

**INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES*****¿Qué son los aerosoles?***

**Aerosoles** – partículas increíblemente pequeñas suspendidas en el aire – son un ingrediente fundamental en la formación de nubes. Las partículas de aerosol varían en tamaño desde unos “10 nm (1 nanómetro es la milmillonésima de un metro) a unos 100 micrómetros (1 micrómetro es una millonésima de un metro)” (NASA 2005). Los aerosoles proveen sustratos, o superficies, sobre los cuales las moléculas de agua se condensan, crecen en gotas, y eventualmente caen como lluvia. Los estudiantes que están familiarizados con el ciclo del agua es posible que recuerden que el vapor de agua se condensa y forma gotitas de agua, pero el concepto de aerosol quizás sea nuevo.

Los aerosoles pueden clasificarse ya sea por su fuente - contaminación industrial, fuegos, tormentas de arena, erupciones volcánicas, espuma de mar o productos de seres vivos (polen, esporas, etc.)- o por su composición – carbono, azufre, o mineral.

***¿Cómo afectan los aerosoles al clima y a las nubes?***


Los aerosoles afectan al clima. Los aerosoles pueden dispersar la luz solar que llega, resultando en el enfriamiento de la Tierra. Por otro lado, los aerosoles pueden absorber energía de la luz solar y calentar las capas de aire. Además, los aerosoles pueden prevenir que las nubes aumenten de espesor, estado en el que enfriarían a la Tierra bajo ellas. Los sistemas atmosféricos son complejos. Es difícil para los científicos predecir los efectos de los aerosoles en el clima porque los aerosoles son transitorios - las partículas no permanecen suspendidas en la

atmósfera por mucho tiempo. Los científicos de la NASA estiman que las partículas de aerosol sólo están en la atmósfera por unos cuantos días antes de que la lluvia se los lleve (2005).

Los aerosoles afectan la formación de las nubes. Sin los aerosoles, las nubes de lluvia no se formarían. A medida que las moléculas de agua se condensan sobre las partículas de aerosol y forman gotitas, éstas últimas se juntan y forman gotas cada vez más grandes, hasta que son tan pesadas que caen como lluvia. La concentración de partículas de aerosol afecta el tamaño de las gotas de lluvia. La cantidad total de agua es la misma; el tamaño de las gotas de lluvia y la duración de las nubes varía. Por ejemplo, con una concentración alta de partículas de aerosol, el agua se dispersa sobre un área mayor y las gotas de lluvia que se forman son más pequeñas de lo que serían si hubieran menos partículas de aerosol. Las gotas de agua más pequeñas no son tan pesadas como las más grandes, por lo que es más probable que permanezcan en las nubes. (Ve las Figuras 5a, 5b, p. 5, y las de la Ficha Descriptiva NASA: *Aerosoles*: Más de lo que se ve a simple vista donde se muestra cómo los aerosoles afectan el tamaño de la gota de lluvia).

***¿Cómo estudian los científicos los aerosoles?***

Los científicos estudian los aerosoles tanto con satélites (tales como el MODIS y el MISR de la NASA) como con instrumentos llamados “fotómetros solares”. Los datos de los fotómetros solares son más precisos que los de satélite. Los investigadores a bordo del *Ocean Watch* usarán un fotómetro solar para medir la cantidad de



energía solar que pasa a través de la atmósfera. La cantidad de ciertas longitudes de onda de la luz solar produce un voltaje eléctrico en el fotómetro, que produce un índice numérico medido en nm (nanómetros). La cantidad de aerosoles en la atmósfera afecta la cantidad de luz solar que alcanza la tierra. Los aerosoles dispersan la luz solar, lo que provoca que menos luz solar llegue al medidor, y que la lectura sea menor. Estos datos se compararán con datos de satélite de forma tal que los científicos puedan evaluar la exactitud de los datos de satélite. Este proceso se denomina “**verificación en terreno**”. La verificación en terreno es importante a la hora de interpretar datos de satélite porque algunas condiciones, como la nieve sobre el suelo, pueden verse como cobertura de nubes en una imagen de satélite.

