completo en un calorímetro que contiene 2 kg de agua, calcula en cuántos grados Celsius se elevaría la temperatura de esa agua (usa $c = 4\,186 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C}$).



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



10. Fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas, las algas y algunas bacterias capturan la energía de la luz solar y la transforman en energía química almacenada en moléculas de glucosa. Ocurre en el cloroplasto en dos grandes etapas: las reacciones dependientes de la luz (en los tilacoides), donde se captura la energía luminosa y se produce ATP y NADPH mediante quimiósmosis, y el ciclo de Calvin (en el estroma), donde esa energía se utiliza para fijar dióxido de carbono y construir glucosa. La ecuación global es:



Obsérvese que esta ecuación es, en esencia, la reacción inversa de la respiración celular estudiada en la sección anterior: mientras la respiración libera la energía almacenada en la glucosa, la fotosíntesis la almacena. Juntas conforman un ciclo energético y de materia que sostiene prácticamente toda la vida en la Tierra.



Ejemplo de la vida cotidiana: Las burbujas en una planta acuática y las plantas que buscan la luz

Si se coloca una rama de una planta acuática, como la Elodea, bajo agua e iluminada con una luz intensa, pronto se observan pequeñas burbujas que escapan de sus hojas: es el oxígeno producido como subproducto de la fotosíntesis. Este sencillo experimento, que retomaremos más adelante, permite visualizar directamente la actividad fotosintética. Por otro lado, las plantas de interior que se inclinan progresivamente hacia la ventana están respondiendo a la necesidad de captar más luz solar para maximizar su fotosíntesis, un fenómeno llamado fototropismo.

Conexión biofísica: Doble conexión: quimiósmosis y flotabilidad en el mundo fotosintético

El cloroplasto emplea el mismo principio de "turbina hidráulica molecular" descrito para la mitocondria: la energía luminosa bombea protones hacia el interior del tilacoide, generando una acumulación (una especie de presión) que, al liberarse a través de la ATP sintasa, genera ATP. Además, recordando el principio de Arquímedes estudiado en la Unidad 1, muchas cianobacterias y microalgas fotosintéticas regulan vesículas internas de gas para ajustar su densidad y flotar exactamente a la profundidad del agua donde la luz solar es suficiente para fotosintetizar, sin hundirse hacia la oscuridad ni flotar hacia una radiación solar excesiva que podría dañarlas. Estos organismos resuelven, de manera evolutiva, un problema que un ingeniero de submarinos reconocería de inmediato: cómo controlar la flotabilidad para mantenerse en una profundidad óptima.

Ejercicios propuestos 10 — Fotosíntesis

1. Compara la ecuación general de la fotosíntesis con la de la respiración celular y explica su relación de complementariedad.
2. Explica por qué las plantas, a pesar de realizar fotosíntesis, también necesitan respirar celularmente todo el tiempo, incluso de noche.
3. Relaciona el fenómeno de flotabilidad de las cianobacterias fotosintéticas con el principio de Arquímedes estudiado en la Unidad 1.
4. Diseña, en un párrafo breve, una manera de comprobar experimentalmente que una planta acuática libera oxígeno durante la fotosíntesis (puedes basarte en el ejemplo cotidiano descrito arriba).



YERMO Y PARRES
INSTITUCIÓN EDUCATIVA



PRÁCTICA DE LABORATORIO

Respirómetro casero: evidenciando la respiración celular mediante el principio de Pascal

Objetivos

- Comprobar experimentalmente que las semillas en germinación realizan respiración celular, consumiendo oxígeno.
- Aplicar el principio de Pascal para explicar cómo un cambio de presión dentro de un recipiente cerrado se transmite a través de un fluido.
- Comparar la tasa respiratoria de semillas germinadas frente a semillas secas (sin germinar), mediante un montaje experimental sencillo.

Marco teórico

Las semillas en proceso de germinación tienen un metabolismo muy activo y realizan respiración celular, consumiendo oxígeno (O_2) y liberando dióxido de carbono (CO_2) en cantidades similares. Si dentro de un recipiente cerrado se coloca una sustancia que absorba selectivamente el CO_2 liberado (como el hidróxido de sodio, NaOH), el volumen total de gas dentro del recipiente disminuirá a medida que las semillas consuman O_2 , puesto que el CO_2 que producen queda inmediatamente atrapado. Esa disminución de presión interna se transmite, según el principio de Pascal, a través de una columna de agua conectada al recipiente mediante un tubo, haciendo que el agua ascienda hacia el interior del sistema. La distancia que recorre el agua en un tiempo determinado permite estimar, de manera indirecta, la tasa de respiración celular de las semillas.



Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos y muestras biológicas
3 frascos de vidrio pequeños con tapa hermética perforada	Semillas de frijol o lenteja previamente remojadas 24-48 h (germinando)
3 pitillos o tubos de plástico transparente y delgado	La misma cantidad de semillas secas, sin remojar (control)
Plastilina o silicona para sellar	Hidróxido de sodio (NaOH) en lentejas, o cal sodada
Vaso de precipitados o recipiente para el agua coloreada	Agua con unas gotas de colorante vegetal
Algodón	
Regla o cinta métrica	
Cronómetro	
Marcador para vidrio	
Gafas y guantes de seguridad	

Para tener en cuenta: Precaución con el hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio es corrosivo. Debe manipularse siempre con guantes y bajo la supervisión del docente, evitando el contacto directo con la piel y los ojos. Nunca debe tocarse directamente con las manos ni acercarse a las semillas: debe envolverse en un poco de algodón dentro del frasco.

Procedimiento

1. Rotula los tres frascos como A (semillas germinadas), B (semillas secas, control) y C (frasco vacío, control adicional sin material biológico).
2. En el frasco A, coloca un pequeño trozo de algodón con una pequeña cantidad de hidróxido de sodio en el fondo, sin que toque las semillas, y encima añade una cantidad de semillas germinadas (por ejemplo, 15 semillas).
3. Repite el mismo montaje en el frasco B, pero con la misma cantidad de semillas secas sin germinar.



4. En el frasco C, coloca únicamente el algodón con hidróxido de sodio, sin ningún tipo de semilla.
5. Cierra herméticamente cada frasco con su tapa perforada, insertando en el orificio un tubo transparente y sellando cualquier fuga con plastilina.
6. Sumerge el extremo libre de cada tubo en un recipiente con agua coloreada, de modo que quede una pequeña columna de agua visible dentro del tubo transparente.
7. Marca con el marcador la posición inicial del nivel de agua dentro de cada tubo y pon en marcha el cronómetro.
8. Cada 10 minutos, durante un periodo total de 40 a 60 minutos, mide y registra cuánto ha ascendido el agua dentro de cada tubo, en centímetros.
9. Al finalizar, organiza los datos en la tabla de resultados y elabora una gráfica de distancia recorrida por el agua frente al tiempo, para cada uno de los tres frascos.

Tabla de resultados

Tiempo (min)	Ascenso de agua – Frasco A (semillas germinadas) (cm)	Ascenso de agua – Frasco B (semillas secas) (cm)	Ascenso de agua – Frasco C (control vacío) (cm)
0	0	0	0
10			
20			
30			
40			

Cálculos y análisis que debe presentar el estudiante

1. Elabora una gráfica de ascenso del agua (cm) frente al tiempo (min) para los tres frascos, y compáralas.
2. Explica, aplicando el principio de Pascal, por qué el descenso de presión dentro del frasco se traduce en un ascenso del agua dentro del tubo conectado.
3. Compara la tasa de ascenso de agua entre el frasco A y el frasco B, y explica la diferencia en términos de la actividad de respiración celular de cada tipo de semilla.
4. Explica cuál es la función específica del frasco C (control vacío) dentro del diseño experimental.

Preguntas de análisis

1. ¿Por qué es indispensable que el hidróxido de sodio no entre en contacto directo con las semillas?
2. Si se repitiera el experimento colocando los frascos en un lugar frío (por ejemplo, un refrigerador), ¿qué cambio esperarías observar en la velocidad de ascenso del agua? Justifica tu respuesta relacionando la temperatura con la tasa de respiración celular.
3. ¿Este experimento permite diferenciar entre respiración aeróbica y fermentación? Justifica tu respuesta.
4. Propón una modificación al experimento que permita comparar la tasa respiratoria de dos especies distintas de semillas.

Bibliografía y referencias sugeridas

- Serway, R. y Jewett, J. (2015). Física para ciencias e ingeniería. Cengage Learning.
- Tipler, P. y Mosca, G. (2010). Física para la ciencia y la tecnología. Editorial Reverté.
- Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A. y Massarini, A. (2008). Biología. Editorial Médica Panamericana.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). Biología. Editorial Médica Panamericana.
- Alberts, B. et al. (2015). Biología molecular de la célula. Editorial Omega.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales.