



**OLIMPIADA ARGENTINA DE
CIENCIAS JUNIOR**

10 DE AGOSTO 2022

**INSTANCIA
INTERCOLEGIAL**

EXPERIMENTAL NIVEL 2

**CLAVE DE
CORRECCIÓN**

Examen Experimental

Duración: 3 horas

Total de puntos: 40

NORMAS DE EXAMEN

Las experiencias requieren ser resueltas en orden según la numeración propuesta.

1. El tiempo disponible es de 3 horas.
2. Usen solamente la papelería y el material proporcionado.
3. Escriban sus nombres y apellidos, el nombre de su escuela y sus firmas en el lugar correspondiente.
4. Los competidores no deben ingresar ningún elemento que no esté permitido por el organizador regional, salvo sus medicinas o cualquier equipo médico personal.
5. Cada competidor debe sentarse en el sitio designado para él.
6. Antes de comenzar el examen, cada competidor tiene que verificar sus útiles y herramientas (lápiz, lapicera, goma, calculadora) provistas por el organizador.
7. Cada competidor debe verificar que posee una copia completa de la prueba formada por **15 páginas**. Levante la mano si no es así. Comience cuando suene la señal.
8. Durante el examen los competidores no están autorizados a salir del aula.
9. Si un competidor necesita salir con destino hacia los sanitarios, debe levantar la mano para ser autorizado por un monitor.
10. Los competidores no pueden comunicarse con otros equipos de competidores ni generar disturbios. Solamente pueden comunicarse con suavidad (voz baja) con los integrantes de su equipo de trabajo. Si necesita asistencia levante la mano y será ayudado por un supervisor.
11. No se responderán preguntas sobre el examen. Todos los competidores deben permanecer en sus asientos hasta que finalice el tiempo del examen. No se permite salir de la sala antes de tiempo.
12. Al finalizar el tiempo sonará una señal. A partir de ese momento está prohibido escribir cualquier cosa en la hoja de respuestas. Dejen la hoja de respuestas sobre su escritorio.

ADELANTE, MUCHA SUERTE, DISFRUTEN DE ESTE MOMENTO

EXPERIENCIA 1: LOS LÍPIDOS

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por Carbono e Hidrógeno y generalmente también Oxígeno; pero en porcentajes mucho más bajos. Además pueden contener también Fósforo, Nitrógeno y Azufre entre otros elementos. Es un grupo de sustancias muy heterogéneas entre las que se encuentran las grasas, los aceites, las ceras y el colesterol, son insolubles en agua y solubles en solventes no polares como el benceno.

Los lípidos desempeñan un papel fundamental como reserva energética en las células y organismos, y también como componentes de la estructura de las membranas. Por ejemplo los esteroides y terpenos dan lugar a una enorme variedad de biomoléculas activas, como hormonas y vitaminas, también aceites esenciales que dan su olor característico a muchos frutos.

Cuando se frota un alimento con altos contenidos de lípidos, estos dejan una mancha translúcida sobre la superficie del papel, la cual no se va con la acción del calor. Mientras mayor sea el contenido de lípidos de una sustancia, más translúcida será la mancha que los lípidos dejan en el papel.

Objetivos:

- Comparar el contenido de lípidos de cuatro tipos de semillas.
- Verificar si existe relación entre el contenido lipídico de las semillas con su capacidad de incinerarse.

Materiales

- Recipiente con Nueces peladas, 10 g
- Recipiente con Pistachos pelados, 10 g
- Recipiente con Almendras peladas, 10 g
- Recipiente con Semillas de girasol peladas, 10 g
- Agua destilada, 500 mL
- Alcohol medicinal (etanol), 100 mL
- Trozo de papel de 7 cm x 7 cm, 4
- Mortero, 1
- Lata alta, 4
- Lata baja, 4
- Plato, 4

- Jeringa de 50 mL, 1
- Pipeta Pasteur o gotero, 1
- Termómetro, 1
- Pinza de madera, 1
- Fósforos, 1 caja
- Servilletas de papel, 10
- Marcador indeleble, 1
- Triángulo de alambre, 4
- Cucharita tamaño té, 4
- Plato de madera o tabla, 4
- Moneda, 4
- Hoja de papel, 1.

