



E03

Hacer que los incendios quemen o se apaguen 2:

Demostración del triángulo del fuego y la columna de calor

Basado en el U.S. Forest Service

FireWorks Generic Curricula, originado por: <https://www.frames.gov/fireworks/curriculum/nrockies-ncascades>

Smith, Jane Kapler; Abrahamson, Ilana; Berkowitz, Caitlyn; y McMurray, Nancy. 2018. Planes de estudio FireWorks que incluyen bosques de pino ponderosa, pino lodgepole y pino whitebark. Missoula, MT: Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación Rocky Mountain, Laboratorio de Ciencias del Fuego de Missoula (Productor). La traducción al español de esta guía se realizó gracias al Programa Fuego Regional de USFS-IP/USAID.

Descripción General de la Lección:

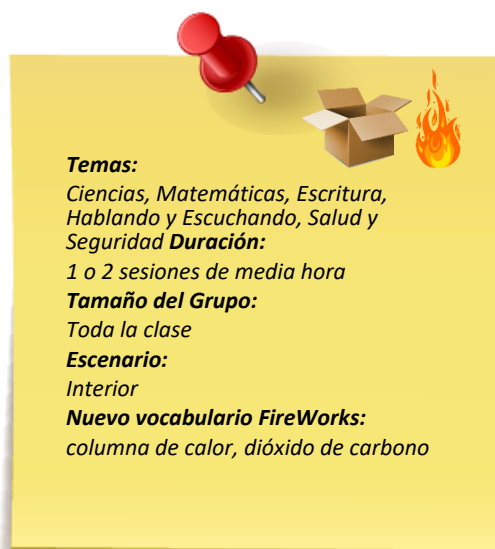
Esta actividad contiene tres demostraciones en las cuales los estudiantes observan incendios reales para ver cómo se aplica el modelo conceptual del Triángulo del Fuego a la combustión real.

Meta de la Lección:

Mejorar la comprensión de los estudiantes acerca de la combustión. Aumentar su conciencia de que el uso del fuego requiere prácticas seguras y la supervisión de un adulto responsable.

Objetivos:

- Los estudiantes pueden usar el Triángulo del Fuego para explicar por qué se apagan los fósforos prendidos.
- Los estudiantes pueden usar el Triángulo del Fuego para explicar por qué se dificulta encender una vela en presencia de una mezcla de bicarbonato y vinagre (o hielo seco).



Temas:
Ciencias, Matemáticas, Escritura, Hablando y Escuchando, Salud y Seguridad

Duración:
1 o 2 sesiones de media hora

Tamaño del Grupo:
Toda la clase

Escenario:
Interior

Nuevo vocabulario FireWorks:
columna de calor, dióxido de carbono

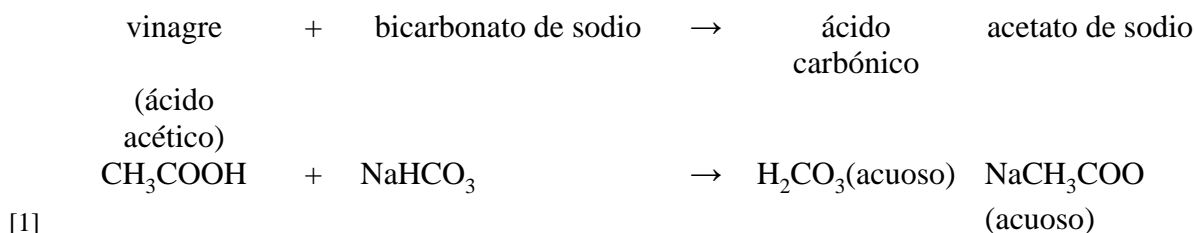
Antecedentes de Educadores - los antecedentes iniciales se encuentran en la actividad anterior (E02). Más antecedentes:

Las tres demostraciones de esta actividad muestran cómo se aplica el modelo del Triángulo del Fuego a la combustión real. En la **Demostración 1**, los estudiantes observan la forma de una columna de calor de un incendio. En la **Demostración 2**, los estudiantes verán lo que sucede cuando el calor y los combustibles se conjuntan en diferentes acomodos espaciales. En la tercera demostración, los estudiantes observarán qué sucede cuando un incendio se ve privado de oxígeno (O₂). Las tres demostraciones usan fuego - ya sea prendiendo fósforos o velas de oración. Tome todas las precauciones de seguridad indicadas en el póster de Seguridad de FireWorks (**Póster_Seguridad_FireWorks.pptx**). Explicar las precauciones a los estudiantes para concientizarlos acerca de la seguridad contra incendios.

