

Aerogel



Center for Nanotechnology Education

Versión 022519



Este material está basado en trabajo apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia bajo la Concesión Número 0802323, 1204918 y 1501878. **Cualquier opinión, hallazgos, conclusiones o recomendaciones expresadas en este material son las del autor(es) y no necesariamente representan las opiniones de la Fundación Nacional de Ciencias.**



Este trabajo está licenciado por [“Creative Commons Attribution-NonComercial-ShareAlike 3.0 Unported License”](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

Basado en un trabajo en www.nano-link.org.

Aerogel

Abstracto

Los aerogeles son las sustancias semisólidas conocidas más livianas que existen. Los aerogeles de sílice o dióxido de silicio (SiO_2) tienen la misma estructura química que la arena de sílice o el vidrio de las ventanas, pero tienen diferencias estructurales que les otorgan una variedad de propiedades interesantes. Los aerogeles tienen poros a nano escala y mayor área superficial interna, lo que les otorga una densidad de masa extremadamente baja, muy buen aislamiento térmico, transparencia a la luz y alta resistencia al impacto. Estas propiedades hacen que los aerogeles sean atractivos para muchos productos, y se utilizan en aislamiento térmico, ventanas resistentes a la temperatura y la industria espacial.

En este módulo se incluye una actividad de laboratorio donde los estudiantes aprenden sobre aerogeles y algunos de los fenómenos a nano escala que les otorgan sus propiedades excepcionales.

Resultados

- Definir qué es un aerogel y enumerar sus propiedades físicas excepcionales.
- Identificar varios usos de los aerogeles.
- Definir los conceptos de densidad y conducción térmica.
- Explicar cómo se relaciona la densidad y la conducción térmica con los aerogeles.
- Relacionar el material del cual se compone el aerogel con el color que produce el gel.
- Explicar la relación entre la estructura del aerogel con sus propiedades físicas.

Prerrequisitos

- Conocimiento básico en química

Correlación

Conceptos Científicos

- Densidad de masa
- Conducción térmica
- Fragilidad y elasticidad
- Secado supercrítico

Conceptos de Nanociencia

- Área superficial
- Estructuras en la nano escala

Información de trasfondo

Los aerogeles se pueden definir como "... una clase diversa de materiales porosos y sólidos que exhiben una asombrosa variedad de propiedades materiales extremas" (obtenido de: *Aerogel.org*). Estos tienen densidades de masa extremadamente bajas, tan bajas como 0.020 gramos por centímetro cúbico ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ o g/cm^3). Esto significa que el agua es 50 veces más densa que un aerogel. Los aerogeles son los materiales semisólidos de menor densidad que se han producido y pueden ser tan livianos como $0.0011 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Para poner este dato en perspectiva, comparemos esto con objetos comunes más familiares: se necesitarían 150 pedazos de aerogel del tamaño de un ladrillo para pesar igual que un galón de agua. Los aerogeles tienen un 95-99% de aire (u otro gas) por volumen, y el aerogel de menor densidad que se ha producido tiene un 99.98% de aire por volumen.

La mayoría de nosotros estamos familiarizados con geles regulares como lo son los postres de gelatina. Un gel regular está formado por un líquido atrapado en los poros de una estructura ("framework") semisólida. En el caso de la gelatina comestible, el agua queda atrapada dentro de una estructura proteica, formando un semisólido blando. Los aerogeles, son materiales de gel seco: tienen la estructura semisólida de un gel y gas o vacío en sus poros, en lugar de líquido. La definición técnica de un aerogel es "una espuma sólida, mesoporosa y de celdas abiertas que se compone de una red de nanoestructuras interconectadas" (*Aerogel.org*). El término "mesoporoso" generalmente se refiere a un material que contiene poros que varían de 2 a 50 nm de diámetro, haciendo de los aerogeles un material nanoestructurado. Se necesitarían alrededor de 2,000 de los poros más grandes en este material, estirados a lo largo de una línea, para igualar el diámetro de un cabello humano.

