Los colores del cielo

Imagen 1: portada atardecer

Abstract:

En este proyecto estudiaremos cómo afectan las condiciones atmosféricas a los atardeceres.

Nuestra hipótesis residía en que las nubes intesifican tonos rojizos y anaranjados y que cuando el cielo estaba despejado los colores con más suaves.

Para poder comprobarlo observamos siete atardeceres en días no consecutivos desde el mismo lugar y usando en todo momento la misma cámara. En cada día tomamos fotografías, notas meteorológicas y además, analizamos los colores mediante una aplicación que medía valores RGB.

En los resultados pudimos observar que los atardeceres con nubes dan lugar a colores más saturados y cálidos mientras que los cielos despejados producen tonos más suaves. Al mismo tiempo, cuando las nubes eran opacas aparecían colores más fríos y oscuros.

En conclusión, las condiciones atmosféricas influyen de forma directa en los colores e intensidad de la luz durante los atardeceres.

Proyecto Física y Química

Tercer Trimestre

Antía Landínez y Shu Zhou

Índice

1. **Introducción teórica.**.....Páginas 3-13
   1.1 ¿Qué es un atardecer?
   1.2 Naturaleza de la luz
   1.3 Interacción de la luz con la materia
   - Reflexión
   - Refracción
   - Difracción
   - Interferencia
   - Efecto Tyndall

   1.4 La atmósfera terrestre
   - Composición de la atmósfera
   - Capas de la atmósfera

   1.5 Trayectoria de la luz solar
   - Incidencia de la luz solar en la Tierra
   - Variación según la hora del día

   1.6 Movimiento de la Tierra
   - Rotación
   - Traslación
   - Inclinación del eje terrestre

   1.7 Condiciones meteorológicas
   - Nubes
   - Humedad
   - Polvo y contaminación
   - Niebla y bruma
2. **Hipótesis e idea de experimento.**.....Página 14
   2.1 Hipótesis
   2.2 Idea de experimento
3. **Paso a paso**.....Página 15
4. **Presentación de resultados**.....Páginas 16-18
5. **Discusión de resultados**.....Página 19
6. **Conclusiones**.....Página 20
7. **Bibliografía**.....Página 21
8. **Agradecimientos**.....Página 22

1. Introducción teórica.

Entender cómo se produce un atardecer y cómo la luz del sol interactúa con la atmósfera es muy beneficioso ya que tiene muchas aplicaciones prácticas para nuestro día a día.

Un ejemplo de ello es cómo predecimos el tiempo meteorológico. Los colores del cielo pueden dar pistas sobre cómo se encuentra la atmósfera. Cuando se ve rojizo y despejado, significa que el aire está seco y estable: buen tiempo. Al mismo tiempo, cuando hay tonos más grises y apagados, significa que hay más humedad: probabilidad de lluvia.

Además del predecir el tiempo, podemos realizar estudios sobre la contaminación. Se realizan cuando la luz del sol atraviesa la atmósfera y, dependiendo de las partículas de polvo, humo o gases que encuentre, se dispersa de forma diferente. Cuando hay mucha contaminación, los atardeceres se observan más intensos ya que la luz se dispersa mucho a través de esas partículas. Gracias a esto, los científicos pueden identificar niveles de contaminación y calidad del aire.

Por último, los atardeceres han ayudado a crear y estudiar el funcionamiento de los paneles solares. Cuando atardece los rayos solares inciden con menos intensidad sobre la Tierra por lo que los paneles solares los reciben con menor energía y dan menos electricidad. Entender cómo cambia la posición del sol y cómo la atmósfera filtra la luz es beneficioso para orientar de forma correcta los paneles y calcular cuánta energía producirán a distintas horas del día.

1.1 ¿Qué es un atardecer?

El atardecer es un fenómeno natural que ocurre al final del día, cuando el sol desciende en el horizonte debido al movimiento de rotación de la Tierra. En este proceso, la luz atraviesa más atmósfera terrestre que al medio día, lo que causa efectos ópticos que cambian la apariencia del cielo.

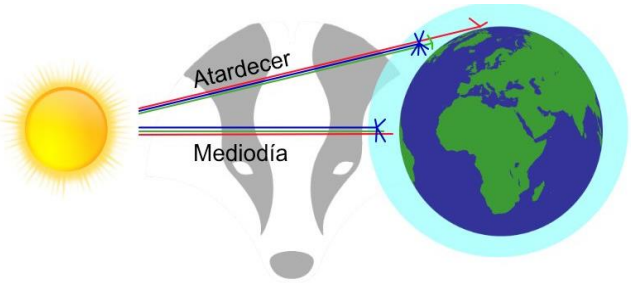


Imagen 2: rotación y atardecer

Gracias a esto la radiación solar interactúa con vapor de agua, aerosoles, partículas y moléculas de aire. Estas interacciones causan fenómenos como la dispersión (que explicaremos en los siguientes apartados) que provoca las tonalidades cálidas (rojos, naranjas y amarillos) característicos de los atardeceres.

La intensidad de los colores y la apariencia del cielo al atardecer cambia dependiendo de la composición atmosférica, la humedad, la contaminación o polvo y las condiciones meteorológicas. Para entender esto debemos empezar por el principio: ¿qué es la luz?

1.2 Naturaleza de la luz

La luz es una forma de energía. Se propaga a través de ondas electromagnéticas y es visible para el ojo humano. Para transmitirse, no necesitan un medio material, pudiendo viajar a través del vacío a una velocidad de $3x10^8$ m/s.

La luz puede comportarse como onda y como partícula cuando la luz interactúa con la materia en forma de fotones. Esto explica procesos como la emisión y la absorción de energía. Entender cómo se comporta la luz como onda electromagnética es imprescindible para conocer como viaja la luz y cómo la percibe el ojo humano.

