



TAKE CARE OF TEXAS: EDUCATOR MATERIALS

HANDOUT

Texas and the Clean Air Act

Introduction:

Can you imagine a world where the air we breathe is filled with clouds of smoke?

In the 1950s and 1960s, Texans, along with the rest of America, observed that their major cities were beginning to be covered by a dense smog. This smog was a mixture of smoke and fog and came from a wide range of sources – mostly industrial. The air around these major cities became increasingly unhealthy for people to breathe. In metropolitan areas of Texas like Houston, Dallas-Fort Worth, and San Antonio, air pollution was visible for most of the day and became a hazard for motorists and pedestrians alike.

This pollution was linked to unregulated emissions from cars, trucks, and factories. Since there were no controls on these sources, air pollution was rampant. The U.S. Congress passed the Clean Air Act (CAA) in 1970 and made major revisions in 1977 and 1990. Currently, the CAA requires the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) to establish air quality standards for six key criteria air pollutants that are the most dangerous to humans and the environment: carbon monoxide, nitrogen dioxide, ozone, particulate matter, sulfur dioxide, and volatile organic compounds. The CAA also requires states to adopt enforceable plans to achieve and maintain those standards.



Figure 1: Smoke from the burning of discarded auto batteries from a factory near Houston, Texas, April 1972: Marc St. Gil - NARA (#549634)

The Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ) is the state agency responsible for developing state plans to meet these air quality standards in Texas. TCEQ also sets up and maintains dozens of air quality monitors across the state.

In this activity, we will use data from the EPA's [National Emissions Inventory](#) webpage to create visual representations of how our air quality has changed since the CAA was passed. We will use the following data to create ratios for the ingredients in our experiments.

	1990	2019
CO	143.6 mil tons	44.7 mil tons
NO _x	25.2 mil tons	8.7 mil tons
O ₃	3.2 mil tons	N/A
PM-10	23.1 mil tons	2.3 mil tons
SO ₂	23.1 mil tons	2.0 mil tons
VOC ₂	23.1 mil tons	12.3 mil tons

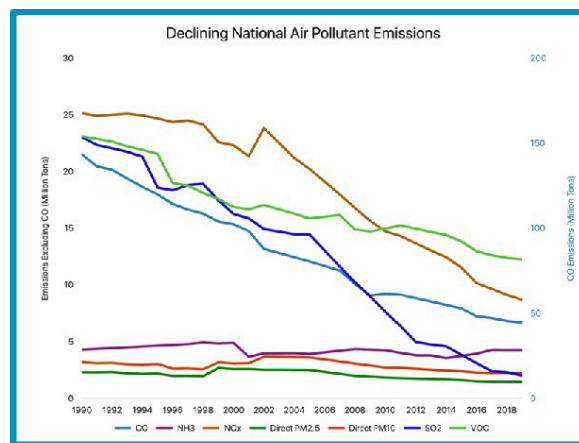


Figure 2: U.S. EPA National Emissions Inventory

Procedure:

The CAA helps us control the sometimes-invisible air pollutants that can be harmful to humans. In this experiment, we will use different visible materials to show these unseen pollutants.

One container will represent the air quality in the U.S. before the CAA was passed, and the other container will represent our current air quality.

1. Fill both containers with water. This water will be your “air.”
2. Gather the materials that will be representing the six criteria air pollutants that were designated by the EPA. The materials will correspond to the pollutants listed in the chart below:

Air Pollutant	Experiment Ingredients
Carbon monoxide	Red food coloring
Nitrogen dioxide	Green food coloring
Ozone (O ₃)	Yellow food coloring
Particulate matter (PM)	Black pepper
Sulfur dioxide (SO ₂)	Lemonade mix
Volatile organic compounds	Salt

Tip: Wear gloves to keep food coloring from dyeing the skin.

3. We will start with Carbon Monoxide (CO). This pollutant comes from exhaust of cars, trucks, and other machines. In 1990, the U.S. was emitting 143.6 million tons of CO, but in 2019 we only produced 44.7 million tons. That gives us a ratio of about 3:1. After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
3 drops of red food coloring	1 drop of red food coloring

4. Next, we will add Nitrogen Dioxide (NO₂). This pollutant also primarily comes from the burning of fossil fuels. In Texas, NO₂ is monitored along with other nitrous gases—all of which are referred to as NO_x gases.

