

Nanopartículas y protectores solares



Center for Nanotechnology Education



Este material está basado en trabajo apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia bajo la Concesión Número 0802323 y 1204918. **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-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License”](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

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

Nanopartículas y protectores solares

Abstracto

En esta actividad, los estudiantes son introducidos a la función de los protectores solares y aprenden cómo se pueden utilizar las nanopartículas para proteger a las personas de la radiación ultravioleta (UV). Utilizan papel foto-crómico como sensor UV, colocan muestras de diferentes tipos de protector solar sobre este sensor UV, exponen sus muestras a la luz UV y determinan el nivel de exposición a través de cada tipo de protector solar. Usando estas herramientas, los estudiantes comparan la efectividad de los protectores solares convencionales (basados en químicos) y los basados en nanopartículas.

Resultados

Después de completar este módulo, los estudiantes podrán:

- Definir los tipos de radiación ultravioleta e identificar sus largos de onda.
- Describir los mecanismos de absorción de luz y dispersión de luz.
- Explicar la diferencia en el mecanismo de acción de los protectores solares químicos y los de nanopartículas (óxido inorgánico).
- Comparar la eficacia de diferentes productos de protección solar mediante unas pruebas específicas.

Prerrequisitos

Los estudiantes deben tener cierta exposición a los siguientes conceptos de ciencias físicas que suelen encontrarse en las ciencias de octavo grado:

- La naturaleza ondulatoria de la luz.
- Conceptos básicos de los enlaces químicos.
- Familiaridad con los prefijos SI. Específicamente micro- (10^{-6}) y nano- (10^{-9}).

Correlación

Conceptos Científicos

- El espectro electromagnético y dónde se encuentra la luz visible en ese espectro.
- La relación entre color, largo de onda y energía.
- Las interacciones de la luz y la materia pueden incluir la absorción y la dispersión; dependen del largo de onda de la luz y las propiedades del material.

Conceptos de Nanociencia

- Propiedades de la materia que dependen del tamaño de las partículas.
- Las partículas en el rango de tamaño nanométrico dispersan la luz con largos de onda más cortos en comparación con las partículas más grandes. Esta propiedad puede ser explotada en productos de consumo.

Información de trasfondo

Cuando la energía electromagnética incide sobre la materia (“la golpea”), la interacción resultante depende en gran medida de la naturaleza del material. Las interacciones de la luz con la materia incluyen: la reflexión, refracción, transmisión, absorción y dispersión, así como una combinación de estas interacciones. La energía electromagnética (EM) se puede describir en términos de su largo de onda a través de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

donde h es la constante de Plank, c es la velocidad de la luz en el vacío y λ es la letra griega lambda que representa el largo de onda de la energía EM. Los largos de onda mayores equivalen a una energía más baja y los

largos de onda menores equivalen a energías más altas. La [Figura 1](#) muestra la porción visible del espectro EM. Los largos de onda visibles varían desde aproximadamente 400 nanómetros (nm) (luz azul) hasta 700 nm (luz roja). Largos de onda mayores que el rojo se llaman infrarrojos y tienen una energía más baja, mientras que los largos de onda menores que el azul se denominan ultravioleta y tienen una energía más alta.