La luz es una onda electromagnética, lo que significa que se expande mediante oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos que viajan por el espacio transportando energía sin necesidad de un medio material. Cuando se comporta como una onda, la luz puede experimentar fenómenos como la reflexión, la refracción, la difracción y la interferencia, los cuales explicaremos en los siguientes puntos de la introducción.
Además, la luz como onda electromagnética puede transportar energía cuando los átomos la absorben para liberarla en forma de luz. Sabiendo esto, podemos explicar fenómenos como el color de los objetos, brillo de las estrellas, luces artificiales...

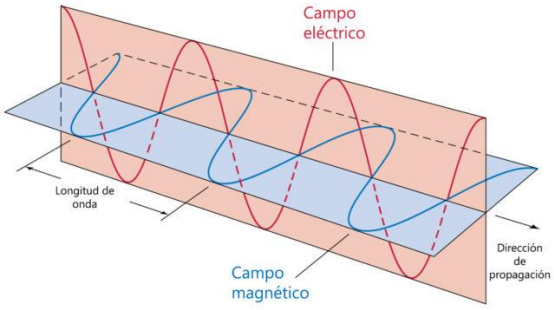


Imagen 3: onda de la luz

Para poder diferenciar estas ondas y sus tipos, debemos tener en cuenta varios conceptos (los cuales se pueden observar en la imagen anterior):

- Longitud de onda. Distancia entre dos puntos iguales de una onda. Por ejemplo, de una cresta a la siguiente o de un valle a la siguiente. Se suelen medir en nanómetros (nm) para la luz. En la luz visible, cuanto más larga sea una onda, tiene un color más rojizo y, cuanto más corta, tiene tonos más azulados y violetas.
- Frecuencia. Cuántas veces vibra la onda en un segundo. Es decir, cuántas ondas pasan por un punto en 1 segundo. Esto se mide en hercios (Hz). 1 Hz equivale a una vibración por segundo. Cuanta más frecuencia de onda, más energía y viceversa.

Estos dos últimos conceptos están relacionados ya que, cuando la longitud de onda aumenta, la frecuencia disminuye y, cuando la longitud de onda disminuye, la frecuencia aumenta.

- Amplitud. Altura de la onda. Es la que indica la cantidad de energía/intensidad de la onda. En la luz, a mayor amplitud, más intensidad y brillo y, a menor amplitud, mayor debilidad.

Todos estos conceptos dan lugar al espectro electromagnético que nos explica cómo se comportan los distintos tipos de ondas radiaciones según su longitud de onda y frecuencia.

Una vez que entendemos cómo se comporta la luz como onda, vamos a hablar del espectro electromagnético que se define como el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas ordenadas

según su longitud de onda o frecuencia. Estas se diferencian por su longitud de onda y su frecuencia. Se organiza desde las ondas de onda más larga y baja energía hasta las de onda más corta y alta energía.

Existen distintos tipos de ondas electromagnéticas dentro del espectro electromagnético:

- 3 Hz – 300 MHz: ondas de radio, que se usan en comunicación y transmisión de señales. Se utilizan para eso porque pueden recorrer largas distancias y atravesar obstáculos como paredes o la atmósfera. Funcionan a través de antenas que emiten y reciben señales.
- 300 MHz – 300 GHz: microondas (hornos, radares y telecomunicaciones). Se utilizan para esto ya que transportan mucha información rápidamente mediante antenas y además porque pueden hacer vibrar moléculas de agua para generar calor.
- 300 GHz – 430 THz: infrarrojo (controles remotos y calor). Funcionan porque todos los cuerpos calientes emiten infrarrojo. Los dispositivos emiten pulsos infrarrojos que un sensor detecta.
- 430 THz – 770 THz: luz visible (que se puede ver). El ojo humano ha evolucionado para que podamos ver la luz, que rebota en los objetos y en base a eso nuestros ojos interpretan diferentes longitudes de onda como colores.
- 770 THz – 30 PHz: ultravioleta (que puede dañar la piel). Ocurre porque tiene suficiente energía para provocar reacciones químicas, que alteran moléculas y destruyen microorganismos.
- 30 PHz – 30 EHz: rayos X (que atraviesa tejidos y se usan para medicina). Se utilizan porque son capaces para atravesar tejidos blandos, pero no materiales densos como los huesos. Los rayos X atraviesan el cuerpo y a partir de ello un detector crea una imagen en base a cuanta radiación pasó.
- Rayos gamma (de gran energía, usados en medicina y física nuclear): más de 30 EHz. Se usan ya que tienen muchísima energía que puede penetrar en la materia. Son altamente peligrosos para los seres vivos ya que se producen reacciones nucleares, por ello, se debe usar la protección adecuada para ella.

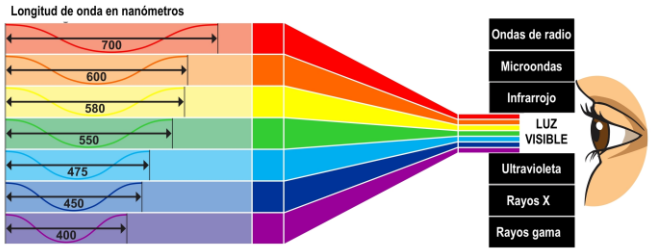


Imagen 4: espectros y ondas

Esta última imagen que enseña los tipos de ondas electromagnéticas nos enseña colores que parten de la luz blanca, descrita en el siguiente apartado.