## **OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD**

**Tiempo: 45 min.**

Los estudiantes interpretarán mucho mejor las observaciones atmosféricas que se están realizando durante la expedición *Alrededor de las Américas* por los investigadores a bordo del *Ocean Watch*. Esto lo lograrán mientras experimentan la creación de nubes en jeringas de plástico y botellas de refresco o de soda. Para determinar el efecto de los aerosoles en la formación de nubes, los estudiantes probarán con varias concentraciones de aerosol (cantidad de partículas) y con su composición (humo de fósforos o cerillos, polvo de tiza, ceniza, sal). Los grupos de estudiantes trabajarán juntos mientras comparan sus resultados, cada grupo supervisará el procedimiento en una botella. (O, si el tiempo lo permite, cada grupo puede probar cada variable). Los estudiantes investigarán sobre las siguientes preguntas: ¿Cómo se forman las nubes? ¿Cómo afecta la cantidad de aerosol atmosférico la formación de nubes? (La pregunta, “¿Cómo los aerosoles varían diariamente, entre localidades, globalmente?” puede explorarse con una actividad complementaria).

## **CONCEPTOS**

- Los aerosoles son partículas muy pequeñas suspendidas en el aire.
- Los aerosoles son esenciales en la formación de nubes.
- La concentración de aerosoles en el aire afecta el tiempo y el clima.

---

## **OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

- Los estudiantes serán capaces de demostrar su conocimiento sobre aerosoles y nubes definiendo los términos.
- Los estudiantes demostrarán que han entendido el tema de los aerosoles y las nubes interpretando datos experimentales.

---

## **ESTÁNDARES Y PRINCIPIOS**

**U.S.:** 1.6, 12.1-8

**Canadá:** 311-9, 210-6, 211-1, 211-2, 211-3, 211-4, 211-5

**Conocimiento sobre el Océano:** 3a-b

---

## **PREPARACIÓN PREVIA**

### **Suministros que requieren uno o más días de preparación**

- Botellas de refresco con tapa (2 L) - Vacías, enjuagadas y sin etiqueta.
- Cenizas de chimenea
- Embudos de papel para la tiza, ceniza y sal: Enrolla una hoja de papel formando un embudo y sujétalo con cinta adhesiva. Recorta las orillas en caso necesario, dejando algo de orilla para plegarlo en caso de que sobre material, y se almacene. Llena con ceniza de chimenea, tiza y/o sal y pliega la parte superior e inferior para guardarlo. O durante la clase, pide a los estudiantes que con una cuchara y embudo, agreguen la ceniza, tiza o sal.

### **Materiales difíciles de obtener**

- Ninguno

---

## **NORMAS DE SEGURIDAD**

### **Procedimientos de Seguridad**

- Supervisa a los estudiantes mientras encienden los fósforos.
- Utiliza estas jeringas plásticas sólo para fines educacionales.

### **Materiales Peligrosos**

- Fósforos

### **Seguridad de los Estudiantes**

- Algunos pasos del procedimiento requieren la cooperación de todos los miembros de cada grupo. La práctica de los pasos antes de agregar los químicos puede ayudar a evitar que las partículas de tiza/ceniza/sal sean esparcidas en el aire.
- Se recomienda que los profesores enciendan los fósforos.

## RESUMEN DE SUMINISTROS

### Suministros durables

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Parte A:		
Jeringa (sin aguja)	Plástico (60 mL o lo más grande posible)	1/grupo
Botella con gotero o contenedor de agua y gotero/pipeta		1/grupo
Piezas de plástico (ej. tapas extras)	Para ajustar el tamaño de las gotas de agua	1/grupo
Parte B:		
Botellas de plástico de refresco	2-L	1 botella/grupo de 2-3 estudiantes
Contenedor de agua		1/ grupo de 2-3 estudiantes
Probeta/vaso de precipitado o cucharita (25 mL)		1 por grupo de 2-3 estudiantes
Cuchara	(opcional)	1 de cada una (tiza, ceniza, sal) por grupo
Reloj en la sala o cronómetro	Para que los estudiantes tomen el tiempo	1 reloj/sala o 1 cronómetro/grupo

### Materiales consumibles

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Fósforos de madera		1 caja grande
Agua tibia		
Cartulina negra	Rectángulo de 4.5" x 6" (11.4cm x 15.2cm)	1/grupo
Cinta adhesiva		Aprox. 2 pulgadas (5 cm) / botella
Polvo de tiza	(opcional)	Al menos 2 cucharaditas (2 mL)
Ceniza de chimenea	(opcional)	Al menos 2 cucharaditas (2 mL)
Sal	(opcional) sal de mesa	Al menos 2 cucharaditas (2 mL)
Embudo de papel	el papel enrollado, fijado con la cinta adhesiva	1 para cada material (tiza, ceniza, sal)

## PROCESO Y PROCEDIMIENTO

### Se sugiere la siguiente secuencia:

Actividad pre-instrucción: Parte A: Mini-nubes en una Jeringa.