In 1990, we were producing 25.2 million tons of NO_x gases, but in 2019 the U.S. only produced 8.7 million tons. This also gives us a 3:1 ratio. After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
3 drops of green food coloring	1 drop of green food coloring

5. Ozone (O₃) is tricky because it is not emitted directly. O₃ is actually caused by NO_x gases and VOCs mixing together in the lower atmosphere with heat from the sun. It is very unhealthy for humans to breathe, especially if they have health conditions that affect respiration, like asthma. We know that 8-hour ozone concentrations have dropped by about 25% since 1990, meaning the ratio should be 4:3. After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
4 drops of yellow food coloring	3 drop of yellow food coloring

6. Particulate Matter (PM) is a mixture of small particles and water droplets in the air. When it is present in large amounts, it can mix with ozone and other dangerous pollutants to become smog. In the U.S., we track two different sizes of particulate matter: PM-10, which is particles 10 micrometers or smaller, and PM-2.5, which is particles 2.5 micrometers or smaller.

In 1990, the U.S. directly produced 3.2 million tons of PM-10, but by 2019 that amount reduced to 2.3. These numbers give us a 3:2 ratio. Using a ¼ teaspoon as our unit, we will end up with 3/4 teaspoons and 2/4 teaspoons (1/2 teaspoon). After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
¾ tsp of black pepper	½ tsp of black pepper

7. Sulfur Dioxide (SO₂) comes from the burning of sulfur materials. The main sources of SO₂ are power plants and other large industrial facilities. In 1990, the U.S. was producing 23.1 million tons of SO₂, but we only produced 2 million tons in 2019. This gives us an almost 14:1 ratio. After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
3 and ½ tsp of lemonade mix	¼ tsp of lemonade mix

8. Volatile Organic Compounds (VOCs) is a broad term for gases emitted from chemicals. These gases can come from paints, aerosol cans, cleaners, disinfectants, pesticides, and other common chemicals used by humans. In 1990, the U.S. produced 23.1 million tons of VOCs but, in 2019, that amount dropped to 12.3 million tons. This gives us a 2:1 ratio for our experiment. After adding the “pollutant,” mix the solutions together.

Container #1 - Before the CAA	Container #2 - After the CAA
½ tsp of salt	¼ tsp of salt

9. Compare the two containers of water. Record your observations below.

10. Which pollutant was reduced the most by the Clean Air Act?

11. Which container of “air” would you rather breathe?

12. Watch the video “[How US Cities Would Look Without The Clean Air Act](#)”. If we never passed the CAA, what might be some other negative effects on large metropolitan areas if they looked like this?

13. What are some ways we can reduce the air pollution in our area?

Glossary:

- **Carbon Monoxide** – an odorless gas that is emitted from cars, trucks, and factories through the burning of a fuel source. When inhaled in large amounts, carbon monoxide can limit blood flow to the brain.
- Environmental Protection Agency (EPA) – the government organization created by President Richard Nixon in 1970 for environmental protection and compliance with the Clean Air Act (CAA).
- **Nitrogen Dioxide** – a very reactive gas that is primarily produced through the burning of fossil fuels. In high amounts, it can irritate one’s respiratory system, and could also produce detrimental environmental effects such as acid rain.
- **Ozone** – a gas that forms when three oxygen molecules bond together. It performs a very important job in our upper atmosphere by protecting the earth from the sun’s harmful rays. This blanket of ozone is called the ozone layer. However, when ozone is in our lower atmosphere where we breathe air, it can be harmful to humans.
- **Particulate Matter** – a mixture of small particles and water droplets in the air. When it is present in large amounts, it can mix with ozone and other dangerous pollutants to become smog. This is unhealthy for people to breathe, especially if they have asthma or other health conditions that might make them sensitive to air pollution.
- **Sulfur Dioxide** – a gas that is released through the burning of sulfurous materials, commonly produced by power plants and other industrial facilities.
- **Volatile Organic Compounds** – a broad term for several gases emitted from different organic chemicals, compounds, and mixtures of these compounds. These gases can come from paints, aerosol cans, cleaners, disinfectants, pesticides, and other common chemicals that we either use or encounter on a daily basis.