El Sol emite luz porque es un objeto que se encuentra a unos 5500 °C en la superficie. Los objetos muy calientes emiten radiación térmica en muchas longitudes de onda diferentes a la vez. La mayor parte de esa radiación cae en la zona visible del espectro electromagnético. Por eso, la mezcla de esas longitudes de onda de muchos colores visibles produce luz blanca. El Sol no solo emite luz visible. También emite infrarrojo, ultravioleta, ondas de radio, rayos X y rayos gamma. Sin embargo, no solo no vemos estas radiaciones porque nuestro ojo no pueda, sino porque la atmósfera las bloquea.

Los objetos también emiten radiación en distintas longitudes de onda según su temperatura: cuanto más calientes están, más energía emiten y la radiación tiene longitudes de onda más cortas:

- Menos de 0 °C: infrarrojo lejano. No producen luz visible.
- 0 °C a 500 °C: infrarrojo. Son detectables como calor, pero no se ven a simple vista.
- 500 °C a 1000 °C: infrarrojo y algo de luz visible roja tenue.

- 1000 °C a 3000 °C: aumenta la luz visible.
- 3000 °C a 6000 °C: mucha luz visible. Aquí se encuentra aproximadamente la superficie del Sol (unos 5500 °C).
- Más de 6000 °C: mucha luz visible y también gran cantidad de ultravioleta.
- Temperaturas extremadamente altas (millones de °C): radiaciones de alta energía como rayos X y rayos gamma

En resumen, a menor temperatura predominan longitudes de onda largas y a mayor temperatura predominan longitudes más cortas.
Tras aclarar esto, hablaremos de cómo la luz blanca se descompone en colores, gracias a esto podemos entender más sobre ella.

Cuando la luz blanca atraviesa un medio que cambia su dirección al pasar de un medio a otro debido al cambio de su velocidad, según la longitud de onda (como un prisma de vidrio) ocurre una descomposición de los colores que la forman. Este fenómeno se puede definir también como la ley de Snell, ley que afirma que n1 · sen (alfa1) = n2 · sen (alfa2). Todo esto ocurre porque si por ejemplo nos imaginamos una rueda de un cortacésped que entra en la zona donde el césped está más alto, una parte se frena antes que otra, haciéndola girar. Lo mismo ocurre con la luz, cuando una parte de la onda entra antes del nuevo medio, cambia de dirección.

A esto lo llamamos difracción de la luz. Esto se produce cuando el campo eléctrico de la luz hace vibrar los electrones de los átomos. Esos electrones vuelven a emitir la luz y se produce un retraso, por lo que la velocidad de esta disminuye. Como cada color tiene una velocidad distinta en medios cómo el vidrio, agua o aire y cada uno se desvía con un ángulo diferente. El rojo es el color que menos se desvía y el violeta el que más por lo que aparecen siempre en el mismo orden. El violeta se desvía más porque las longitudes de onda son mucho más cortas y hacen que se frenen más en el medio. Esto ocurre porque interactúan de manera más intensa con el medio, por eso se desvían más que las largas (rojo). Este fenómeno lo podemos observar en el arcoíris cuando la luz solar atraviesa gotas de agua en la atmósfera.

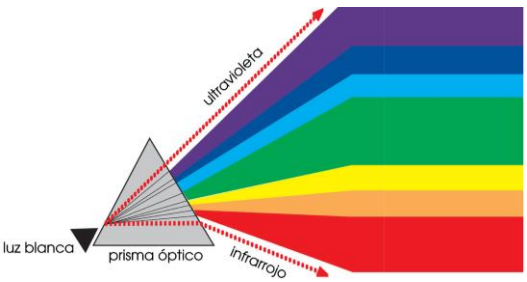


Imagen 5: prisma y dispersión

1.3 Interacción de la luz con la materia

Además de la dispersión, la luz experimenta otros tipos de interacciones con la materia. Entre ellas destacan la reflexión, la refracción y la difracción los cuales son fenómenos fundamentales para poder entender cómo cambia y se comporta la luz en distintos medios.

- **Reflexión**

Al contrario que con la dispersión, en la reflexión en vez de continuar su camino desviada, la luz rebota al chocar con una superficie y cambiando su dirección sin atravesarla. Hay dos tipos:

Por un lado, la reflexión especular ocurre cuando el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Por otro lado, la reflexión difusa ocurre en superficies rugosas como paredes o papel. En esta la luz se refleja en muchas direcciones. Además, no se forman imágenes claras, solo iluminaciones del entorno.

Este fenómeno no afecta tanto a los colores del cielo cómo la dispersión y refracción. No obstante, puede influir en cómo percibimos los atardeceres. Las nubes, masas de agua como lagos o mares y algunas partículas atmosféricas reflejan parte de la luz solar. Todo ello ayuda a distribuir los tonos rojizos anaranjados y dorados intensificando y saturando los colores que observa quien ve el atardecer.

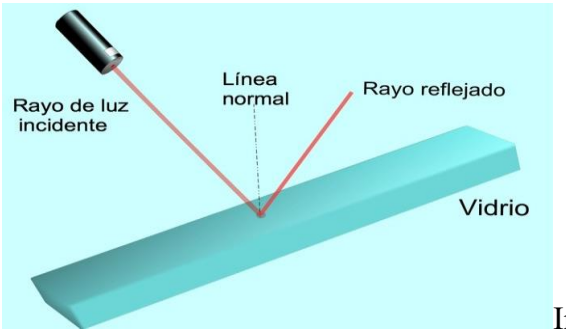


Imagen 6: reflexión

Aun así, no todas las luces se reflejan ya que hay una parte que sí atraviesa el material. En este caso, si al pasar de un medio a otro su velocidad cambia y se desvía, se conoce como la refracción.