Parte A: Las semillas, un ser vivo con almacenamiento.

*Las semillas constituyen una de las innovaciones más importantes de las plantas vasculares que surgieron durante el curso de la evolución. Cuando se examina una semilla, o sea un óvulo generalmente fecundado, se ve que tiene una serie de tegumentos o capas que la protegen, así como una gran cantidad de nutrientes almacenados, que suministran alimento a la nueva plántula que surge cuando la semilla germina. La composición química de las semillas es variable. Las semillas se pueden dividir en función del tipo de material que almacena. En algunas son principalmente los glúcidos, como el maíz (Zea mays) y la arveja (Pisum sativum) Y en otras son los lípidos o grasas, como el pistacho (Pistacia vera), el girasol (Helianthus annuus), la almendra (Prunus dulcis) y la nuez (Juglans regia). Las que poseen elevada cantidad de lípidos o aceites son conocidas como semillas **oleaginosas**.*

Procedimiento

1. Tomen los 4 platos y rotúlenlos, cada uno, de la siguiente manera: "N", "P", "A" y "G".
2. Tomen uno de los trozos de papel y rotúlenlo como "Nuez".
3. Tomen uno de los trozos de papel y rotúlenlo como "Pistacho".
4. Tomen uno de los trozos de papel y rotúlenlo como "Almendra".
5. Tomen uno de los trozos de papel y rotúlenlo como "Girasol".

6. Tomen las nueces y con la ayuda del mortero macháquenlas, coloquen la pasta obtenida en el plato rotulado como N.
7. Laven y sequen el mortero. Pueden ayudarse con las servilletas.
8. Tomen los pistachos y con la ayuda del mortero macháquenlos, coloquen la pasta obtenida en el plato rotulado como P.
9. Laven y sequen el mortero. Pueden ayudarse con las servilletas.
10. Tomen las almendras y con la ayuda del mortero macháquenlas, coloquen la pasta obtenida en el plato rotulado como A.
11. Laven y sequen el mortero. Pueden ayudarse con las servilletas.
12. Tomen las semillas de girasol y con la ayuda del mortero macháquenlas, coloquen la pasta obtenida en el plato rotulado como G.
13. Tomen media cucharadita de la pasta de nuez y frótenla sobre el trozo de papel rotulado como “Nuez” durante 8 segundos, luego limpien bien el papel, devolviendo todos los restos sólidos de pasta al plato correspondiente. Reserven el resto de la pasta.
14. Tomen media cucharadita de la pasta de pistachos y frótenla sobre el trozo de papel rotulado como “Pistacho” durante 8 segundos, luego limpien bien el papel devolviendo todos los restos sólidos de pasta al plato correspondiente. . Reserven el resto de la pasta.
15. Tomen media cucharadita de la pasta de almendra y frótenla sobre el trozo de papel rotulado como “Almendra” durante 8 segundos, luego limpien bien el papel devolviendo todos los restos sólidos de pasta al plato correspondiente. Reserven el resto de la pasta.
16. Tomen media cucharadita de la pasta de semillas de girasol y frótenla sobre el trozo de papel rotulado como “Girasol” durante 8 segundos, luego limpien bien el papel devolviendo todos los restos sólidos de pasta al plato correspondiente. Reserven el resto de la pasta.
17. Dejen reposar los papeles y comiencen con la parte B. Luego retomen la parte que sigue de esta experiencia

Terminada la parte B, continuar desde aquí.

18. Una vez terminada la parte B, tomen la hoja de papel y ubíquenla sobre la mesada.
19. Luego tomen las 4 monedas y colóquenlas sobre la hoja de papel separadas a 10 cm una de otra aproximadamente.
20. Coloquen sobre una moneda el papel indicado como Nuez, repitan el procedimiento con el resto de los papeles y las monedas. Observen detenidamente cada papel, sobre cada moneda.