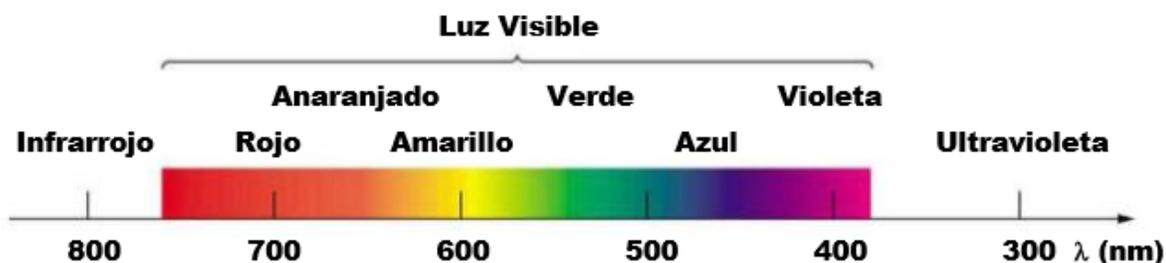


Figura 1. Cada color en el espectro visible tiene un largo de onda y energía asociadas al mismo. El rojo tiene la longitud de onda más larga en el espectro visible y también la energía más baja. El violeta tiene la longitud de onda más corta y la energía más alta. El largo de onda está asociado con la energía a través de la fórmula: $E=hc/\lambda$.

Crédito de la imagen: <http://cnx.org/content/m42444/1.3/>

La luz solar contiene radiación visible más luz ultravioleta con largo de onda más corto. Se ha demostrado que la exposición prolongada a la luz solar conduce al envejecimiento prematuro de la piel y aumenta el riesgo de cáncer de piel. Estos efectos se deben a los rayos ultravioleta (UV) presentes en la luz solar. Esta parte del espectro de la luz solar también es responsable del bronceado de la piel. La luz UV solar que llega a la superficie de la Tierra está compuesta principalmente por luz ultravioleta "UV-A", con largos de onda de 315 a 400 nanómetros y una cantidad menor de luz "UV-B", con largos de onda de 280-315 nanómetros.

Además de la ropa adecuada y la exposición a la luz solar de forma moderada, se recomiendan productos de protección solar para reducir el riesgo en la salud de la exposición a los rayos ultravioleta. Los protectores o filtros solares funcionan aprovechando las formas en que los materiales y la luz interactúan para reducir la cantidad de UV que llega a la piel. Los dos tipos de interacción estudiados en esta actividad son la absorción y la dispersión.

Absorción de luz

Los protectores solares convencionales están basados en sustancias químicas y operan sobre el principio de absorción. Estos protectores solares utilizan un producto químico diseñado para que cada una de sus moléculas pueda absorber un fotón de luz UV de alta energía y luego liberar esa energía como un fotón de menor energía con un largo de onda mayor. Esta emisión de menor energía es inofensiva para la piel humana.

Algunos ejemplos de estos compuestos absorbentes son PABA (ácido para amino benzoico) y éster 2-etilhexílico del ácido 4-etoxicinámico, más comúnmente conocido como octinoxato. Las Figuras 2 y 3 presentan una estructura simplificada de estas dos moléculas **orgánicas**. En este tipo de representación, los átomos de carbono no se dibujan, sino que se encuentran en cada intersección de líneas.

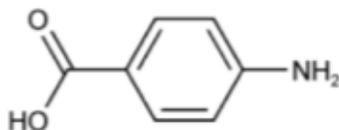


Figura 2. Molécula PABA

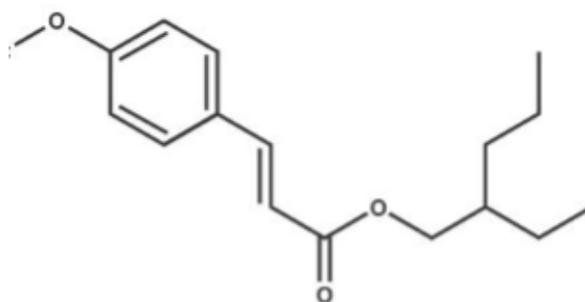


Figura 3. Molécula de octinoxato

En ambos compuestos, los enlaces dobles son los principales responsables de la absorción de fotones UV. Esta absorción puede resultar en un enlace roto, lo que lo hace ineficaz para continuar absorbiendo esa energía. Después de un tiempo de exposición, la mayoría de los enlaces encargados de la absorción se han roto y el protector solar pierde su capacidad de protección. Es por esta razón que el producto se tiene que volver a aplicar.