- **Refracción**

La refracción es el cambio de dirección que sufre la luz cuando pasa de un medio a otro con diferente densidad óptica. Esto se da porque su velocidad varía dependiendo del medio. Cuando la luz entra perpendicular a la superficie, cambia únicamente de velocidad no de dirección. En cambio, cuando la luz entra oblicuamente esta cambia de dirección. Esto está descrito por la Ley de Snell.

Imagen 7: refracción

La reflexión (junto con la refracción y dispersión de la luz) permite que el cielo se tiña de colores intensos al atardecer. Los rayos solares rebotan contra las moléculas de gas y las partículas suspendidas en la atmósfera (como polvo o cristales de hielo), lo que filtra los tonos azules y deja pasar únicamente los rojos y naranjas

Sin embargo, la luz puede cambiar de trayectoria, aunque no cambie de medio. Ocurre cuando encuentra aberturas pequeñas y a esto lo llamamos difracción.

Sin embargo, la luz puede no solo cambiar de dirección al reflejarse o atravesar distintos medios. También puede desviarse sin cambiar de medio, nos referimos a esto como difracción.

- **Difracción**

La difracción ocurre cuando la luz se desvía y se extiende al pasar por una apertura estrecha o al rodear un obstáculo, esto ocurre gracias a que la luz se propaga como onda. Cuando la apertura es muy estrecha, la luz deja de ir en línea recta y se dispersa creando zonas de mayor y menor iluminación. Esto ocurre debido al Principio de Huygens, ya que cada punto del frente de onda de la luz pasa por una ranura actúa como una pequeña fuente de ondas. Si la apertura es demasiado estrecha, los puntos del frente de onda pasan, pero menos. Cuando dos ondas coinciden, pueden o sumarse (interferencia constructiva) o anularse (interferencia destructiva), produciendo la luz y la sombra.

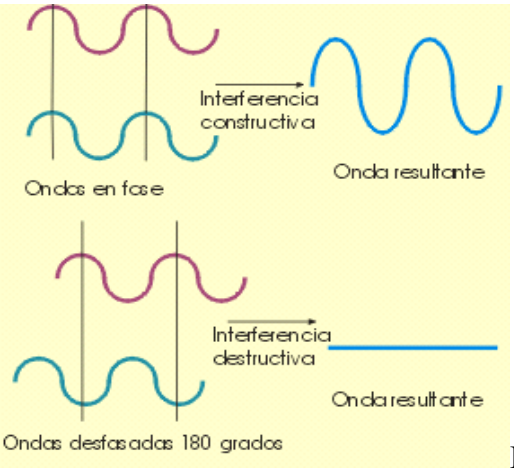


Imagen 8: difracción

Como consecuencia de todo esto, las ondas pueden superponerse entre sí. Esto sucede ya que se produce la interferencia (cuando las ondas pueden sumarse o directamente anularse).

- **Interferencia**

La interferencia aparece cuando dos o más ondas de luz se superponen en el mismo sitio. Cuando se juntan se aprecian variaciones en la intensidad de la luz. Hay dos tipos:

1. Interferencia constructiva. Las ondas se suman y la luz se ve más intensa.

2. Interferencia destructiva. Las ondas se restan y la luz baja o desaparece.

Con ello se forman patrones de franjas claras y oscuras.

Tipo de Interferencia	Efecto en la Luz	Aparencia Visual
Constructiva	Mayor intensidad	Franja clara/brillante
Destructiva	Anulación	Franja oscura/sombra

Tabla 1: tipos de interferencia.

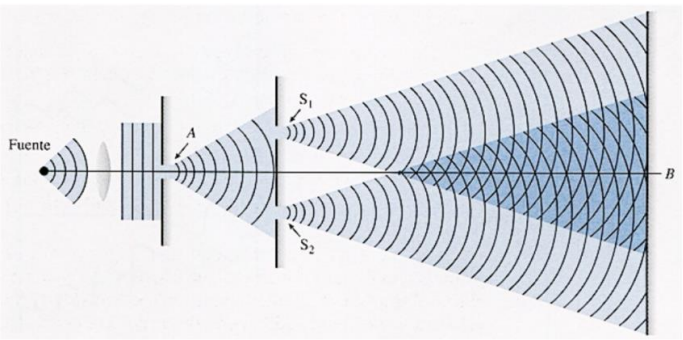


Imagen 9: interferencia

Sin embargo, la luz no solo interactúa consigo, sino también con las partículas del medio por el que pasa. En la atmósfera, esta interacción hace que la dispersión de la luz sea en diferentes direcciones (efecto Tyndall).

- **Efecto Tyndall**

El efecto Tyndall se resume como el fenómeno con el que la luz se dispersa al atravesar un medio que contiene partículas muy pequeñas en suspensión (polvo, humo, niebla...).

Cuando la luz choca con estas partículas se desvía en distintas direcciones creando un haz luminoso. Esto produce que en condiciones normales no podamos ver el recorrido de la luz en el aire limpio, pero sí cuando hay partículas en suspensión. Esto ocurre porque las partículas de la luz se dispersan cada una de una forma diferente, dependiendo del tamaño y la longitud de onda de la luz de ellas. Las luces azules (ondas más cortas), se dispersan más que las luces rojas (ondas más largas). Las longitudes de onda cortas se dispersan más debido a que interactúan más con las partículas del aire, y por eso el azul se dispersa mucho más que el rojo.

Un ejemplo del efecto Tyndall serían las nubes. Están formadas por gotas de agua pequeñas y cristales de hielo que dispersan la luz solar en diferentes direcciones. Esto hace que el cielo se vea más limpio y menos azul. Por otro lado, las nubes dispersan tonos rojizos y anaranjados de la luz solar durante el amanecer y el atardecer, haciendo que los colores del cielo sean más intensos. Por ello, las nubes tienen una gran influencia en los colores que podemos observar en la atmósfera.