21. Completen la **Tabla 1** ordenando las semillas de mayor a menor grado de transparencia observado en sus respectivos papeles:

Semillas
Nuez
Almendra
Girasol
Pistacho

Tabla 1

4 X 0,5 = 2 puntos

¡CUIDADO! Tengan especial atención porque en la parte B se trabajarán con fuego, algunas indicaciones para trabajar con fuego:

- **NO LO SOPLEN NI AÑADAN ALCOHOL MIENTRAS ESTÉ ARDIENDO, simplemente déjenlo extinguirse.**
- **Si por algún motivo desean apagar el fuego, pidan ayuda a un tutor para que lo sofoque.**
- **No dejen desatendido el fuego mientras arde. Turnensé para controlarlo. Por ejemplo: si deben hacer anotaciones, un integrante anota mientras el otro mira que el fuego esté controlado.**
- **Si necesitan ayuda de un/a tutor/a no duden en pedirla.**

Parte B: Los lípidos, biomoléculas capaces de reservar energía

1. Coloquen la pasta de nueces (plato N) reservada en la experiencia A en una de las latas bajas, tratando de cubrir toda la superficie de la lata, utilicen una cuchara. Rotulen la lata como "Nuez".
2. Coloquen la pasta de pistachos (plato P) reservada en la experiencia A en una de las latas bajas, tratando de cubrir toda la superficie de la lata, utilicen una cuchara limpia. Rotulen la lata como "Pistacho".
3. Coloquen la pasta de almendras reservada (plato A) en la experiencia A en una de las latas bajas, tratando de cubrir toda la superficie de la lata, utilicen una cuchara limpia. Rotulen la lata como "Almendra".

4. Coloquen la pasta de semillas de girasol (plato G) reservada en la experiencia A en una de las latas bajas, tratando de cubrir toda la superficie de la lata, utilicen una cuchara limpia. Rotulen la lata como “Girasol”.
5. Etiqueten las 4 latas altas de la siguiente manera: “Nuez”, “Pistacho”, “Almendra” y “Girasol”.
6. Usando la jeringa para medir, coloquen 50 mL de agua destilada en cada una de las latas altas.
7. Midan la temperatura inicial del agua en cada una de las latas altas. Regístrenlas en la columna *Temperatura inicial* de la **Tabla 2**.
8. Coloquen cada una de las latas que contienen las pastas de semillas sobre los platos o tablas de madera para evitar dañar la mesada de trabajo. En una zona que esté estable.
9. Haciendo uso de la pipeta Pasteur, añadan a cada una de las latas grandes 20 gotas de etanol distribuyendo por la totalidad de la superficie, de modo que cada pasta de fruto seco quede humedecida con el líquido.
10. Armen un dispositivo como el que se muestra en la **Figura 1** para cada fruto seco. Coloquen sobre la lata baja el triángulo y sobre el mismo la lata alta.



Figura 1. Dispositivo a armar para la experiencia.

11. Revisen que las latas que tengan la misma etiqueta (por ejemplo: la lata pequeña etiquetada como “Nuez” debe ir con la lata grande etiquetada como “Nuez”).
12. Con mucho cuidado, usen un fósforo para encender los frutos secos contenidos en las latas bajas. Procuren encender todas las muestras de manera sucesiva para poder comparar resultados.

CUIDADO: Recuerden **NO TOCAR** las latas, pues están a altas temperatura.

13. Una vez encendidas las 4 muestras, observen lo que sucede con sus llamas y tomen notas para poder resolver las actividades.
14. Dejen arder las 4 muestras hasta que se extinga el fuego. A medida que se vaya apagando el fuego en las distintas muestras, midan la temperatura del agua y completen las columnas *Temperatura final* y ΔT de la **Tabla 2**.
15. Asegúrense que todos los fuegos estén bien apagados y completen las actividades.

	$T_{\text{Inicial}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{Final}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
Nueces			
Pistacho			
Almendras			
Girasol			

Tabla 2

Respuestas

En cada semilla el $T_{\text{Final}} (^{\circ}\text{C})$ debe ser mayor al $T_{\text{Inicial}} (^{\circ}\text{C})$.

Y cada $\Delta T (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{Final}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{Inicial}} (^{\circ}\text{C})$.