Dispersión de la luz

Los fabricantes de protectores solares han buscado otras estrategias para bloquear la radiación UV. Uno de esos enfoques utiliza nanopartículas para dispersar fuera de la piel la radiación UV entrante. Dicha dispersión de luz requiere un material de un tamaño cercano al del largo de onda de la luz que se desea dispersar (o el propio material puede ser más grande, pero debe tener características de un tamaño comparable al largo de onda deseado). Los largos de onda de la luz ultravioleta están en el rango de 280 a 400 nanómetros y se requieren pequeñas partículas de este tamaño o algo por debajo de este tamaño para una dispersión efectiva de la luz UV. Los primeros productos que utilizaron la dispersión de la luz en un protector solar emplearon polvos **inorgánicos** ya fabricados para su uso en la industria de la pintura, como el óxido de zinc (ZnO) y el dióxido de titanio (TiO₂).

Estos materiales eran polvos finamente molidos con partículas de un rango de tamaño relativamente amplio; incluyeron partículas del tamaño correcto para dispersar la luz UV, pero también partículas más grandes efectivas para dispersar la luz visible (la luz visible tiene largos de onda mayores y, por lo tanto, se requieren partículas más grandes para una dispersión efectiva). Como resultado, estos productos fueron eficientes para reducir la exposición a los rayos UV, pero también tuvieron el efecto indeseable de dispersar la luz visible, por lo que su apariencia es blanca al aplicarlos sobre la piel.

Nanotecnología

Más recientemente, los científicos han podido hacer y estudiar partículas a escala nanométrica. Se han desarrollado nuevos métodos para hacer preparaciones uniformes de partículas en el rango de 100 a 200 nanómetros; estas partículas dispersan efectivamente la luz UV, pero no interactúan con la luz visible, haciéndolas transparentes. Los protectores solares basados en nanopartículas han ganado popularidad en los últimos años. Las Figuras 4 y 5 contrastan el tamaño de las partículas utilizadas en los protectores solares con base química con el de las nanopartículas utilizadas en los protectores solares modernos.