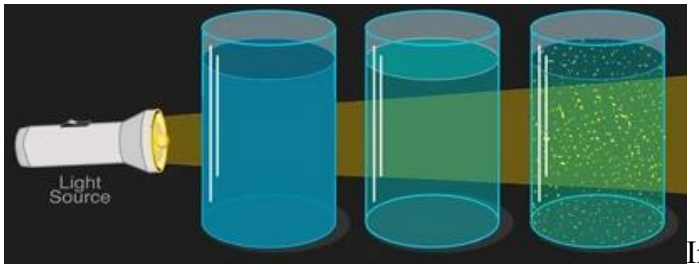


Imagen 10: efecto Tyndall

Todos estos fenómenos nos permiten entender por qué vemos distintos efectos ópticos, como los colores del cielo.

Gracias a todos estos fenómenos podemos comprender efectos ópticos como los colores del cielo y los atardeceres.

1.4 La atmósfera terrestre

- **Composición de la atmósfera**

La atmósfera terrestre está formada por una mezcla de gases que rodean la Tierra. Estos se mantienen unidos a ella gracias a la gravedad. Sus principales componentes son: nitrógeno (78%), oxígeno (21%), argón (0,93%) y dióxido de carbono (0,04 %). Aparte, la atmósfera contiene cantidades variables de vapor de agua, ozono, metano, óxidos de nitrógeno y gases nobles. Además, hay partículas en suspensión a las que llamamos aerosoles: polvo, humo, sales marinas, polen y contaminantes.

- **Capas de la atmósfera**

La atmósfera se divide en varias capas. Estas se clasifican según la altitud y la variación de la temperatura.

- Troposfera: Capa más baja, está en contacto con la superficie terrestre. Llega hasta los 12 km de altitud. En esta capa se producen los fenómenos meteorológicos. Además, contiene la mayor parte del vapor de agua y de las partículas en suspensión.
- Estratosfera: Llega hasta los 50 km de altitud. En esta capa se encuentra la capa de ozono, la cual absorbe gran parte de la radiación ultravioleta del Sol.
- Mesosfera: Llega hasta los 85 km de altitud. En esta se desintegra la mayoría de los meteoritos al entrar en la atmósfera.
- Termosfera: En esta capa la temperatura aumenta a causa de la absorción de radiación solar. En esta capa se producen las auroras.
- Exosfera: Capa más externa de la atmósfera. En esta capa las partículas están muy dispersas y la diferencia de la gravedad es menor.

Imagen 11: capas atmósfera

Cuando ocurre todo esto, la luz solar interactúa con gases y partículas que provocan la dispersión. Como consecuencia, la trayectoria de la luz solar no siempre es completamente recta, sino que puede modificarse ligeramente.

1.5 Trayectoria de la luz solar

- **Incidencia de la luz solar en la Tierra**

Consiste en la forma en la que la radiación solar se distribuye por la superficie terrestre. Como el planeta tiene una forma esférica, los rayos solares no inciden con el mismo ángulo en todas partes.

En el ecuador la luz llega de forma más perpendicular, con lo que la energía se concentra y la intensidad luminosa y térmica es mayor. Sin embargo, en los polos, los rayos inciden más oblicuos, lo que reduce su intensidad porque, al llegar inclinados, la misma cantidad de energía se reparte sobre una superficie más extensa y crece la absorción y la dispersión de la radiación. Esto ocurre porque los rayos no impactan de forma directa en un punto concreto, sino que se extienden sobre una zona mayor del suelo.

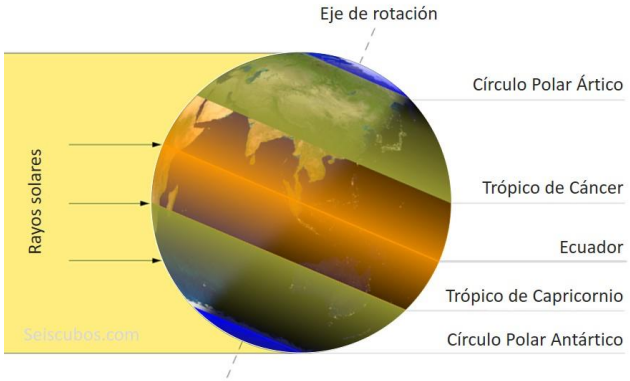


Imagen 12: rayos solares sobre la Tierra

A lo largo del día también varía el ángulo de incidencia como consecuencia del movimiento de rotación.

A medida que pasa el tiempo, los rayos solares pasan de forma oblicua (lo que produce el amanecer y el atardecer) a forma más perpendicular (lo que produce el mediodía). Por eso, la cantidad de atmosfera que atraviesa la luz y la intensidad que tendrá varía según la hora del día.

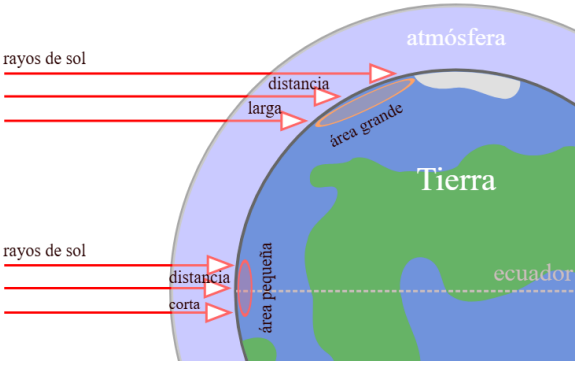


Imagen 13: diagrama rayos solares

- **Variación según la hora del día**

Debido a la rotación de la Tierra, la intensidad y el ángulo con el que incide la luz cambia.