El primer aerogel fue producido por Samuel S. Kistler en 1931 en "College of the Pacific" en Stockton, California. Kistler produjo aerogel comenzando con *gel de sílice*, un material que usualmente es utilizado en forma de polvo para recoger la humedad. En algunas ocasiones, paquetes pequeños de gel de sílice en polvo se colocan en cajas de zapatos nuevos, productos electrónicos y otros artículos que los fabricantes desean proteger del exceso de humedad. Kistler lavó el gel de sílice con agua para eliminar las sales del gel y luego sustituyó el agua por alcohol a través un proceso orgánico. Adicional, utilizó un proceso conocido como *secado de fluido supercrítico*, o "SCF" (por sus siglas en inglés), para eliminar el alcohol mientras se mantiene la estructura del gel. En el secado "SCF", se coloca un líquido o gel en una cámara sellada que es altamente presurizada. A esta presión tan alta, los gases se vuelven tan densos como los líquidos y no existen como fases separadas. Después de permitir que el alcohol escape de la cámara de presión, el material restante puede secarse para formar un material extremadamente ligero que Kistler llamó "aerogel".

Definiciones

- **Densidad:** Masa por unidad de volumen.
- **Conducción termal:** La propiedad de un material que determina cuán bien o mal (con facilidad o dificultad) transfiere energía en forma de calor.
- **Fragilidad:** Tendencia a romperse al estar expuesto a niveles altos de estrés. Los materiales quebradizos tienen poca tensión antes de alcanzar su límite elástico y tienden a romperse en ese límite.
- **Elasticidad:** La propiedad de un material que le permite volver a su forma original luego de la compresión, expansión, estiramiento o cualquier otra deformación.
- **Fibra óptica:** Tecnología basada en el uso de fibras transparentes del ancho de un cabello para transmitir luz o señales infrarrojas.
- **Índice de refracción:** De una sustancia, es igual a la relación de la velocidad de la luz en el vacío y su velocidad en esa sustancia. Su valor determina la medida en que la luz se refracta (o dobla) al entrar o salir de la sustancia.
- **Punto crítico:** A medida que aumenta la presión sobre un gas, éste aumenta en densidad; con una presión lo suficientemente alta, el vapor de una sustancia será tan denso que parecerá la fase líquida de la sustancia. El punto crítico es la medida de temperatura y presión a la cual no hay diferencia entre la fase líquida y gaseosa de una sustancia.