6 Puntos

En cada semilla el $T_{\text{Final}} (^{\circ}\text{C})$ debe ser mayor al $T_{\text{Inicial}} (^{\circ}\text{C})$. = 0,5 p x 4 = 2 p

Y cada $\Delta T (^{\circ}\text{C}) = T_{\text{Final}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{Inicial}} (^{\circ}\text{C})$. = 1 p x 4 = 4 p

Actividades

1. ¿Cuál de las muestras generó un mayor $\Delta T (^{\circ}\text{C})$? Marquen con una cruz la respuesta correcta:
 - a. Nueces.
 - b. Almendras.
 - c. Pistachos pelados.
 - d. Semillas de girasol.

1,5 puntos

2. Indiquen si las siguientes afirmaciones son V o F:

Afirmación	V o F
Los lípidos son biomoléculas cuya unidad estructural son los aminoácidos.	F
Los ácidos grasos saturados son aquellos que únicamente presentan enlaces carbono-carbono simples.	V
Triglicéridos, colesterol y glucosa son ejemplos de lípidos.	F
Las moléculas de lípidos tienen un carbono alfa que se encuentra unido a un grupo amino (-NH ₂), un grupo ácido (-COOH) y una cadena carbonada (-R) que puede variar según el tipo de lípido.	F
Los lípidos son moléculas hidrofóbicas. Esto quiere decir que no son afines al agua.	V

5 X 1 = 5 puntos

3. Interpretando el *Gráfico 1*, seleccionen la opción correcta de cada par de palabras en negritas para que el siguiente párrafo sea verdadero:

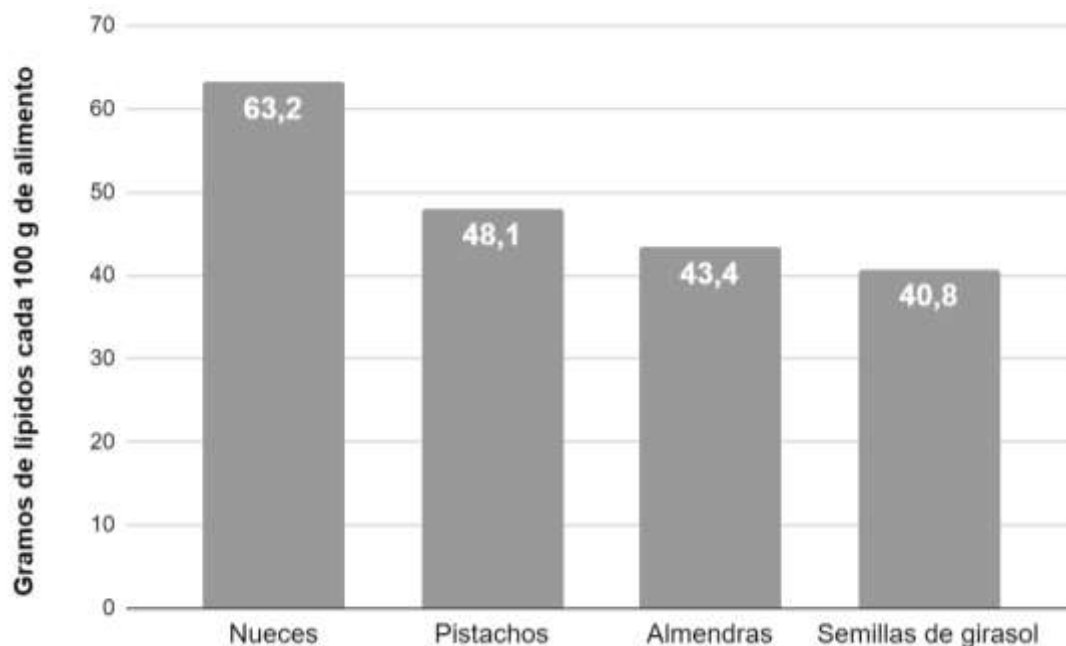


Gráfico 1. Gramos de lípidos cada 100 g de alimento que contiene cada fruto seco¹.

¹ Gráfico elaborado a partir de información extraída de la Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA).