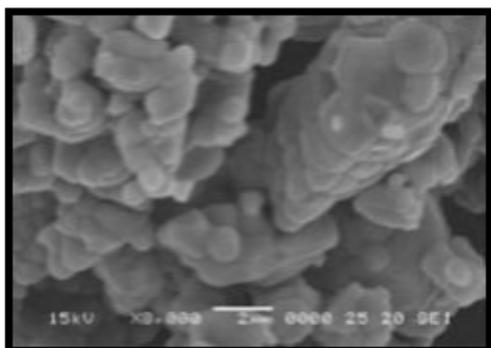


Figura 4. Partículas comerciales de Zinc

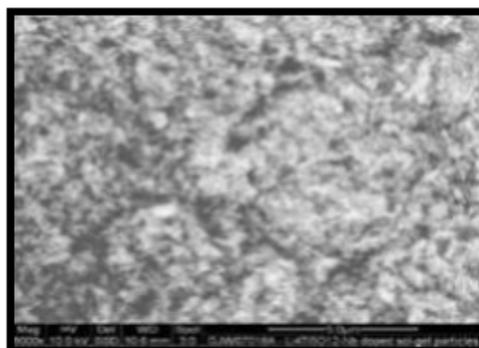


Figura 5. Nanopartículas de Zinc

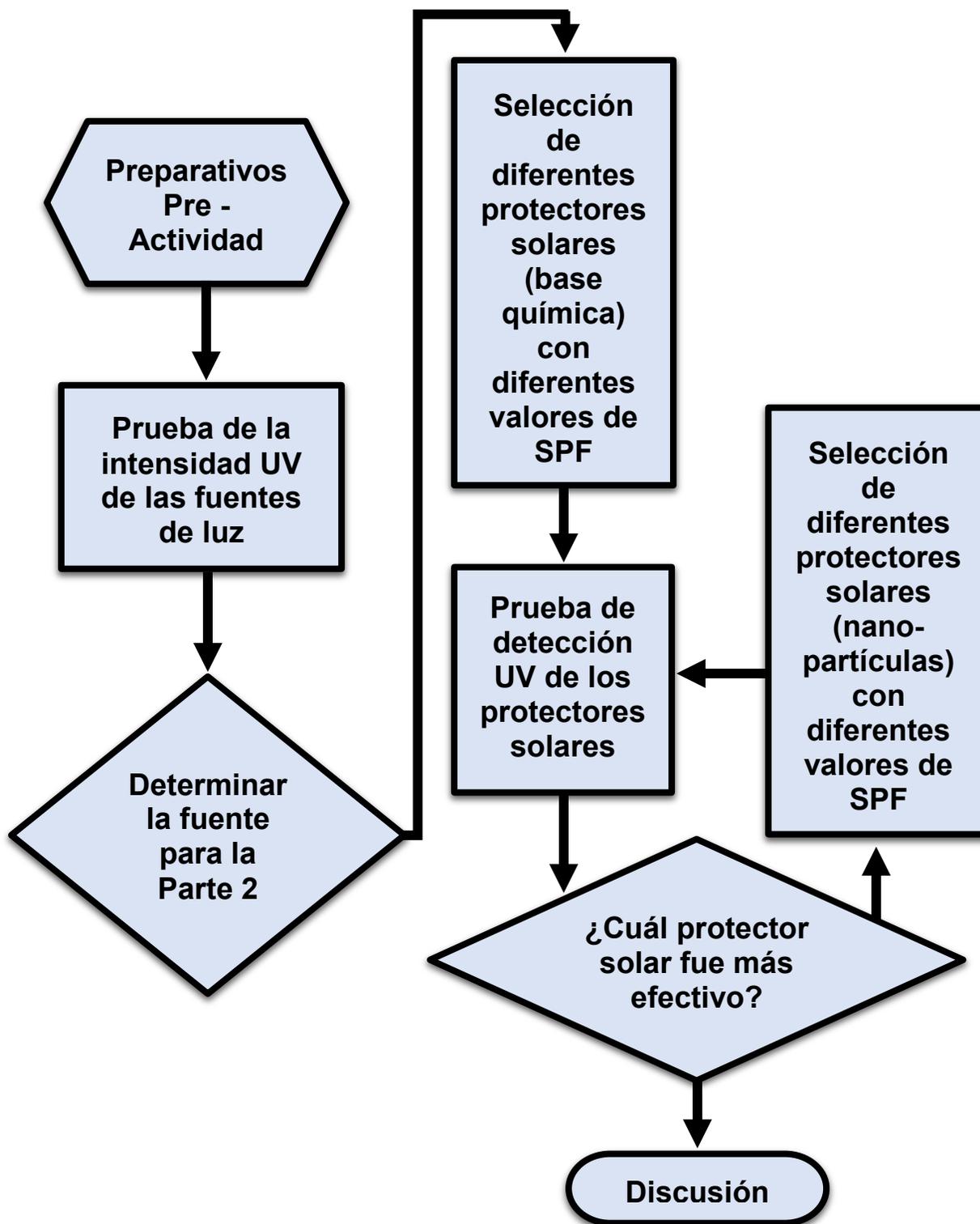
En esta actividad, los estudiantes compararán varios protectores solares por su capacidad para dispersar la radiación UV y la luz visible. Además, los evaluarán de la misma manera que un científico de laboratorio estudiaría una fórmula de protector solar.

Fuentes de luz

Esta actividad utilizará diferentes fuentes de luz ultravioleta. La luz solar directa (no filtrada) al mediodía tiene una alta intensidad UV y ofrece el tiempo de exposición más rápido. Una lámpara de 48" con dos tubos fluorescentes de luz negra también expondrá el papel foto-crómico rápidamente (unos 5 minutos). Las lámparas fluorescentes estándar del mismo tamaño tomarán aproximadamente 20 minutos para una exposición. Las bombillas fluorescentes compactas de al menos 25 vatios ("watts") también pueden funcionar, pero demorarán más en exponer el papel. Las bombillas incandescentes no son buenas fuentes de luz UV.