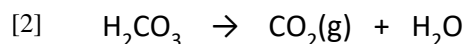


La **demostración 3** muestra que se requiere oxígeno para el fuego. Describiremos dos formas de hacer esto: ambas usan dióxido de carbono. Opción A, la cual está escrita en la lección de abajo, usa gas de dióxido de carbono producido al mezclar bicarbonato de sodio y vinagre; si utiliza esta opción, puede explorar las reacciones químicas entre el bicarbonato de sodio y el vinagre. La Opción B, que se describe después de la sección de "Evaluación" al final de la lección, usa gas de dióxido de carbono producido a partir del hielo seco; si usa esta opción, puede explorar la diferencia entre el cambio de fase y el cambio químico.

Antecedentes adicionales para la Opción A. Aquí están las 2 ecuaciones que describen los cambios químicos que produce el gas de dióxido de carbono del bicarbonato de sodio y el vinagre:



El acetato de sodio es la sustancia pegajosa en el fondo del vaso de precipitado. El ácido carbónico parece agua. El ácido carbónico se descompone inmediatamente en gas de dióxido de carbono y agua:



El dióxido de carbono es uno de los componentes del aire. Es más pesado que el oxígeno, como se aprecia en este cálculo de los pesos moleculares de los dos compuestos:

<u>Elemento</u>	<u>Peso atómico</u>
Carbono (C)	12 g
Oxígeno (O)	16 g

Un mol de CO₂ pesa 12 g + 2 * 16 g = 44 g

Un mol de O₂ pesa 2 * 16 g = 32 g

Por lo tanto, si el dióxido de carbono y el oxígeno se colocan juntos en un vaso de precipitado sin turbulencia, el dióxido de carbono se hundirá hasta el fondo y el oxígeno subirá hasta la parte superior.

Antecedente adicional para la Opción B. Al usar hielo seco para esta demostración, conviertes hielo seco (dióxido de carbono congelado) de su fase sólida, a una temperatura de -78.5 °C (-109.3 °F) o menos, a su fase gaseosa. Tenga en cuenta que el dióxido de carbono no forma un



líquido en la presión atmosférica de la Tierra, por lo que pasa directamente de la fase sólida a la gaseosa - de ahí el término hielo "seco". Decimos que el hielo seco "sublima", y el proceso se llama "sublimación".

Materiales y preparación:

Recomendamos hacer esta actividad en tres demostraciones para toda la clase. Primero, elija su ubicación. Las demostraciones 1 y 2 pueden producir llamas de 10 a 15 cm de largo. ¿Puede hacer esto de manera segura en su salón de clases y sin activar la alarma de humo? ¿Puede llevar a sus alumnos a un laboratorio donde será más seguro? Sería muy difícil hacer estas demostraciones al aire libre, porque incluso el más mínimo viento apagará fósforos y velas.

Pedir a los estudiantes individualmente que ayuden con diferentes tareas. Lo mejor es que un maestro(a) u otro adulto encienda los fósforos y las velas y le explique cómo manejar los fósforos y el fuego de manera segura mientras usted realiza las demostraciones.

- Mostrar el póster de seguridad de FireWorks (**Póster_Seguridad_FireWorks.pptx**). Seguir las pautas de seguridad sobre la ropa y el cabello cuando se prepare para esta actividad. Tener un paquete de ligas para el cabello en su bolsillo para que pueda repartirlas de ser necesario.

- Conseguir una caja de fósforos de cocina de madera. La caja no necesita estar llena.
- Mostrar el póster del Triángulo del Fuego (**Poster_Seguridad_FireWorks.pptx** de la **Actividad E02**) o simplemente dibújelo en el pizarrón.
- Configurar su estación de trabajo con este equipo:
 - Caja de fósforos de madera
 - Extintor de fuego, completamente cargado
 - Botella con atomizador, lleno de agua
 - 1 regla
 - 1 bandeja de metal (por ejemplo: bandeja para hornear galletas)
 - 1 cenicero

Seguridad de FireWorks



Quando haga experimentos con fuego...