La biomolécula predominante en los frutos secos son **los lípidos/las proteínas**. Por ejemplo, 100 **gramos/mililitros** de pistachos tienen 48,1 gramos de lípidos.

En la experiencia utilizamos 10 g de cada fruto seco, por lo tanto la pasta de nueces utilizada contiene un total de **63,2/6,32** g de lípidos. Dicha muestra fue la que **más/menos** ardió en la parte B de la experiencia. A su vez, el Gráfico 1 indica que las nueces son el fruto seco analizado que **más/menos** grasas posee. Esto podría indicar una posible relación entre el contenido lipídico y la capacidad de arder de los frutos secos.

5 X 1 = 5 puntos

RECORDATORIO: Continuar con el ítem 18 de la parte A.

EXPERIENCIA 2: CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

En muchos fenómenos de la naturaleza, existe un principio físico que sostiene que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Eso puede verse en una multitud de ejemplos cotidianos, como en el caso de una persona que para poder desarrollarse necesita alimentarse. Detrás de esos fenómenos, el principio de la conservación de la energía está siempre presente.

*¿Qué significa que se conserve? A fines prácticos, significa que hay una cantidad de energía fija (denominada **energía mecánica**) que mantiene su mismo valor numérico en el tiempo. Vale aclarar que esto último será cierto siempre que no haya energías disipadas (en forma de calor o deformación de materiales).*

*Ahora bien, en el caso más general, las transformaciones de energía se dan típicamente cuando un objeto cambia su **velocidad** y su **altura**. Esto repercute en dos tipos de energía, denominados **cinética** y **potencial gravitatoria**, respectivamente. Por lo tanto, si no hay disipación en forma de calor o deformaciones, un objeto podrá variar sus energías cinética y potencial cumpliendo siempre el concepto de la conservación de la energía mecánica.*

Estas ideas pueden expresarse en forma de ecuaciones. Dado un cuerpo de masa m y con velocidad v , su energía cinética E_c será:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Para el mismo cuerpo, situado a una altura h respecto del piso, su energía potencial gravitatoria E_p será:

$$E_p = mgh$$

Podemos definir entonces la energía mecánica E_m como:

$$E_m = E_c + E_p$$

O, lo que es lo mismo:

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Esto tiene una gran utilidad, ya que al ser E_m un valor numérico constante, podemos analizar diferentes momentos en que el fenómeno a estudiar ocurre, porque no importa cómo cambian las energías cinética y potencial, siempre deben sumar un mismo valor dado por la energía mecánica. Tomemos como ejemplo el caso del péndulo ideal, mientras éste oscila, sus valores de energía cinética y potencial varían, pero la suma total de ambas (energía mecánica) da siempre el mismo valor.

En este experimento vamos a analizar la conservación de la energía construyendo un péndulo balístico, como el que se muestra en la **Figura 2**.

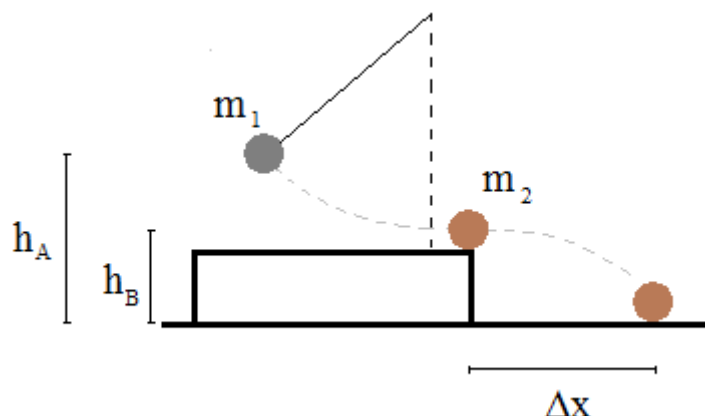


Figura 2. Péndulo balístico

Al chocar la masa del péndulo m_1 con la masa inicialmente en reposo m_2 , se puede estimar la distancia horizontal Δx que recorre m_2 en función de la altura inicial de la masa m_1 como:

$$\Delta x = 2 \cdot (m_1/m_2) \cdot \sqrt{h_B \cdot (h_A - h_B)} \quad \text{Ecuación 1}$$

(El desarrollo con el que se obtiene la ecuación 1 se encuentra en el Anexo al final del examen).