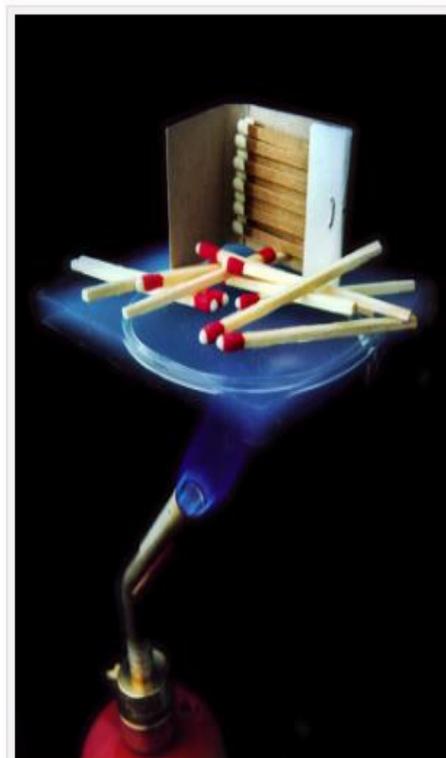
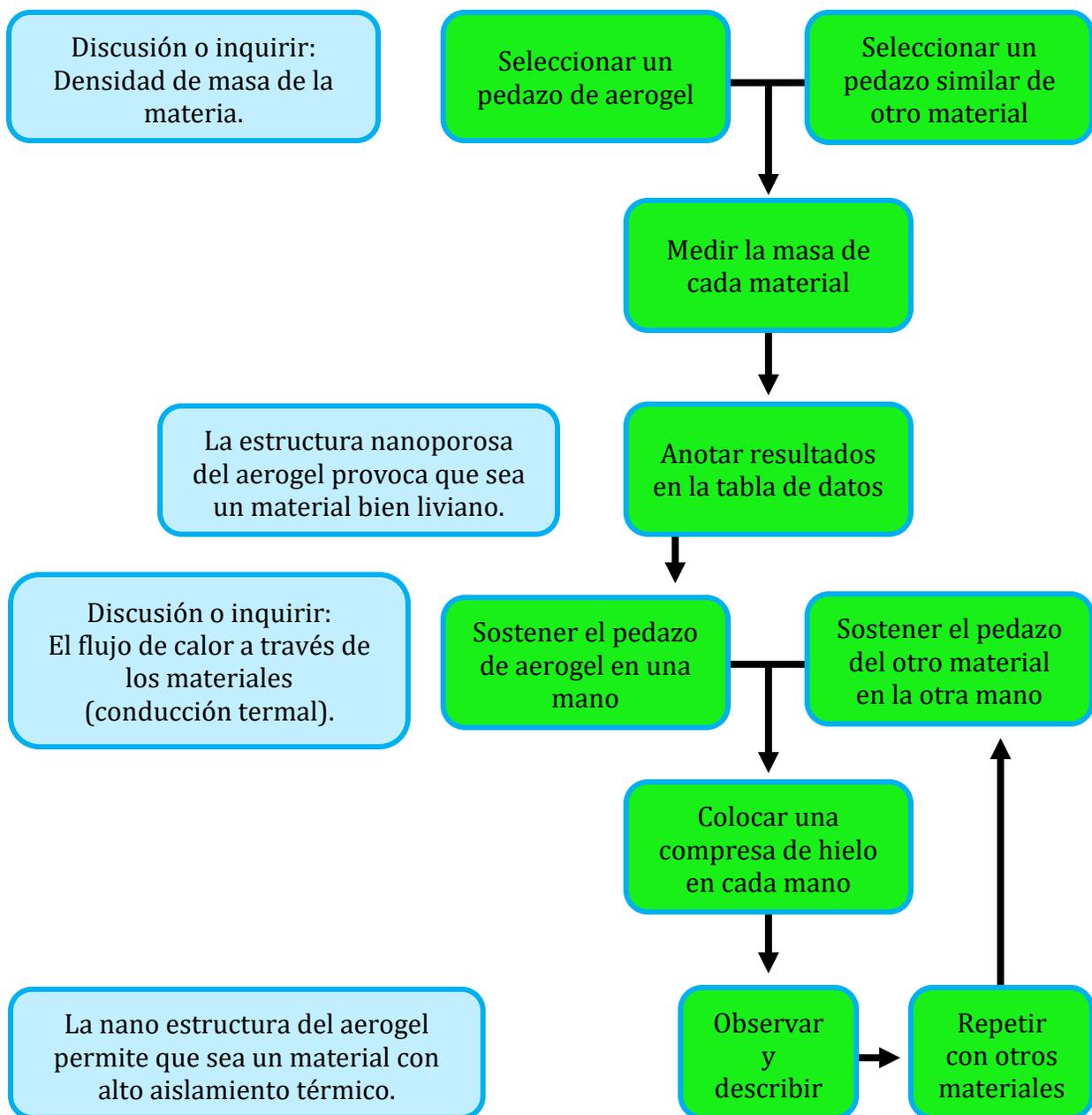


Figura 1. El aerogel es prácticamente un aislante perfecto. En esta imagen se muestra cómo un pedazo pequeño de aerogel puede proteger los fósforos de la flama de un soplete. *Imagen: NASA/JPL.*