Actividad de aprendizaje: Nanopartículas y protectores solares

Flujograma de la actividad



Notas del instructor

Estudiantes trabajando en grupos

Para la Parte I de la actividad, divida la clase en grupos de 4-5 estudiantes y deje que cada grupo use una fuente de luz diferente. Cuando haya terminado con la Parte 1, los estudiantes pueden comparar los resultados y llegar a un consenso sobre el mejor procedimiento para el próximo experimento que mide la eficacia de varios protectores solares.

Preparación de las condiciones iniciales

Para que los resultados de los estudiantes sean comparables, todos deben usar el mismo tiempo de exposición y la misma distancia.

- ✓ El paso de exposición en la Parte 1 debe realizarse durante:
 - 5 minutos (si se usa una luz negra de 40 vatios)
 - 20 minutos (si se usan bombillas fluorescentes blancas)
 - 3 minutos (si se usa luz solar)
- ✓ Coloque el papel foto-crómico a 8 cm por debajo de las fuentes de luz. Si hay tiempo, haga que los estudiantes experimenten con variaciones en estas condiciones iniciales.

Grosor del protector solar

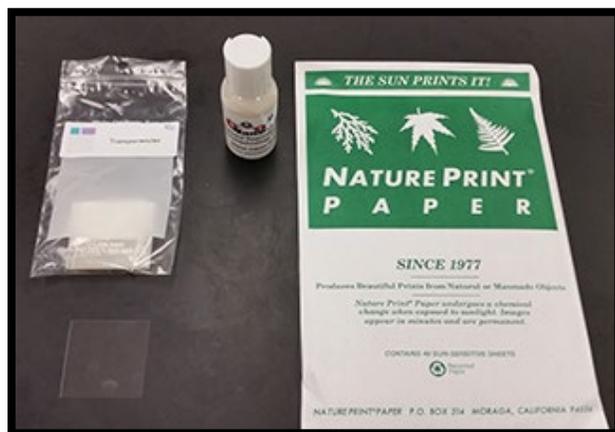
Si lo desea, usted o sus estudiantes pueden preparar aplicadores con más de una capa de papel de aluminio para investigar el efecto del grosor de la aplicación sobre la eficacia del protector solar (ver Figura 6).

Actividad de aprendizaje: Nanopartículas y protectores solares

Esta actividad explora la absorción y dispersión de la luz por la materia en tres partes. En la Parte 1, se utilizará papel foto-crómico como sensor de absorción de luz para determinar qué fuente de luz produce la luz más energética. La Parte 2 utiliza la fuente de luz determinada como la más energética para probar la absorción de los protectores solares químicos. En la Parte 3, se comparará el rendimiento de los protectores solares basados en productos químicos y en nanopartículas para evitar que la luz UV pase a través de los mismos.

Materiales y equipo

- Cronómetro
- Papel secante o absorbente (papel toalla)
- Papel foto-crómico. Este es un papel cubierto con una sustancia química que reaccionará con soluciones ácidas.
- Pedazos de plástico transparente, previamente cortados.
- Fuentes de luz. Estos pueden ser luz solar no filtrada (es decir, a través de una ventana abierta), un tubo fluorescente de "luz negra", lámparas fluorescentes estándar o lámparas incandescentes (al menos 100 vatios). Las lámparas incandescentes son pobres emisores de energía UV.
- Solución ácida de revelado. Esta solución es agua que contiene una pequeña cantidad de vinagre o jugo de limón (aproximadamente 1 cucharada por cuarto de galón). La solución ácida ayudará a desarrollar el papel fotográfico más rápido.
- Laminilla de microscopio de vidrio o plástico.
- Varias muestras de protector solar convencional (con base química), con diferentes valores de SPF.
- Al menos una muestra de un protector solar con base de nanopartículas
- Un baño de agua tibia - aprox. 30°C - para calentar el protector solar si es necesario.