Al amanecer, los rayos solares llegan de manera inclinada lo que provoca que se dispersen las longitudes de onda corta (azules) ya que chocan con las moléculas de aire y se desvían con gran facilidad, destacando tonos rojizos y naranjas. Las partículas del aire son más pequeñas que la longitud de onda de luz, por eso la dispersión es más intensa para las longitudes de onda más cortas.

Las principales moléculas de la atmósfera, como el nitrógeno y oxígeno tienen tamaños de 0,1 a 0,3 nanómetros, mientras que la luz visible cuenta con longitudes de onda mucho mayores, entre 400 y 700 nanómetros. Las ondas azules y violetas, al tener longitudes de onda más cortas (400-500 nm), interactúan de manera más sencilla con estas moléculas, que a su vez se dispersan mucho más que las ondas rojas y naranjas, con longitudes alrededor de 600-700 nm.

Esto cambia al mediodía, sus rayos atraviesan menos atmósfera. Esto hace que haya menos dispersión de luz y por eso el cielo se ve con un azul más intenso y uniforme.

Como recorre una distancia más corta, la luz se dispersa menos. En cambio, las longitudes de onda más cortas (luz de color azul) se siguen dispersando a gran escala. Con esto, la luz llega al observador desde todas las direcciones del cielo, provocando que el color azul sea uniforme e intenso.

Al atardecer, hay espacio suficiente para que todas se dispersen. Las ondas más cortas se ven de frente, pero se dispersan más. Por eso cuando está cerca del horizonte vemos tonos rojizos, mientras que el resto del cielo es azul ya que la dispersión no llega tanto a esa zona.

Para entender cómo y cuando ocurren los atardeceres, debemos aclarar que la Tierra está en constante movimiento.

1.6 Movimiento de la Tierra

- **Rotación**

Movimiento de la Tierra alrededor de su propio eje. Va de oeste a este y tarda 24 horas en dar una vuelta completa. Este movimiento es el responsable del día y la noche.

La Tierra no siempre permanece fija, sino que también se mueve alrededor del Sol. Esto se llama traslación.

- **Traslación**

Movimiento de la Tierra alrededor del Sol. Tarda 365 días y 6 horas en girarse. Es el movimiento que causa las estaciones. Con la traslación, la luz solar incide según la época del año por lo que se cambia la intensidad de la luz y la duración del día.

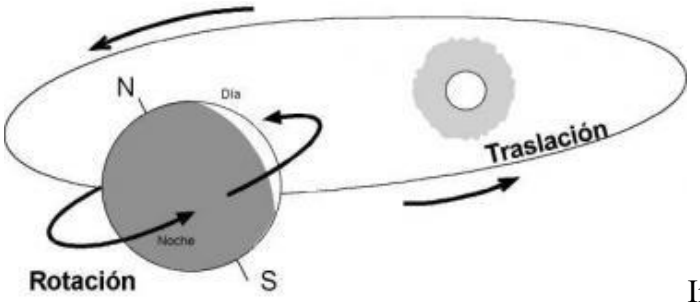


Imagen 14: rotación y traslación

Esto no ocurre con el eje terrestre siempre recto, cuando el eje está inclinado la luz solar incide de forma distinta en cada hemisferio del año.

- **Inclinación del eje terrestre**

El eje de la rotación de la Tierra está inclinado 23,5 grados respecto a su órbita alrededor del Sol.

1.7 Condiciones meteorológicas

Para entender cómo interactúa la luz en los atardeceres debemos saber qué partículas en suspensión hay en el aire y cómo se forman. Para ello hablaremos de las condiciones meteorológicas.

- Nubes

Las nubes son acumulaciones de pequeñas gotas de agua o cristales de hielo que se encuentran suspendidos en la atmósfera. Influyen directamente en la propagación y dispersión de la luz solar, alterando la apariencia del cielo y de sus colores. Se dispersan porque las nubes están hechas de gotas de agua frías o cristales de hielo. Como son partículas mucho más grandes que la longitud de onda visible de luz se produce la dispersión. Esto hace que las nubes se vean de color gris o blanco porque dispersa los colores por igual. El cielo se convierte en un color más uniforme y con un azul menos intenso ya que las gotas lo tapan y hacen que la luz rebote en todas direcciones.

- **Humedad**

La humedad es la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. Este vapor (al ser un aerosol) influye en la forma en la que se propaga la luz afectando a cómo vemos el cielo, sobretodo al amanecer y atardecer.

Como las partículas de la humedad (vapor de agua) son muy pequeñas y la longitud de onda de luz visible también es muy pequeña se produce un fenómeno de dispersión.

- **Polvo y contaminación**

El polvo y la contaminación son aquellas partículas sólidas y líquidas que encontramos en la atmósfera. Pueden aparecer gracias a fuentes naturales o humanas. Estas partículas aumentan la dispersión de la luz, reduce la claridad del cielo y ayudan a que se produzcan el efecto Tyndall.

Las partículas de los polvos son sólidas y de tamaño medio (más grandes que las moléculas de aire, pero más pequeñas que las gotas de nube. Estas aumentan la dispersión y hacen que los atardeceres tengan un color rojo más intenso ya que al haber más partículas, filtran los azules y verdes.

- **Niebla y bruma**

Son pequeñas gotas de agua en suspensión que reducen la visibilidad y afectan a la propagación de la luz solar. La niebla está formada por gotas más densas y concentradas mientras que, la bruma es más ligera.