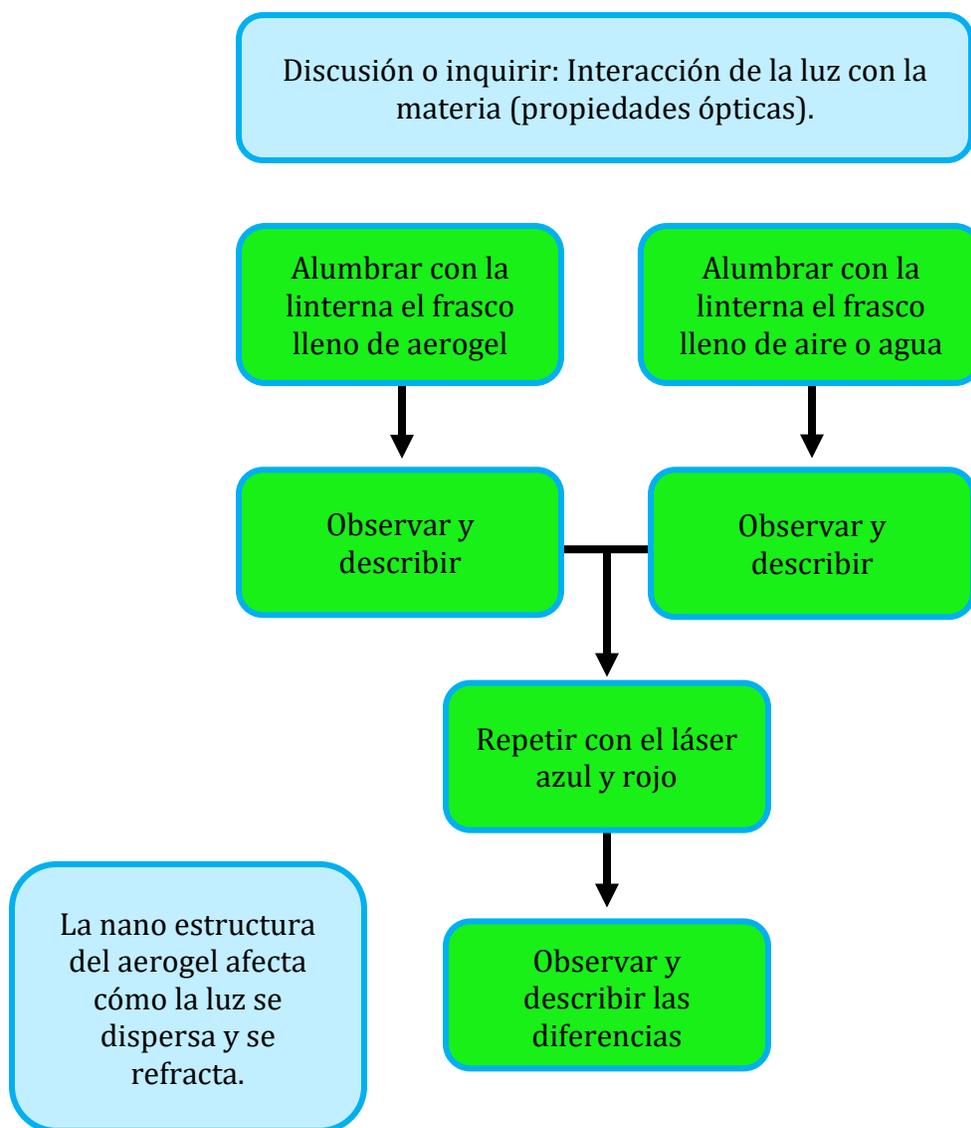
Actividad de aprendizaje: Aerogel

Flujograma de la actividad – Parte 1



Actividad de aprendizaje: Aerogel

Flujograma de la actividad – Parte 2



Actividad de aprendizaje: Aerogel

El aerogel es un material de alto rendimiento que tiene poros a nano escala. En esta actividad de laboratorio investigarás la conductividad térmica (habilidad para conducir calor), el bajo índice de refracción y la densidad (masa por unidad de volumen).

Materiales y equipo

- Pedazos de cada uno de los siguientes materiales:
 - Manta aislante de aerogel^(a)
 - Fieltro
 - Algodón
 - Plástico
 - Vellón (manufacturada / “fleece”)
 - Lana (natural / “wool”)
 - Aluminio
- Dos compresas de hielo (“ice packs”)
- Frasco (vial) con partículas de aerogel^(b)
- Frasco (vial) vacío
- Frasco (vial) con agua
- Láser azul
- Láser rojo
- Linterna
- Balanza de laboratorio o balanza con resolución de 0.1 g
- Gafas de seguridad
- Guantes de laboratorio

(a) <https://www.amazon.com/Aerogel-Silica-Block/>

(b) <https://www.amazon.com/Silica-Aerogel-Frozen-Lightest-Hydrophobic/>

Seguridad

El aerogel provoca resequedad en la piel y no debe de utilizarse sin guantes. La manta aislante de aerogel debe permanecer en una bolsa plástica sellada y no abrirse en ningún momento del experimento. Los frascos con aerogel no deben de abrirse.

Procedimiento

Parte 1: Densidad y aislamiento térmico (termal)

1. Obtén un pedazo (en forma de cuadrado) de manta aislante de aerogel sellado en una bolsa plástica.
2. Mide la masa (en gramos) utilizando la balanza. Anota la masa en la tabla de datos correspondiente.
3. Obtén un pedazo (con forma similar) de uno de los otros materiales.
4. Mide la masa (en gramos) utilizando la balanza. Anota la masa en la tabla de datos correspondiente.
5. Coloca el pedazo de manta aislante de aerogel (sellado en la bolsa plástica) en una de tus manos.
6. Coloca el pedazo del otro material en tu otra mano.
7. Coloca una compresa de hielo en cada una de tus manos y espera por varios minutos.
8. ¿Qué mano sientes más “fría”? ¿Qué material tiene la mejor propiedad aislante? Marca los resultados en la tabla de datos correspondiente.
9. Repite los pasos desde el 3 hasta el 8 con los materiales adicionales.

Datos

Masa de cada material, en gramos				Compara: ¿Cuál es el mejor aislante? Marca el espacio del mejor aislante.			
Manta aislante de aerogel		Fieltro		Manta aislante de aerogel		Fieltro	
Manta aislante de aerogel		Algodón		Manta aislante de aerogel		Algodón	
Manta aislante de aerogel		Plástico		Manta aislante de aerogel		Plástico	
Manta aislante de aerogel		Vellón		Manta aislante de aerogel		Vellón	
Manta aislante de aerogel		Lana		Manta aislante de aerogel		Lana	
Manta aislante de aerogel		Aluminio		Manta aislante de aerogel		Aluminio	

Preguntas de discusión

1. Describe cómo difiere la masa de cada material.
2. ¿Qué material o materiales aíslan el calor de tu mano y no permiten que se transfiera hacia la compresa de hielo? Es decir, hacen parecer que “te protegen del frío de las compresas de hielo”.
3. ¿Qué material o materiales conducen el calor desde tu mano hacia la compresa de hielo? Es decir, hacen parecer que el “frío se conduce desde la compresa de hielo hacia tu mano”.
4. ¿Puedes pensar en otros usos que se le puede dar a una manta aislante de aerogel como la que utilizaste en este experimento?

Parte 2: Propiedades ópticas

1. Utiliza una linterna y alumbrá el frasco lleno de partículas de aerogel. Describe el color del aerogel, cuando la luz blanca alumbrá las partículas, al observarlas de lado.

2. Observa y describe cómo la luz de la linterna alumbrá o brilla a través de las partículas de aerogel y emerge del frasco. _____

3. En un cuarto oscuro, alumbrá con la linterna las partículas de aerogel que están en el frasco, sobre un fondo blanco. ¿De qué color se observa la luz que atraviesa el frasco y golpea el fondo blanco? _____
4. En el cuarto oscuro, alumbrá con el láser azul y el rojo las partículas de aerogel que están en el frasco, sobre el fondo blanco. ¿Se observan diferencias? ¿Cuáles?