Objetivos:

- Determinar experimentalmente el alcance horizontal de una bolita y contrastarlo con el valor predicho por la teoría.
- Comprobar experimentalmente la conservación de la energía mecánica.
- Estimar cuánta energía se disipa durante el experimento.

Materiales

- Regla de 30 cm, 1.
- Balanza, 1.
- Bolita (pueden ser de vidrio, de acero o de madera), 2.

- Hilo o tanza.
- Tijera, 1.
- Cinta adhesiva o pegamento de contacto rápido, 1.
- Pie universal, 1.
- Pinza para pie universal, 1.
- Papel, 2 hojas (1 utilizada en la experiencia anterior).
- Soporte para elevar unos 10 cm aproximadamente una de las masas, 1.
- Marcador, 1.
- Recipiente con sal, azúcar o arena, 1

Procedimiento

1. Tomen el pie universal y ajusten la pinza a unos 35 cm aproximadamente desde la base.
2. Midan la masa de las bolitas con la balanza. Registren dichos valores en la **Tabla 3**.
3. Tomen la tanza, y en su extremo peguen un pequeño pedacito de cinta adhesiva. Luego dicha cinta péguenla firmemente sobre una de las bolitas (o en su defecto, pueden utilizar el pegamento de contacto para este paso). Esto último conformará el péndulo.
4. Coloquen el soporte al lado del pie universal.
5. Tomen el otro extremo libre de la tanza y átenlo firmemente a la pinza, de tal manera que el péndulo pueda oscilar libremente. Una vez logrado esto, deténganlo para ajustar su altura: la bolita en reposo debe encontrarse colgada pero al ras del soporte utilizado, como se muestra en la **Figura 3**. Por lo tanto, deben desplazar la pinza verticalmente y dejarla fija a la altura en la cual la bolita está casi por rozar la superficie del soporte.

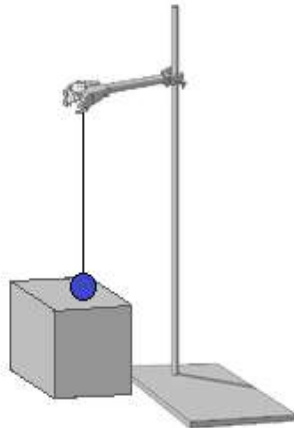


Figura 3. El péndulo debe oscilar libremente al ras del soporte, sin tocarlo.

6. Midan la altura a la cual quedó la pelotita h_B y anótenla en la **Tabla 3** (debe medirse desde su centro como se muestra en la **Figura 2**).
7. Coloquen la segunda bolita justo al lado del péndulo, como se muestra en la **Figura 4** (ésta será la que cae y a la cual se le medirá el alcance horizontal). Estando el péndulo ya fijo y en reposo, debería estar en contacto con la bolita libre sin empujarla ni hacerla caer. La bolita libre debe quedar al borde del soporte. En caso de tener que mover la posición del soporte, procuren no modificar la altura medida en el paso 6.

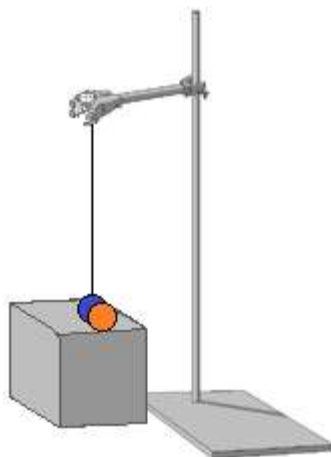


Figura 4. Posición de la segunda bolita respecto al péndulo.

8. Sobre la mesa, coloquen una hoja de papel en el área aproximada de impacto de la bolita libre, como se muestra en la **Figura 5**.