Se dispersan porque las partículas son más grandes y reducen la visibilidad. Las gotas se dispersan la luz en todas direcciones y se ve todo difuminado y blanco. Afectan el color del cielo, haciendo que, en vez de ver azul, ves todo gris o blanco porque la luz solar está por todas partes.

2. Hipótesis e idea de experimento.

2.1 Hipótesis

La hipótesis de este proyecto se basa en que los colores del atardecer cambian dependiendo de las condiciones atmosféricas: cuando hay nubes, los colores rojos y naranjas son más intensos, después de llover, el cielo se ve más claro y brillante debido a que la lluvia limpia el aire, y en días despejados, sin nubes, los colores del atardecer son más suaves y menos intensos.

2.2 Idea de experimento

Para el experimento vamos a observar 7 días no consecutivos el atardecer en el mismo lugar. Intentaremos tomar al menos una con nubes, otra con el cielo despejado y otra justo después de llover, con el aire limpio. De esta forma, podremos comprobar nuestra hipótesis al completo.

Tomaremos fotos y notas en cada atardecer y haremos una tabla, apuntando la intensidad del color midiéndolo con una aplicación que mida los índices RGB del color: Rgb color picker. Apuntaremos también la fecha, el tiempo meteorológico de cada día y los colores que aparezcan.

Todo esto lo mediremos tomando las fotos con la misma cámara y siempre faltando el mismo tiempo para el atardecer.

3. Paso a paso.

1. En primer lugar, elegiremos un sitio fijo desde el que sacaremos las fotos donde se vea bien el atardecer. Hemos elegido el Templo de Debod para sacar las fotos.

2. En segundo lugar, planificaremos los días de observación. Intentaremos que las condiciones del cielo sean diferentes, por ejemplo: un día con nubes, otro con el cielo despejada, un día tras llover...

3. Después tomaremos las fotografías usando siempre la misma cámara. Las fotos las haremos siempre faltando el mismo tiempo para el atardecer, para que las condiciones de luz sean similares.

4. A continuación registraremos las observaciones. Anotaremos: la fecha, el tiempo meteorológico y los colores a simple vista.

5. Posteriormente, mediremos los colores de las fotos utilizando la aplicación Rgb Color Picker para medir los valores RGB (rojo, verde y azul) de los colores que aparecen en cada fotografía. Utilizaremos 4 puntos para medir los valores en cada foto.

6. Seguidamente, crearemos una tabla de datos. Organizaremos la información en una tabla donde aparecerán los valores RGB de cada punto. Haremos una tabla por cada día.

7. Luego, analizaremos los resultados y compararemos los valores RGB y los colores observados en los diferentes días para ver si cambian dependiendo de las condiciones del cielo.

8. Finalmente veremos si los resultados confirman o no nuestra hipótesis sobre cómo influyen las condiciones de la atmósfera en los colores del atardecer.

4. Presentación de resultados

Día 2 de marzo a las 19:08.

El atardecer, a pesar de estar ocurriendo, está totalmente tapado por nubes, por lo que no somos capaces de apreciar ninguno de los colores distintivos de las puestas de sol. Se aprecian únicamente tonos grises, azules y blancos.

Imagen 15: atardecer 1.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	118	135	134	217
Valores G	125	135	135	217
Valores B	133	137	140	207

Tabla 1: atardecer 1.

Día 20 de abril a las 20:55.

Segundo día, también nublado, pero menos. Hoy sí que podemos apreciar a simple vista colores distintivos del atardecer, pero son muy leves y casi ni se ven. Se aprecian tonos grisáceos, azulados, amarillentos, naranjas, blancos y rojos.

Imagen 16: atardecer 2.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	145	178	253	251
Valores G	160	168	215	247
Valores B	180	168	192	244

Tabla 2: atardecer 2.

Día 27 de abril a las 20:57.

Tercer día, sigue estando nublado pero las nubes no opacan tanto los colores. Observamos tonos azules, grises y blancos, pero también tonos más amarillentos, anaranjados y rosáceos.

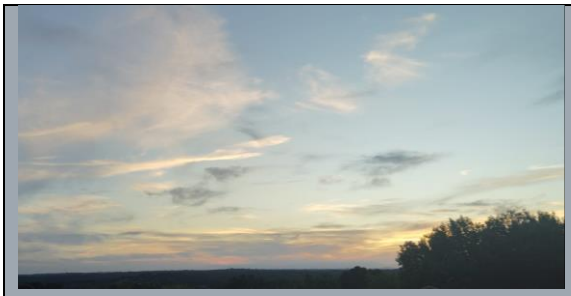
Imagen 17: atardecer 3.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	252	140	197	255
Valores G	236	139	167	243
Valores B	210	134	159	200

Tabla 3: atardecer 3.

Día 30 de abril a las 21.

Cuarto día: similar al tercero. Los días anteriores había llovido por tormentas así que el cielo estaba menos contaminado. Colores amarillos y azules principalmente. Cielo más despejado.



	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	252	150	188	218
Valores G	229	145	155	213
Valores B	177	138	138	184

Imagen 18: atardecer 4. Tabla 4: atardecer 4.

Día 4 de mayo a las 21:06.

Quinto día, por primera vez podemos observar tonos más rojizos y rosados. Hay bastantes nubes, pero justo en una pequeña franja del horizonte se ve el cielo despejado.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	247	186	255	150
Valores G	233	120	255	108
Valores B	220	124	151	122

Imagen 19: atardecer 5. Tabla 5: atardecer 5.

Día 11 de mayo a las 21:15.

Sexto día, hoy vemos el cielo prácticamente despejado excepto justo en la línea del horizonte (justo al revés que en la imagen anterior). Apreciamos tonos azulados, anaranjados, blancos y amarillos.