CUIDA A TEXAS: MATERIALES PARA MAESTROS

FOLLETO

Texas y la Ley de Aire Limpio

Introducción

¿Puedes imaginarte un mundo en el que el aire que respiramos está lleno de nubes de humo?

En los 1950 y 1960, los texanos, junto con el resto de los Estados Unidos, observaron que sus principales ciudades empezaban a estar cubiertas por una denso smog. Este smog era una mezcla de humo y niebla y provenía de una amplia gama de fuentes, principalmente industriales. El aire alrededor de estas grandes ciudades se volvía cada vez más insalubre para la gente el respirarlo. En áreas metropolitanas de Texas como Houston, Dallas-Fort Worth y San Antonio, la contaminación atmosférica era visible durante la mayor parte del día y se había convertido en un peligro tanto para los automovilistas como para los peatones.

Esta contaminación estaba relacionada con las emisiones no reguladas de coches, camiones y fábricas. Dado que no había controles sobre estas fuentes, la contaminación atmosférica era galopante. El Congreso de EE.UU. aprobó la Ley de Aire Limpio (CAA, por Clean Air Act) en 1970 y realizó importantes revisiones en 1977 y 1990. Actualmente, la CAA exige a la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA, por Environmental Protection Agency) que establezca normas de calidad del aire para seis contaminantes atmosféricos de criterios clave que son los más peligrosos para los seres humanos y el medio ambiente: monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, material particulado, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles. La CAA también exige a los estados



Figura 1. Humo de la quema de baterías de autos desechadas de una fábrica cerca de Houston, Texas, abril de 1972 (Marc St. Gil/NARA [#549634]).

que adopten planes ejecutables para alcanzar y mantener esas normas.

La Comisión de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ, por Texas Commission on Environmental Quality) es la agencia estatal responsable de elaborar los planes estatales para cumplir con estas normas de calidad del aire en Texas. La TCEQ también establece y mantiene docenas de monitores de calidad del aire por todo el estado.

En esta actividad, utilizaremos datos de la página web del Inventario Nacional de Emisiones de la EPA para crear representaciones visuales de cómo ha cambiado la calidad de nuestro aire desde que se aprobó la CAA. Utilizaremos los siguientes datos para crear proporciones para los ingredientes de nuestros experimentos.

	1990	2019
CO	143.6 millón de toneladas	44.7 millón de toneladas
NO _x	25.2 millón de toneladas	8.7 millón de toneladas
O ₃	3.2 millón de toneladas	N/A
PM-10	23.1 millón de toneladas	2.3 millón de toneladas
SO ₂	23.1 millón de toneladas	2.0 millón de toneladas
VOC ₂	23.1 millón de toneladas	12.3 millón de toneladas

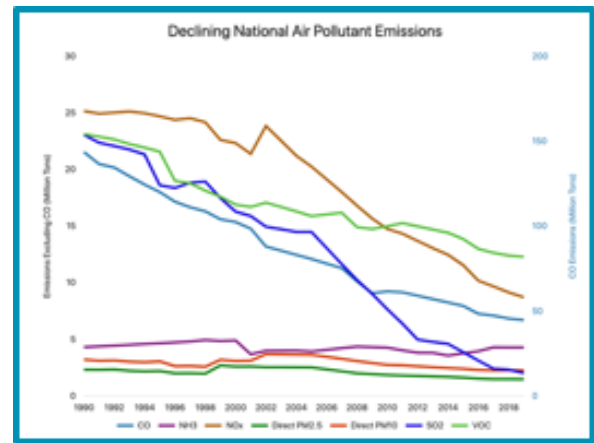


Figura 2. Inventario Nacional de Emisiones de la EPA de EE.UU.

Procedimiento

La CAA nos ayuda a controlar los contaminantes atmosféricos, a veces invisibles, que pueden ser perjudiciales para el ser humano. En este experimento, utilizaremos diferentes materiales visibles para mostrar estos contaminantes invisibles.

Necesitarás dos frascos de vidrio del mismo tamaño. Un frasco representará la calidad del aire en Estados Unidos antes de que se aprobara la CAA, y el otro frasco representará nuestra calidad de aire actual.