Procedimiento – Parte 1

1. Prepara los aplicadores utilizando laminillas para microscopios. Envuelve un pedazo pequeño de papel de aluminio alrededor del extremo de la laminilla, de modo que cubra aproximadamente 1/3 de la misma en un extremo, y asegure el papel de aluminio a la laminilla utilizando cinta adhesiva. Haz lo mismo en el otro extremo, dejando un espacio de aproximadamente 1 cm entre las dos secciones de papel de aluminio. Asegúrate de que no haya arrugas a lo largo de los bordes de la laminilla. Puedes suavizar delicadamente esta área con tu dedo. El papel de aluminio típico es de aproximadamente .016 mm de espesor.

Nota: Los materiales para esta preparación pueden variar según lo que se tenga disponible. Ej.: el papel de aluminio se puede sustituir por cinta adhesiva crema y la laminilla puede tener mayor tamaño.

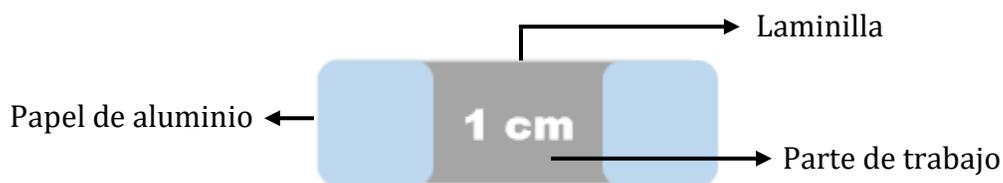


Figura 6. Ejemplo del aplicador

El área en el borde inferior de la laminilla que está entre las dos piezas de papel de aluminio es la parte de trabajo del aplicador.

2. Selecciona una fuente de luz. Coloca un pedazo de papel foto-crómico a 8 cm debajo de la fuente de luz y coloca un objeto en el papel (una moneda, un peine, una llave u otro objeto pequeño).
3. Enciende la fuente de luz y expón el papel foto-crómico durante el tiempo que te haya indicado el instructor.
4. Después de la exposición, desarrolla el papel foto-crómico colocándolo en la solución ácida. Gíralo por alrededor de 1 minuto y observa el cambio de color.
5. Después de exponer y desarrollar tus muestras de papel, sécalas en papel toalla.
6. Compara tus papeles foto-crómicos expuestos con los de otros grupos que utilizaron otras fuentes de luz.

Posibles preguntas para la clase al finalizar la Parte 1

- ¿Qué fuente de luz produjo la mayor y la menor exposición?
- ¿Qué otros factores pueden influir en la exposición?

Procedimiento – Parte 2

Utilizando la fuente de luz que se encuentra en la Parte 1 para producir la mayor cantidad de energía UV, expón el papel foto-crómico a la prueba de los protectores solares convencionales (basados en sustancias químicas) con diferentes SPF.

1. Selecciona un protector solar químico. Anota la marca y el valor de SPF.
2. Si es necesario, calienta las botellas de protección solar en el baño de agua tibia para facilitar la difusión del líquido.
3. Coloca una pequeña cantidad de protector solar en un pedazo de plástico transparente.
4. Con el aplicador de laminilla, extiende el protector solar en una región de 1 cm x 1 cm del pedazo de plástico. Haz esto arrastrando lentamente el aplicador a través de la gota del protector solar. Esto debería dejar una capa uniforme de protector solar detrás. El grosor de la capa de protección solar depende del grosor de las piezas de aluminio que cubren los bordes. El objetivo es tener un parche de 1x1 cm de protector solar aplicado de manera uniforme.
5. Coloca el pedazo de plástico cubierto con protector solar sobre un papel foto-crómico, con el protector solar hacia arriba.
6. Inmediatamente expón esto a la fuente de luz. Utiliza el tiempo de exposición que se determinó que es efectivo en la Parte 1.
7. Retira el papel de debajo del plástico.
8. Desarrolla el papel foto-crómico en la solución ácida para revelado.
9. Remueve el papel y colócalo sobre papel secante o absorbente, dejándolo secar un poco (la imagen debe ser visible).
10. Compara tus resultados con los de otros estudiantes que utilizaron protectores solares de diferentes valores SPF.