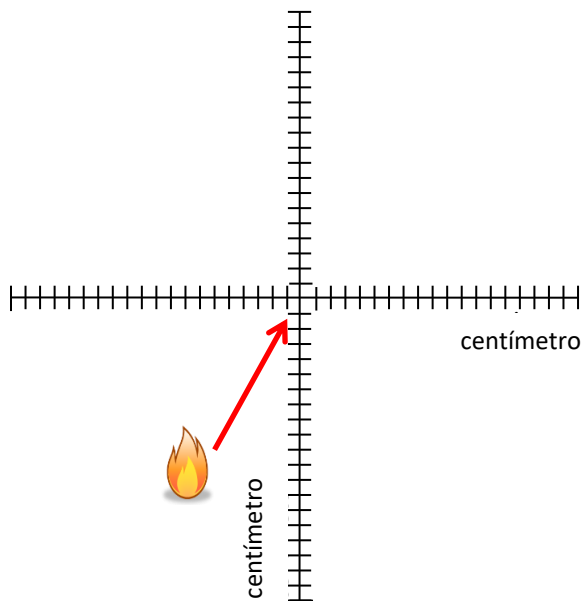
- Usar ropa de algodón. No pantalones sintéticos, pantalones cortos, etc.
- Usar zapatos cerrados. No sandalias ni chancas.
- Enrollar mangas sueltas.
- Recogerse el cabello suelto.
- Asegurarse de que haya un extintor cerca. Asegurarse que esté cargado. Saber cómo usarlo.
- Asegurarse de que haya botellas con atomizador cerca y que estén llenas de agua.
- Usar lentes de seguridad cuando haya fuego.
- Nunca* inclinarse sobre el fuego.
- Apagar los materiales quemados con agua antes de tirarlos a la basura. *El fuego no está apagado si sale humo o calor de los combustibles.*
- Si se enciende fuego sobre usted, deténgase, tírese al suelo y ruede.

Usar fuego SOLAMENTE si un adulto responsable está trabajando con usted.



- 2 velas de oración
- 2 vasos de precipitado u otros contenedores
- 1 par de lentes de seguridad
- 1 guante de horno
- 1 soporte de ayuda
- 1 varilla de metal con clips de cocodrilo en los extremos
- Aproximadamente ½ taza de bicarbonato de sodio
- Aproximadamente ½ taza de vinagre
- Un fósforo largo para chimenea
- 1 abrazadera
- Tener disponible un bote de basura METÁLICO SIN REVESTIMIENTO DE PLÁSTICO.

Preparar su mesa de demostración para la **Demostración 1** (ver la imagen a la derecha): Colocar el soporte en el centro de la bandeja de metal. Fijar la abrazadera al soporte. Fijar la varilla de metal con pinzas de cocodrilo para que forme una "+" con el soporte. Colocar un fósforo de madera en una pinza de cocodrilo, con la cabeza apuntando hacia abajo.



Dibujar la ilustración de la izquierda en el pizarrón o imprímala/muéstrela desde el archivo

GráficaParaDescribirLaColumnadeHumo.pdf



Procedimiento, Demostración 1, “¿A dónde va el calor?”