5. Observa el punto del láser que atraviesa las partículas de aerogel que están en el frasco y cae en el fondo blanco. ¿Qué color de láser parece estar más disperso y menos enfocado luego de atravesar el aerogel? ¿El azul o el rojo? _____

Parte 3: Densidad de masa

1. Haz que uno de tus compañeros cierre sus ojos y extienda sus manos. Coloca un frasco lleno de aire (parece estar vacío) en una de sus manos y un frasco lleno de agua en su otra mano. Verifica si puede determinar cuál frasco contiene algo adicional al aire. ¿Se puede percibir la diferencia en masa de los dos frascos? _____
2. Realicen el mismo experimento con el frasco lleno de agua y el frasco lleno de aerogel. ¿Se puede sentir la diferencia entre los dos? _____
3. Ahora, comparen el frasco lleno de aire con el frasco lleno de aerogel. ¿Se puede sentir la diferencia entre los dos? _____

Preguntas de discusión

1. Describe la composición del aerogel.
2. Describe cómo se produce o hace el aerogel.
3. El aerogel es considerado un material extremo. Haz una lista de por lo menos tres propiedades que hacen al aerogel un material extremo.
4. ¿Por qué los aerogeles son transparente?
5. Provee ejemplos de las aplicaciones de los aerogeles.
6. ¿Por qué hay una relación entre el aerogel y la nanotecnología?
7. ¿Qué material o materiales demostraron ser buenos aislantes térmicos?
8. ¿Por qué el aerogel se observa color azul?
9. Enumera varios usos del aerogel.
10. ¿Cómo un material quebradizo como el aerogel puede utilizarse como material amortiguador?

Usos presentes y aplicaciones futuras

Los aerogeles se encuentran en productos electrónicos como condensadores; en pinturas para aumentar las propiedades térmicas y hacer superficies seguras al tacto; en cosméticos como agentes espesantes; y absorbentes químicos para limpiar derrames químicos y de petróleo. Dado que los aerogeles también son excelentes aislantes térmicos, se utilizan para proporcionar aislamiento en ropa de alto rendimiento, como equipos de extinción de incendios y trajes de buceo, mantas y ventanas. Un pedazo pequeño de aerogel tiene un valor de aislamiento térmico suficientemente alto como para proteger fósforos de la flama de un soplete, como se muestra en la imagen de la Figura 1.

Actualmente, el aerogel, se está utilizando en la investigación científica. Se utilizó un sifón (una trampa) de aerogel en la misión “Stardust” de la NASA para recolectar muestras de la cola de un cometa. Adicional, se utiliza en detectores de radiación “Cherenkov”, que es emitida por partículas muy energéticas que pasan a través de materiales dieléctricos.

Una posible forma en que los científicos pueden usar aerogel en el futuro es en la energía solar. Las celdas solares necesitan materiales altamente absorbentes y no reflectantes. Los aerogeles de carbono tienen una superficie rugosa y múltiples áreas para la dispersión interna de fotones de luz solar, lo que cumple con estos requisitos y puede aumentar la recolección (acumulación) de energía solar.

Recursos multimedia

Videos

- “QUEST Lab: Aerogel”
<https://www.youtube.com/watch?v=kHnen2nSmDY>
- “Aerogel Superinsulation Blowtorch Demo: Hershey’s Kiss”
<https://www.youtube.com/watch?v=5sw1tNeJ0Rw>
- “Aerogel Demonstration: Discovery Channel Science”
<https://www.youtube.com/watch?v=ZsOsWqtrh5M>

Artículos

1. "Aerogels: Their History, Structure, and Applications." *"The Frontier"*. Recuperado el 18 de marzo de 2017. <http://geobeck.tripod.com/frontier/aerogels.html>
2. DeForrest. "Aerogel Uses: Current and Future." *Título desconocido*. "Western Oregon University". Recuperado el 18 de marzo de 2017. www.wou.edu/las/physci/ch350/Projects_2006/DeForrest/Aerogel%20Project/Uses-Current%20and%20Future.html
3. Laboratorio de propulsión jet, NASA. "Stardust NASA's Comet Sample Return Mission". Recuperado el 19 de marzo de 2017. <http://stardust.jpl.nasa.gov/photo/aerogel.html>

Reconocimientos

- Carol Bouvier, “Wheeling High School”, Wheeling, IL.
- Dr. James Marti, Científico Principal, “University of Minnesota”, Minneapolis, MN.
- Deb Newberry, “Dakota County Technical College”, Rosemount, MN.
- Traducido al español por Rodfal A. Rodríguez y María T. Rivera de Cupey María Montessori School, San Juan, PR.