1. Llena ambos frascos con agua. Esta agua será tu “aire”.
2. Reúne los materiales que representarán los seis contaminantes atmosféricos de criterios que fueron designados por la EPA. Los materiales corresponderán a los contaminantes enumerados en el cuadro a continuación:

Contaminante atmosférico	Ingredientes del experimento
Monóxido de carbono (CO)	Colorante comestible rojo
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Colorante comestible verde
Ozono (O ₃)	Colorante comestible amarillo
Material particulado (PM)	Pimienta negra molida
Dióxido de azufre (SO ₂)	Mezcla de limonada en polvo
Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	Sal

Consejo: Utiliza guantes para evitar que el colorante comestible tiña la piel.

3. Empezaremos con el Monóxido de Carbono (CO). Este contaminante proviene del escape de los coches, camiones y otras máquinas. En 1990, EE.UU. emitió 143.6 millones de toneladas de CO, pero en 2019 solo produjimos 44.7 millones de toneladas. Eso nos da una proporción de aproximadamente 3:1. Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
3 gotas de colorante rojo	1 gota de colorante rojo

4. Enseguida, agregaremos Dióxido de Nitrógeno (NO_2) Este contaminante también proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles. En Texas, el NO_2 se monitorea junto con otros gases nitrosos, todos los cuales se conocen como gases NO_x . En 1990, estábamos produciendo 25.2 millones de toneladas de gases NO_x , pero en 2019 EE.UU. sólo produjo 8.7 millones de toneladas. Esto también nos da una proporción de 3:1. Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
3 gotas de colorante verde	1 gota de colorante verde

5. El Ozono (O_3) es complicado porque no se emite directamente. En realidad, el O_3 es causado por los gases NO_x y los VOC mezclándose en la atmósfera inferior con el calor del sol. Es muy insalubre para el ser humano el respirarlo, especialmente si tiene problemas de salud que afectan a la respiración, como el asma. Sabemos que las concentraciones de ozono de 8 horas se han reducido en aproximadamente un 25% desde 1990, lo que significa que la proporción debería ser de 4:3. Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
4 gotas de colorante amarillo	3 gotas de colorante amarillo

6. El Material Particulado (PM) es una mezcla de pequeñas partículas y gotitas de agua en el aire. Cuando está presente en grandes cantidades, puede mezclarse con el ozono y otros contaminantes peligrosos para convertirse en smog. En EE.UU., rastreamos dos tamaños diferentes de material particulado: PM-10, que son partículas de 10 micrómetros o menos, y PM-2.5, que son partículas de 2.5 micrómetros o menos.

En 1990, EE.UU. produjo directamente 3.2 millones de toneladas de PM-10, pero para 2019 esa cantidad se redujo a 2.3. Estas cifras nos dan una proporción de 3:2. Utilizando $\frac{1}{4}$ cucharadita como nuestra unidad, terminaremos con $\frac{3}{4}$ cucharadita y $\frac{2}{4}$ cucharadita ($\frac{1}{2}$ cucharadita). Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
$\frac{3}{4}$ cucharadita de pimienta negra	$\frac{1}{2}$ cucharadita de pimienta negra

7. El Dióxido de Azufre (SO_2) proviene de la combustión de materiales sulfurosos. Las principales fuentes de SO_2 son las centrales eléctricas y otras grandes instalaciones industriales. En 1990, EE.UU. estaba produciendo 23.1 millones de toneladas de SO_2 , pero en 2019 sólo produjimos 2 millones de toneladas. Esto nos da una proporción de casi 14:1. Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
3 $\frac{1}{2}$ cucharaditas de mezcla de limonada	$\frac{1}{4}$ cucharadita de mezcla de limonada

8. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) es un término amplio para los gases emitidos por productos químicos. Estos gases pueden provenir de pinturas, latas de aerosol, limpiadores, desinfectantes, pesticidas y otros productos químicos comunes utilizados por los seres humanos. En 1990, EE.UU. produjo 23.1 millones de toneladas de VOC, pero, en 2019, esa cantidad se redujo a 12.3 millones de toneladas. Esto nos da una proporción de 2:1 para nuestro experimento. Después de agregar el “contaminante”, mezcla las soluciones.