Actividad post-instrucción: Parte B: Nube en una Botella, y Extensiones.

### Parte A: Mini-nubes en una Jeringa – para los grupos pequeños


1. Saca el émbolo de la jeringa. (Déjalo a mano para el Paso 4).
2. Agrega  $\frac{1}{4}$  gota de agua en la jeringa. (Si no estás seguro cuánto es esto, coloca una gota de agua sobre la mesa o sobre un pedazo pequeño de plástico – usa el gotero o la pipeta. Observa el tamaño de esta gota y la cantidad de presión que aplicaste en el gotero o en la pipeta. Ahora intenta dejar caer una gota que es la mitad de la mitad de la gota que acabas de hacer).
3. Cubre la punta de la jeringa con tu pulgar.
4. Coloca el émbolo en la jeringa. Sostén la jeringa de manera que la punta (y tu pulgar) apunten hacia arriba y el émbolo hacia abajo.
5. Selecciona un lugar sobre la mesa cerca de la orilla. Coloca el émbolo apoyado sobre la mesa. Usa el peso de tu cuerpo para presionar hacia abajo. (A medida que el émbolo se mueve hacia la punta, comprime el volumen de aire dentro de la jeringa).
6. Mientras presionas el émbolo, desliza rápidamente la jeringa hacia fuera de la mesa. (La presión alta dentro de la jeringa empujará el émbolo hacia atrás).
7. Retira tu pulgar de la punta de la jeringa y presiona suavemente el émbolo. (Sale un vaho o nube fina).
8. Recoge las jeringas y vuévelas a usar en actividades educativas.

### Parte B: Procedimiento del experimento de condensación en una botella

– para grupos pequeños

Cada grupo de estudiantes probará una variable, compartirá datos y llegará a conclusiones. Descripción del procedimiento experimental general y condición de cada variable:

1. Sigue las instrucciones de tu variable<sup>†</sup>.
2. Para cada prueba...
  - a. Presiona la botella cerca de la base. Házlo por 5-10\* segundos y después deja de presionar. (\*Todas las pruebas deben durar lo mismo).
  - b. Repite el Paso a (arriba) cinco veces.
  - c. Observa si se formaron nubes en el interior de la botella. (Los estudiantes pueden poner un pedazo de papel negro detrás de la botella para observar mejor la formación de las nubes)
    - ¿Observas una nube dentro de la botella?
    - ¿Qué tan rápido se formó? ¿Qué tan gruesa es?



(tus estudiantes pueden usar una escala de nubosidad de 1-5, porcentajes o hacer una descripción en palabras)

- d. Anota tus resultados. Limpia la botella (saca la mayor cantidad posible de agua) y repite el procedimiento.
3. Realiza tres pruebas y promedia tus resultados.
4. Compara los resultados de todas las variables con la clase.

### **†Variables**

#### *Sin Agua*

1. La botella debe estar vacía y seca.
2. No agregues nada a la botella.
3. Vuelve a poner la tapa a la botella.
4. Completa los Pasos 2-7 del Procedimiento Experimental.

#### *Agua Solamente*

1. Utiliza el embudo de plástico para vertir 50 mL (10 cucharaditas) de agua en la botella, sin que caiga agua en los lados de la botella.
2. Coloca la tapa y revuelve cuidadosamente la botella por 15 segundos.
3. Completa los Pasos 2-7 del Procedimiento Experimental.

#### *Agua y Partículas de Humo*

1. Utiliza el embudo de plástico para vertir 50 mL (10 cucharaditas) de agua en la botella, sin que caiga agua en los lados de la botella.
2. Coloca la tapa y revuelve cuidadosamente la botella por 15 segundos. Saca la tapa.
3. Enciende un fósforo y colócalo en la boca de la botella. No lo dejes caer dentro de la botella.
4. Presiona la botella (apagando el fósforo), y deja rápidamente de presionar para que el humo entre a la botella.
5. Saca el fósforo y tapa la botella.
6. Completa los Pasos 2 - 7 del Procedimiento Experimental.

#### *Agua y Partículas de Tiza*

1. Utiliza el embudo de plástico para vertir 50 mL (10 cucharaditas) de agua en la botella, sin que caiga agua en los lados de la botella.
2. Coloca la tapa y revuelve cuidadosamente la botella por 15 segundos. Saca la tapa.
3. Presiona y sostén la botella, y coloca el embudo de papel en la boca de la botella.
4. Coloca una pizca/cucharadita de polvo de tiza en el embudo de papel y deja rápidamente de presionar para que las partículas entren a la botella.
5. Saca el embudo de papel y tapa la botella.
6. Completa los Pasos 2-7 del Procedimiento Experimental.