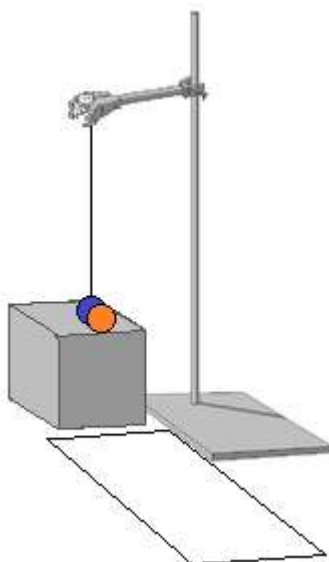


Figura 5. Posición del papel sobre la mesa

9. Esparzan una fina capa de arena, sal o azúcar sobre la hoja de papel.
10. Aparten el péndulo una altura h_A como muestra la **Figura 2**. Midan esa altura y registren dicho valor en la **Tabla 3**.
11. Suelten el péndulo desde la altura h_A medida, de manera que impacte contra la bolita libre situada al borde del soporte. La bolita libre caerá sobre el papel y dejará una huella de su impacto en el material granular esparcido (arena, sal o azúcar). Midan la distancia horizontal Δx que se desplaza la bolita libre y anoten su resultado en la **Tabla 4**.
NOTA: Si el impacto del péndulo contra la bolita no da en su centro, descarten esa medición y realicen una nueva.
12. Repitan 10 veces el paso 11 hasta completar todos los casilleros de la **Tabla 4**.

Resultados:

Tabla 3. Valores iniciales de las variables de la experiencia.

Masa de la bolita 1	
Masa de la bolita 2	
Altura del soporte h_B (cm)	
Altura inicial del péndulo h_A (cm)	

Respuesta: los valores de la tabla corresponden a los materiales utilizados

Valores positivos: $4 \times 0.25 = 1p$
 $h_A, h_B \leq 15 \text{ cm}: 2 \times 0.5 = 1p$
Total: 2 puntos

Tabla 4. Valores medidos durante la experiencia.

Δx medidos (cm)					

Valores positivos: $10 \times 0.25 = 2.5$ puntos

Actividades

1. Realicen un promedio de las mediciones de Δx obtenidas en la Tabla 2 y registren su valor:

Promedio de Δx medido	
-------------------------------	--

Cálculo del promedio correcto:

$(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 + \Delta x_5 + \Delta x_6 + \Delta x_7 + \Delta x_8 + \Delta x_9 + \Delta x_{10}) / 10$.

Valor positivo: 1 punto

2. Utilizando la **Ecuación 1**, calculen el valor teórico de Δx que deberían haber obtenido para su diseño experimental.

$\Delta x = 2 \cdot (m_1/m_2) \cdot \sqrt{h_B \cdot (h_A - h_B)}$ $\Delta x = 2 \frac{4,6 \text{ g}}{5,1 \text{ g}} \sqrt{10,5 \text{ cm}(16 \text{ cm} - 10,5 \text{ cm})} = 13,7 \text{ cm}$	
Δx calculado	13,7

Uso de ecuación: 1p
Reemplazo de datos medidos: 1p
Resultado con unidades: 1p
Total: 3 puntos

3. Comparen los valores obtenidos en las Actividades 1 y 2 y contesten las siguientes preguntas:

A. ¿Obtuvieron resultados similares en el experimento y en el cálculo teórico?

$$\frac{11,5 \text{ cm}}{13,7 \text{ cm}} \cdot 100 = 83\%$$

Si el valor medido difiere en menos del 25% del teórico: 3p
Si el valor medido difiere entre el 25% y 50% del teórico: 1.5p
Si el valor medido difiere en más del 50% del teórico: 0p
3 puntos

B. Si los valores obtenidos son diferentes ¿a qué creen que se debe esa diferencia?

Justificación asociada a errores de medición: 1.5p
Justificación asociada a pérdida de energía por roce: 1.5p
Total: 3 puntos

- C. ¿Pueden sacar alguna conclusión respecto a la conservación de energía para este experimento? ¿Qué pueden decir respecto a la disipación de energía en este caso?

Conclusión sobre conservación de energía: asocia que las distancias teóricas y experimental tienen buena

correspondencia: 1.5 p

Conclusión sobre disipación de energía: detecta que la igualdad matemática no se dará debido a errores de medición/disipación

debido a fuerzas no conservativas: 1.5p

Total: 3 puntos

- D. ¿Cuáles creen que son los principales factores que generan disipación de energía en este experimento?