Frasco No. 1: Antes de la CAA	Frasco No. 2: Después de la CAA
$\frac{1}{2}$ cucharadita de sal	$\frac{1}{4}$ cucharadita de sal

9. Compara los dos frascos de agua. Anota tus observaciones a continuación.
10. ¿Cuál contaminante se redujo más con la Ley de Aire Limpio?
11. ¿Cuál frasco de “aire” prefieres respirar?
12. Ve el vídeo “How US Cities Would Look Without the Clean Air Act” (“Cómo se verían las ciudades de EE.UU. sin la Ley de Aire Limpio”). Si nunca aprobáramos la CAA, ¿cuáles podrían ser otros efectos negativos sobre grandes áreas metropolitanas si tuvieran este aspecto?
13. ¿Cuáles son algunas formas en las que podemos reducir la contaminación del aire en nuestra área?

Glosario

- **Agencia de Protección Ambiental (EPA):** La organización gubernamental creada por el presidente Richard Nixon en 1970 para la protección del medio ambiente y el cumplimiento de la Ley de Aire Limpio (CAA).
- **Monóxido de carbono (CO):** Un gas inodoro que emiten los coches, los camiones y las fábricas al quemar algún tipo de combustible. Cuando se inhala en grandes cantidades, el monóxido de carbono puede limitar el flujo sanguíneo al cerebro.
- **Dióxido de nitrógeno (NO₂):** Un gas muy reactivo que se produce principalmente mediante la quema de combustibles fósiles. En grandes cantidades, puede irritar el sistema respiratorio, y también podría producir efectos ambientales perjudiciales, como la lluvia ácida.
- **Ozono (O₃):** Un gas que se forma cuando tres moléculas de oxígeno se unen. Realiza una labor muy importante en nuestra atmósfera superior al proteger a la Tierra de los rayos dañinos del sol. Este manto de ozono se llama capa de ozono. Sin embargo, cuando el ozono se encuentra en nuestra atmósfera inferior, donde respiramos el aire, puede ser perjudicial para los seres humanos.
- **Material Particulado (PM):** Una mezcla de pequeñas partículas y gotitas de agua en el aire. Cuando está presente en grandes cantidades, puede mezclarse con ozono y otros contaminantes peligrosos para convertirse en smog. Esto es insalubre para la gente al respirarlo, especialmente si tienen asma u otras condiciones de salud que podrían hacerlas sensibles a la contaminación del aire.
- **Dióxido de azufre (SO₂):** Un gas que se libera a través de la combustión de materiales sulfurosos, comúnmente producido por las centrales eléctricas y otras instalaciones industriales.
- **Compuestos orgánicos volátiles (VOC):** Término amplio que designa varios gases emitidos por diferentes productos químicos orgánicos, compuestos y mezclas de estos compuestos. Estos gases pueden provenir de pinturas, latas de aerosol, limpiadores, desinfectantes, pesticidas y otros productos químicos comunes que utilizamos o encontramos a diario.

Referencias

- Environmental Law Institute. [Basics of the Clean Air Act](https://www.youtube.com/watch?v=JsFZKPNXRUs). www.youtube.com/watch?v=JsFZKPNXRUs
- Environmental Protection Agency. [Air Issues in Texas](https://www.epa.gov/tx/air-issues-texas). www.epa.gov/tx/air-issues-texas
- Environmental Protection Agency. [Green Book](https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/tx8_2015.html). www3.epa.gov/airquality/greenbook/tx8_2015.html
- Environmental Protection Agency. [History of Reducing Air Pollution from Transportation in the United States](https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/accomplishments-and-success-air-pollution-transportation). www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/accomplishments-and-success-air-pollution-transportation
- Environmental Protection Agency. [Air Pollutant Emissions Trends Data](https://www.epa.gov/air-pollutant-emissions-trends-data). [www.epa.gov/](https://www.epa.gov/air-pollutant-emissions-trends-data)

air-emissions-inventories/air-pollutant-emissions-trends-data

- Environmental Protection Agency. [Our Nation's Air 2020](https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2020). gispub.epa.gov/air/trendsreport/2020
- National Archives. [Smoke from the Burning of Old Auto Batteries](https://catalog.archives.gov/id/549634). catalog.archives.gov/id/549634
- Tech Insider. [How US Cities Would Look Without the Clean Air Act](https://www.youtube.com/watch?v=8s5kRxFwssw). www.youtube.com/watch?v=8s5kRxFwssw

Nota: Algunas de estas referencias provienen de fuentes externas y es posible que no reflejen las opiniones de la TCEQ. Antes de utilizar una referencia, verifique que sea apropiada para sus alumnos.