### Agua y Partículas de Ceniza

Observa las cenizas. ¿Son las partículas de un tamaño uniforme? ¿Cómo se comparan las partículas de ceniza a las de tiza, sal o humo? Si hay partículas de varios tamaños, estima aproximadamente la cantidad de cada tamaño de partícula en una cucharada de ceniza.

1. Utiliza un embudo de plástico para verter 50 mL (10 cucharaditas) de agua en la botella, sin que caiga agua en los lados de la botella.
2. Coloca la tapa y revuelve cuidadosamente la botella por 15 segundos. Saca la tapa.
3. Presiona y sostén la botella, y coloca el embudo de papel en la boca de la botella.
4. Coloca una pizca/cucharadita de ceniza en el embudo de papel y deja rápidamente de presionar para que las partículas entren a la botella.
5. Saca el embudo de papel y tapa la botella.
6. Completa los Pasos 2-7 del Procedimiento Experimental.

### Agua y Partículas de Sal

1. Utiliza un embudo de plástico para verter 50 mL (10 cucharaditas) de agua en la botella, sin que caiga agua en los lados de la botella.
2. Coloca la tapa y revuelve cuidadosamente la botella por 15 segundos.
3. Presiona y sostén la botella, y coloca el embudo de papel en la boca de la botella.
4. Coloca una pizca/cucharadita de sal en el embudo de papel y deja rápidamente de presionar para que las partículas entren a la botella.
5. Saca el embudo de papel y tapa la botella.
6. Completa los Pasos 2-7 del Procedimiento Experimental.

### Limpieza

- Los contenidos de las botellas (excepto el de las cenizas) pueden enjuagarse en el lavamanos/lavaplatos con mucha agua.
- Partículas de ceniza: Vierte el líquido en un colador. Recoge las cenizas y mézclalas con abono o bótalas en la basura.
- Las botellas de plástico que estén en buena estado, pueden enjuagarse y volverse a usar en otras actividades (NO DEBEN USARSE PARA ALIMENTOS).

#### Notas:

*CONCEPTO ERRÓNEO: Adultos y estudiantes quizás asocien el término "aerosol" con latas de aerosol que usan CFC (clorofluorocarbonos) como propelente. El uso de CFCs como propelentes de aerosol fue prohibido en 1978 para prevenir la acumulación en la atmósfera superior y evitar la reducción de la capa de ozono, la cual protege la Tierra de la dañina radiación ultravioleta. Más información sobre productos propelentes que no contienen CFC, incluyendo métodos de reciclaje, pueden encontrarse en el Consejo del Consumidor sobre Productos de Aerosol: "El Medioambiente". Página Web - Consejo del Consumidor sobre Productos de Aerosol – CAPCO (por sus siglas en inglés). 06 de Marzo, 2009, <http://www.nocfcs.org/environment/home.htm>.*

**ADAPTACIONES  
PREESCOLAR-5<sup>TO</sup>  
GRADO**

---

Realiza la Parte B como una demostración para toda la clase. Utiliza la variante (humo, ceniza, tiza, sal) que sea más apropiada en tu región, o según tus circunstancias.

Enfócate en cómo se forman las nubes, cómo se identifican y el papel de ellas en el ciclo del agua. Utiliza ejercicios adicionales. Existen excelentes actividades desarrolladas por uno de los colaboradores del programa *Alrededor de las Américas*, el programa estudiantil de la NASA Observaciones de Nubosidad en Línea (S'COOL, por sus siglas en inglés):

“S'COOL - Recursos para Profesores”. Education Resources from the Science Directorate at NASA Langley Research Center. 06 Marzo, 2009  
<<http://science-edu.larc.nasa.gov/SCOOL/ForTeachers-resources.html>>.

U.S.G.S. (El Servicio Geológico de Estados Unidos). La Ciencia del Agua para Escuelas: El Ciclo del Agua– Diagramas del ciclo del Agua en Inglés, Francés, Español, Portugués, y en otros idiomas.

“El Ciclo del Agua, de La Ciencia del Agua para Escuelas, por USGS. Diagrama disponible en 60 idiomas”. Centro de la Ciencia del Agua, USGS de Georgia. 06 de Marzo, 2009 <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>>.