Posibles preguntas para la clase al finalizar la Parte 2

- ¿Qué protector solar parece bloquear mejor la luz? (Ten en cuenta que el resultado de las áreas que recibieron la menor exposición a la luz UV será el más claro).
- ¿Observas una diferencia en la capacidad de dos productos diferentes para bloquear la luz UV?
- ¿Esta diferencia está relacionada con el factor SPF indicado en la etiqueta?
- ¿Cómo crees que una capa más gruesa de protector solar afectaría los resultados?
¿Por qué?

Procedimiento – Parte 3

1. Repite el procedimiento de la Parte 2, ahora utilizando muestras de protector solar basado en nanopartículas. Intenta obtener resultados de los protectores solares con SPF similares a los utilizados en la Parte 2.
2. Compara la exposición a los rayos ultravioleta que resultó con los productos de protectores solares convencionales (basados en químicos) y los basados en nanopartículas.

Opcional:

- Compara la durabilidad de los dos tipos de protectores solares preparando muestras de plástico recubiertas con protectores solares a base de nanopartículas y productos químicos.
- No coloques estos en el papel foto-crómico todavía; en su lugar, deja ambos tipos de protector solar bajo radiación UV durante un tiempo considerable (> 2 horas).
- Luego, repite la prueba de exposición como se describe en la Parte 2.
- ¿Puedes demostrar que la protección solar de nanopartículas dura más que la protección solar química?

Posibles preguntas para la clase al finalizar la Parte 3

- ¿Hubo una diferencia notable en la capacidad de los dos productos diferentes para bloquear la luz UV?
- ¿El protector solar basado en nanopartículas funcionó tan bien, mejor o no tan bien como el filtro solar químico?

Preguntas de discusión

- ¿Cómo se relaciona el largo de onda de la luz con su energía?
- ¿Qué fuente de luz encontraste que es la más alta en intensidad UV?
- ¿Cómo podrían los rayos UV dañar la piel humana?
- ¿Cómo protege al usuario el protector solar químico? Explica en detalle.
- ¿Por qué la protección solar con partículas de óxido de zinc de tamaño micro parece opaca y la protección solar que contiene nanopartículas de óxido de zinc parece transparente?
- ¿En qué se diferencia la acción de la protección solar basada en nanopartículas de la de la protección solar química?
- ¿Se encontró evidencia de que la protección solar de diferentes SPF absorbió diferentes cantidades de luz UV?
- ¿Se encontró evidencia de que la protección solar basada en nanopartículas fue tan efectiva como la protección solar convencional para bloquear la luz UV?

Preguntas de discusión *(Respuestas en rojo)*

- ¿Cómo se relaciona el largo de onda de la luz con su energía?
Cuanto más corta sea la longitud de onda de la luz, mayor será su energía.
- ¿Qué fuente de luz encontraste que es la más alta en intensidad UV?
La luz solar y la luz negra de tamaño completo (48 ") tendrán la mayor intensidad de UV. Las lámparas fluorescentes blancas tendrán algo menos. Las lámparas de tungsteno ofrecen la menor cantidad de luz UV en su espectro, que se encuentra predominantemente en los largos de onda rojos e infrarrojos.
- ¿Cómo podrían los rayos UV dañar la piel humana?
Los fotones de alta energía que componen la luz UV son capaces de dañar los componentes celulares de la piel humana, incluyendo el ADN en los núcleos celulares. Esto puede eventualmente manifestarse como cáncer de piel.
- ¿Cómo protege al usuario el protector solar químico? Explica en detalle.
Los enlaces dobles del ingrediente activo en el protector solar químico absorben la luz UV de alta energía. Luego, liberan esta energía en forma de luz con largo de onda mayor, que es inofensiva para las células de la piel.

- ¿Por qué la protección solar con partículas de óxido de zinc de tamaño micro parece opaca y la protección solar que contiene nanopartículas de óxido de zinc parece transparente?