- 1. Explicar:** De acuerdo con el Triángulo del Fuego, el fuego no puede quemar si no tiene estas tres cosas: calor, combustible y oxígeno. Ahora veremos fuego encendiendo fósforos individuales para ver si el modelo es válido, si "funciona" para explicar lo que observamos. En esta actividad, el educador realizará las demostraciones con la ayuda de los estudiantes.
- 2.** Realizar una **informativa de seguridad** utilizando el póster de seguridad de FireWorks (**Póster_Seguridad_FireWorks.pptx**).
- 3.** Organizar a su equipo:
 - Un **Observador** que esté vestido de acuerdo con las medidas de seguridad.
 - Un **Medidor** también vestido de acuerdo con las medidas de seguridad.
 - Un **Registrador** de datos.
- 4. Explicar:**
 - **Observador:** su trabajo es averiguar qué tan alta y ancha es la columna de calor de un fósforo encendido. Comenzará sosteniendo una mano a unos 40 centímetros a un lado del fósforo. Cuando el fósforo esté completamente encendido, acercará su mano hasta que pueda sentir un cambio en la temperatura. El objetivo es sentir un POCO de calor, ¡NO para ver que tanto se puede acercar sin quemarse! Usaremos tantos fósforos como sea necesario para obtener observaciones de ambos lados de la llama, de arriba y abajo. Cuando haga la observación de “abajo”, no coloque la mano directamente debajo del fósforo encendido, en caso de que la punta se rompa y se caiga. En cambio, sostenga su mano un poco hacia un lado.
 - **Medidor:** después de que cada fósforo se apague, medirá la distancia desde la punta del fósforo hasta la mano del observador (en centímetros).
 - **Registrador** de datos: marcará un eje del gráfico para mostrar cada medida.
- 5.** Encender el primer fósforo. Tan pronto como esté completamente encendido, obtenga una medida "de lado". Después de que se apague, USE EL GUANTE DE HORNO para quitarlo de la pinza, coloque uno nuevo, y obtenga la medida desde el otro "lado" ... después una medida de "abajo" ... después una medida de "arriba". Utilice tantos fósforos como sean necesarios. Coloque los fósforos quemados en el cenicero o en la bandeja de metal.
- 6.** Unir las marcas en los cuatro ejes, formando una figura aproximadamente ovalada.
- 7. Conversación:** ¿A dónde se fue el calor? (La mayor parte fue hacia arriba, pero un poco fue hacia los lados y hacia abajo. Algo también entró en el clip de cocodrilo y la varilla de metal, y por eso se necesitaba el guante de horno.) Pida a los estudiantes que levanten las manos por encima de su cabeza y las unan. Esta es aproximadamente la forma de la columna de calor, por lo que cada uno de ellos está creando un modelo de la columna de calor.



Procedimiento, Demostración 2, “¿Por qué se apaga el fósforo?”

8. Organizar a su equipo:

- Un estudiante (que tome el **Tiempo**) deberá medir la duración de quemado (en segundos)
- Un estudiante (el **Medidor** que esté vestido de manera segura) debe medir la longitud de las llamas.
- Un estudiante (el **Registrador**) debe registrar los datos

9. Copiar esta tabla en el pizarrón:

El fósforo está apuntando...	Abajo	Arriba
¿Qué tan larga fue la llama (centímetros)?		
¿Durante cuánto tiempo ardió el fósforo (segundos)?		
¿Por qué se apagó la llama?		

10. Colocar un fósforo con la punta hacia abajo en un clip de cocodrilo y un fósforo con la punta hacia arriba en el otro. Encienda un fósforo aparte y utilícelo para encender el que **apunta hacia abajo**. Mida la longitud de las llamas y los tiempos de combustión y registre las medidas en el pizarrón. Repita, si es necesario. Si usa fósforos adicionales, use el guante de cocina para manejar los clips de cocodrilo.



11. Preguntar: ¿Por qué se apagó el fuego? Pida a los estudiantes que usen el Triángulo del Fuego para explicar. *El fósforo que apuntaba hacia abajo probablemente se quemó casi por completo. (La combustión está completa si puede pulverizar las piezas restantes en cenizas en polvo). El fuego se apagó principalmente porque se quedó sin combustible. Si queda un pequeño trozo de madera sin quemar en el*



clip de cocodrilo, éste no se quemó porque el clip absorbió gran parte del calor y limitó la entrada de oxígeno al combustible.

- 12.** Encender un fósforo y utilícelo para encender el fósforo que **apunta hacia arriba**. Tome las medidas y anótelas en el pizarrón. Repita, si es necesario. Preguntar: ¿Por qué se apagó el fuego? Use el Triángulo del Fuego para explicar. *El fósforo se apagó antes de que se quemara por completo, por lo tanto, NO estaba limitado por el combustible. Tampoco estaba limitado por el oxígeno - ya que todos en el salón todavía respiraban cómodamente. Sin embargo, la mayor parte del calor se movía hacia arriba, alejándose del combustible. Si bajaba algo de calor, no era suficiente para mantener la madera quemándose.*

Evaluación #1-2: Pedir a los estudiantes que utilicen los tres componentes del Triángulo del Fuego para explicar por escrito porque se apagó el fósforo que estaba apuntando hacia arriba.