Enuncia causas asociadas a fuerzas no conservativas (rozamiento con el aire principalmente): 3 p.

Anexo para docentes

Desarrollo del modelo teórico para el péndulo balístico

La energía potencial de la masa m_1 en la altura h_A respecto a la altura h_B está dada por la **ecuación 1**:

$$E_P = m_1 \cdot g \cdot (h_A - h_B) \quad (1)$$

dónde g es la aceleración de la gravedad.

Por otro lado, la energía cinética en el punto más bajo de la trayectoria del péndulo está dada por la **ecuación 2**:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 \quad (2)$$

donde v_1 es la velocidad de la masa m_1 en dicho punto.

Si se desprecian efectos de rozamiento con el aire, la energía mecánica se conserva, por lo tanto en el punto más bajo de la trayectoria del péndulo se cumple la **ecuación 3**:

$$E_P = E_C \quad (3)$$

Se puede entonces igualar las ecuaciones 1 y 2 para poder despejar v_1 en función de los datos, obteniendo así la **ecuación 4**:

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_A - h_B)} \quad (4)$$

Por otro lado, en el instante en que el péndulo se encuentra en el punto más bajo, se produce el choque con la masa m_2 . Si se asume que el choque es completamente elástico (es decir, se desprecian efectos de deformación y calentamiento por contacto), se conserva tanto la energía cinética como el momento lineal (**ecuación 5**):

$$p_1 = p_2 \quad (5)$$

siendo p_1 y p_2 el momento lineal de la bolita 1 y 2 respectivamente. Vale mencionar que el choque sucede únicamente en la dirección horizontal, por lo que el momento lineal no se tomará como vector.

La definición de momento lineal, para una partícula de masa m y velocidad v está dada por la **ecuación 6**:

$$p = m \cdot v \quad (6)$$

Reemplazando las ecuaciones 5 y 6, se obtiene la **ecuación 7** asociada a la conservación del momento para nuestro caso de estudio:

$$m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2 \quad (7)$$

De la ecuación 7 nos interesa conocer la velocidad v_2 de la masa m_2 , por lo que despejándola y sustituyendo por el resultado de la ecuación 4, se obtiene la **ecuación 8**:

$$v_2 = (m_1/m_2) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_A - h_B)} \quad (8)$$

Es posible analizar la cinemática de la masa m_2 . Para ello, basta notar que su movimiento será parabólico, por lo que tendrá una combinación de movimientos en los ejes coordenados: MRUV para el eje vertical y MRU para el eje horizontal.

Para el eje vertical, se tiene la **ecuación 9**:

$$y_f = y_i + v_y \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (9)$$

Donde y_f es la posición vertical que tendrá el objeto en un tiempo t dado, y_i la altura inicial, v_y la velocidad inicial en la dirección vertical y g la aceleración de la gravedad.

En nuestro caso queremos obtener el alcance horizontal de la masa m_2 , y esto sucede cuando parte desde $y_i = h_B$ hasta $y_f = 0$. Además, comienza su movimiento parabólico sin velocidad inicial vertical, por lo que $v_y = 0$. Teniendo en cuenta estas condiciones iniciales y reemplazándolas en la ecuación 9, se obtiene una expresión para el tiempo t (**ecuación 10**):

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h_B}{g}} \quad (10)$$

Por otro lado, el movimiento en el eje horizontal está dado por la **ecuación 11** de MRU:

$$\Delta x = v_x \cdot t \quad (11)$$

En nuestro caso, el alcance horizontal Δx es lo que buscamos predecir, v_x es la velocidad de la masa m_2 (obtenida en la ecuación 8) y t es el tiempo dado por la ecuación 10. Reemplazando estos valores en la ecuación 11 se obtiene el alcance horizontal dado por la **ecuación 12**:

$$\Delta x = 2 \cdot (m_1/m_2) \cdot \sqrt{h_B \cdot (h_A - h_B)} \quad (12)$$