Las partículas más grandes tienden a dispersar todos los largos de onda visibles de vuelta a los ojos, produciendo como resultado un color blanco.

- ¿En qué se diferencia la acción de la protección solar basada en nanopartículas de la de la protección solar química?

Las nanopartículas dispersan lejos de la piel la luz entrante.

- ¿Se encontró evidencia de que la protección solar de diferentes SPF absorbió diferentes cantidades de luz UV?

Las respuestas variarán.

- ¿Se encontró evidencia de que la protección solar basada en nanopartículas fue tan efectiva como la protección solar convencional para bloquear la luz UV?

Las respuestas variarán.

Investigación adicional

- ¿Qué sucede cuando la luz UV de alta energía interactúa con las células de la piel humana? Describe los resultados a nivel celular e indica por qué se trata de un problema de salud.
- ¿Cuáles son los efectos en la salud de los filtros solares químicos o de nanopartículas?

Usos presentes y aplicaciones futuras

Las aplicaciones de las nanopartículas son muchas y con mucho potencial de crecimiento. Además de los protectores solares, se utilizan nanopartículas de diferentes materiales en muchos productos, incluyendo los cosméticos y artículos de cuidado personal, alimentos, pinturas y recubrimientos, productos farmacéuticos y artículos deportivos. Para ser consumidores bien informados, debemos poder reconocer la presencia de nanomateriales en los productos y tener una idea general de su función.

Los protectores solares que contienen nanopartículas de óxido de zinc y dióxido de titanio son uno de los primeros usos generalizados de la nanotecnología a nivel del consumidor. Muchos, pero no todos los protectores solares modernos contienen estas nanopartículas. Hoy en día, los investigadores se están centrando en reducir la producción de radicales libres de estas nanopartículas en la luz UV. Han descubierto que es posible reducir la producción de radicales libres recubriendo las nanopartículas con una capa delgada de sílice o alúmina.

Recursos multimedia

Videos

- PowerPoint y antecedentes de “Nano-Sense”:
http://nanosense.sri.com/activities/clearsunscreen/oneday/CS_OneDayPPT.ppt
- Cinco cosas que vale la pena conocer sobre nanopartículas y protectores solares del “Risk Science Center” en “University of Michigan”:
<https://www.youtube.com/watch?v=VV0cG4clMw>

Simulaciones

- Visualización de los protectores solares:
<http://nanosense.sri.com/activities/clearsunscreen/sunscreenanimation.html>
- Una simulación de “PhET” en “University of Colorado Boulder” que demuestra el efecto fotoeléctrico. Esta demostración muestra cómo la energía se relaciona con el largo de onda a través de la fórmula $E = h\nu / \lambda$:
<http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>

Artículos

- Una revisión exhaustiva de la seguridad y efectividad de las nanopartículas de dióxido de titanio y óxido de zinc en los protectores solares de “Dove Medical Press”:
<http://www.dovepress.com/titanium-dioxide-and-zinc-oxide-nanoparticles-in-sunscreensfocus>
- Un artículo de “Scientific American” que describe los riesgos y beneficios potenciales de los protectores solares que contienen nanopartículas de óxido de zinc:
<http://www.scientificamerican.com/article/do-nanoparticles-and-sunscreen-mix/>
- Programa “NISE Net” sobre nanopartículas en protectores solares :
http://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring_products_sunblock_nanodays_2011_2012
- FDA - Comunicado de prensa sobre nanotecnología:
<http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm301125.htm>
- Óxido de zinc y nanopartículas:
<http://www.badgerbalm.com/s-33-sunscreen-zincnanoparticles.aspx>

Reconocimientos

- Contribuyentes – Originalmente desarrollado por el Dr. Thomas Deitz de “Lansing Community College, Lansing, MI”. Editado y reescrito por el Dr. James Marti de “University of Minnesota, Minneapolis, MN”. Traducido al español por Rodfal A. Rodríguez y María T. Rivera de Cupey María Montessori School.