Procedimiento, Demostración 3, “¿Por qué se apaga la vela?” Opción A – usando vinagre y bicarbonato de sodio

- 13.** Dar los recordatorios de seguridad.
- 14.** Explicar: Está usando 2 velas: una "al aire libre" en la bandeja de metal y la otra dentro de un vaso de precipitado. La que está en la bandeja es solo su fuente para prender fósforos fácilmente. La que está dentro del vaso de precipitado es donde se centra el experimento. Irá cambiando 1 cosa a la vez en el experimento, para que así sepa qué cambios son importantes.
- 15.** Colocar una vela de oración en la bandeja de metal y enciéndala. Colocar la otra vela en un vaso de precipitado.
- 16.** Encender un fósforo largo para chimenea con la vela encendida, luego utilizarlo para encender la vela en el vaso de precipitado. Este paso simplemente demuestra que la vela se puede encender dentro del vaso de precipitado. Apague la vela en el vaso de precipitado.
- 17.** Colocar 1-2 cucharadas de bicarbonato de sodio alrededor de la base de la vela en el vaso de precipitado, lo suficiente como para cubrir el fondo. No ponga bicarbonato de sodio en la vela. Como alternativa, puede agregar el bicarbonato de sodio a un vaso de precipitado vacío y luego colocar la vela encima.





18. Volver a encender el fósforo de chimenea con la vela que está prendida en la bandeja de metal. Luego utilícelo para encender la vela en el vaso de precipitado para demostrar que el bicarbonato de sodio no alteró su capacidad de quemarse. Después apagarla.
19. Verter alrededor de $\frac{1}{4}$ de taza (60 ml) de vinagre en el bicarbonato de sodio que está alrededor de la vela. Haga esto lentamente para que la mezcla no haga tanta espuma que pueda mojar la mecha de la vela.
20. Encender otra vez el fósforo de chimenea con la vela en la bandeja de metal. Luego usarlo para volver a encender la vela en el vaso de precipitado. (Probablemente no pueda).
21. Puede repetir el experimento y usar diferentes técnicas para encender la vela en el vaso de precipitado.
22. Preguntar: ¿Por qué fue tan difícil encender la vela después de combinar el vinagre con bicarbonato de sodio? **Cuando se combinan bicarbonato de sodio y vinagre, forman CO_2 , un gas invisible que es más pesado que el oxígeno. El gas CO_2 resultante extrajo el O_2 del vaso de precipitado. Por lo tanto, no había suficiente O_2 disponible para encender.**
23. **Limpiar:** asegúrese de que todos los materiales quemados y los fósforos estén apagados antes de desecharlos, es decir, que no haya humo ni calor. Usar un bote de basura de metal sin revestimiento de plástico. Si tiene dudas, échelos en un balde de agua antes de tirarlos a la basura.

Evaluación #3, Opción A: por escrito, pida a los estudiantes que utilicen el Triángulo del Fuego para explicar por qué fue difícil encender la vela después de que se combinó vinagre con bicarbonato de sodio.

Procedimiento, Demostración 3, “¿Por qué se apaga la vela?” Opción B – usando hielo seco

- Prepare su estación de trabajo con este equipo:
 - Caja de fósforos de madera
 - Extintor de fuego, completamente cargado
 - Botella con atomizador, llena con agua
 - 1 bandeja de metal (ejemplo: bandeja para hornear galletas)
 - 1 cenicero
 - 2 velas de oración
 - 2 vasos de precipitado
 - 1 par de gafas de seguridad
 - 1 guante de horno
 - Un fósforo largo de chimenea
 - Tenazas para manipular hielo seco



Procedimiento:

1. Realizar una informativa de seguridad. Explicar que usará "hielo seco". Esto es dióxido de carbono congelado (uno de los componentes del aire), y es muy frío ($-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-109\text{ }^{\circ}\text{F}$)), mucho más frío que el hielo hecho de agua. Debido a que es tan frío, nunca debe manipularse sin tenazas o guantes gruesos. Realizar este experimento mientras el grupo hace observaciones.
2. **Explicar:** está usando 2 velas: una "al aire libre" en la bandeja de metal y la otra dentro de un vaso de precipitado. La que está en la bandeja es solo su fuente para prender fósforos fácilmente. La que está dentro del vaso de precipitado es donde se va a centrar del experimento. Cambiará 1 cosa a la vez en el experimento, para que sepan cuáles cambios son importantes.
3. Colocar una vela de oración en la bandeja de metal y encenderla. Colocar la otra vela en un vaso de precipitado u otro vaso de precipitado.
4. Encender un fósforo largo de chimenea con la vela encendida y luego utilícelo para encender la vela en el vaso de precipitado. Este paso simplemente demuestra que la vela se puede encender dentro del vaso de precipitado. Apague la vela en el vaso de precipitado.
5. Colocar 3-4 piezas pequeñas de hielo seco a un lado de la vela en el vaso de precipitado. Usar tenazas o un guante de horno para manipular el hielo seco.
6. Encender de nuevo el fósforo de chimenea con la vela en la bandeja de metal. Luego usarlo para volver a encender la vela en el vaso de precipitado. (Probablemente no pueda porque el dióxido de carbono se ha sublimado del hielo seco, desplazando al oxígeno).
7. Puede repetir el experimento y usar diferentes técnicas para tratar de encender la vela en el vaso de precipitado. También puede verter el dióxido de carbono invisible sobre la vela encendida, lo que la apagará.
8. Preguntar: ¿Por qué fue tan difícil encender la vela en la presencia de hielo seco? *El hielo seco se estaba convirtiendo de sólido a gas a medida que se calentaba – un proceso llamado sublimación. Decimos que el hielo seco se está "sublimando". El gas CO_2 resultante estaba expulsando el O_2 del vaso de precipitado por dos razones: porque el CO_2 es más pesado que el O_2 – basado en su peso molecular – y porque el gas CO_2 que se sublima del hielo seco es muy frío, lo que significa que el gas es más denso de lo que sería a temperatura ambiente. Por lo tanto, no había O_2 disponible para quemarse.*



9. **Limpiar:** asegurarse de que todos los materiales y fósforos estén apagados antes de desecharlos, es decir, que no haya humo ni calor. Usar un bote de basura de metal sin revestimiento de plástico. Si tiene dudas, desecharlos en un balde de agua antes de tirarlos a la basura.

Evaluación #3, Opción B: Por escrito, pedir a los estudiantes que utilicen el Triángulo del Fuego para explicar por qué fue difícil encender la vela después de poner hielo seco en el vaso de precipitado.

Evaluación:

	Excelente	Buena	Aceptable	Deficiente
Evaluación #1-2	<ul style="list-style-type: none"> -El calor fue hacia arriba, por lo que no alcanzaba el combustible. -El combustible y el oxígeno todavía estaban presentes. 	<ul style="list-style-type: none"> -El calor fue hacia arriba por lo que no alcanzó el combustible 	<ul style="list-style-type: none"> -El calor fue removido. 	<ul style="list-style-type: none"> No está claro si el estudiante entendió.
Evaluación #3 Opción A	<ul style="list-style-type: none"> - Al combinar bicarbonato de sodio y vinagre, se produce dióxido de carbono, el cual es más pesado que el oxígeno. El dióxido de carbono se hundió hasta el fondo y expulsó el oxígeno del vaso de precipitado. - No había oxígeno disponible para la combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> - El dióxido de carbono se hundió hasta el fondo y expulsó el oxígeno hacia arriba. - No había oxígeno disponible para la combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> - No había oxígeno disponible para la combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> -El estudiante no dio indicios de que haya entendido el experimento.
Evaluación #3 Opción B	<ul style="list-style-type: none"> - El hielo seco (dióxido de carbono congelado) está cambiando de la fase sólida a la fase gaseosa. El dióxido de carbono es más pesado que el oxígeno y también muy frío (es decir, denso), por lo que permanece en el fondo del vaso de precipitado y desplaza el oxígeno hacia arriba y hacia afuera. - Por lo tanto, no hay oxígeno disponible para la combustión 	<ul style="list-style-type: none"> - El hielo seco se transformó en dióxido de carbono gaseoso y llenó de oxígeno la parte superior. - No había oxígeno disponible para la combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> - No había oxígeno disponible para la combustión. 	<ul style="list-style-type: none"> - El estudiante no dio indicios de que haya entendido el experimento.