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	171	177	223	210
Valores G	192	135	190	207
Valores B	187	110	137	188

Imagen 20: atardecer 6. Tabla 6: atardecer 6.

Día 22 de mayo a las 21:27.

Séptimo día de atardecer, hoy predominan los tonos anaranjados. Podemos observan una presencia muy pequeña de nubes. Además, hay tonos azules y amarillos.

Imagen 21: atardecer 7

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Valores R	199	178	230	213
Valores G	183	127	154	189
Valores B	147	82	79	143

Tabla 7: atardecer 7

Las fotografías se hicieron en diferentes horarios, pero todas se tomaron con la misma diferencia temporal aproximadamente del atardecer. La hora del atardecer iba cambiando desde marzo hasta mayo debido a la traslación de la Tierra y la inclinación del eje, que hacen que las horas del día aumenten durante la primavera.

5. Discusión de resultados.

Los resultados que hemos obtenido en nuestro experimento corroboran en cierto modo la hipótesis: en la primera foto el tiempo de ese día estaba nublado y por eso el atardecer tenía solo colores grises, azules y blancos. En la segunda foto que sacamos ya había un poco más de color como el naranja, amarillo y rojo ya que ese día hacía un poco más de sol. En la tercera foto, aunque también estaba nublado, se observan unos colores más llamativos e intensos que los otros dos días anteriores. En la cuarta foto, como era solo tres días después de la tercera foto los resultados son similares (había llovido antes y el cielo se ve mucho más limpio). En el quinto día se puede observar colores como el rojo mucho más intenso que los días anteriores. En la sexta foto el cielo está bastante menos contaminado, con solo dos nubes y con colores como el naranja y el amarillo que destacan bastante. Por último, en la séptima foto hay tonos amarillos y azules con pocas nubes.

Cuando el cielo está más despejado, aparecen tonos amarillos, naranjas y menos intensos. Se observan en distintos puntos más los colores grises y el blanco ya que aparecen todos los días, tanto en los nublados como los soleados. Sin embargo, nosotras habíamos propuesto en la hipótesis que ante la presencia de nubes los atardeceres eran más intensos y esto no lo hemos podido corroborar. En días como el 2 de marzo, predominaban colores grises, blancos y azulados y permiten ver que las partículas grandes como las nubes o la contaminación que hay en el cielo, dispersan toda la luz de forma muy parecida haciendo que los colores sean menos intensos. Con la presencia de nubes se opacaban por completo los colores distintivos de los atardeceres.

Lo que sí que confirma esto es que, al atravesar una mayor cantidad de atmósfera, la luz se dispersa más y las longitudes de ondas rojizas y anaranjadas son más apreciables. Se confirma porque en los días más despejados se observan colores mucho más intensos que los días que tenían más nubes y contaminación.

Nuestro experimento, desgraciadamente, presenta muchas limitaciones ya que no pudimos controlar variables relevantes, así como la humedad, contaminación, posición de las nubes... Además, los valores RGB pueden variar por la calidad de la imagen y los puntos de medición de los valores son un poco imprecisos.

Los resultados que tuvimos apoyan la hipótesis, ya que demuestra que los colores del cielo en el atardecer cambian según las condiciones atmosféricas. Esto se principalmente a la dispersión de la luz solar y las partículas que hay según el día.

En cualquier caso, los resultados que aparecen entre los distintos días dan indicios de que nuestra hipótesis era coherente y aportan fiabilidad al estudio. Los errores de medición no descartan nuestra concusión principal: las condiciones atmosféricas tienen una influencia en los colores del atardecer. Podrían influir cambiando los colores que se observan debido a cosas como la humedad, las nubes, la contaminación o incluso la cámara que usamos para tomar las fotos ya que no son precisas.

6. Conclusiones.

Los resultados que hemos obtenido se pueden resumir que, ante la presencia de nubes, los colores rojizos, rosados y anaranjados son más intensos. Al contrario, cuando el cielo esta despejado todos los colores son más suaves. Sin embargo, en el momento en el que las nubes son demasiado opacas, esto da lugar a colores más fríos y oscuros: grises y azules.
Estos resultados nos llevan a unas conclusiones teóricas.
En primer lugar, hemos conseguido confirmar la teoría de la dispersión de la luz en la atmósfera. Esta consistía en que durante el atardecer la luz recorre una mayor distancia que provoca que las longitudes de onda cortas como las azules y violetas se dispersen y gracias a ello predominen longitudes de onda largas que dan lugar a tonos rojizos y anaranjados.
Después, hemos observado que la presencia de nubes actúa a favor de la reflexión y difusión de la luz. Cuando hay nubes no demasiado densas estas reflejan la luz con ello intensificando los tonos cálidos y haciendo que sean más llamativos e intensos.
En cambio, cuando el cielo está despejado, al no haber una superficie de reflexión este fenómeno no se da y se producen colores más suaves y menos saturados.
Cuando las nubes opacas bloquean la radiación solar directa, los rayos del Sol no llegan a las zonas de la atmósfera y de las nubes donde los colores cálidos del atardecer son más intensos. Por ello predominan los tonos fríos y oscuros (grises y azules).
Todas estas observaciones nos llevan de nuevo a nuestra hipótesis principal que indica que factores como las nubes y partículas en suspensión influyen en la intensidad, saturación y colores en los atardeceres.

Nuestro proyecto es fiable ya que todos los resultados han apuntado en la misma dirección. Sin embargo, podríamos haber hecho un proyecto más completo si contáramos con medios mejores y midiéramos de forma más precisa.

Una posible mejora hubiera sido tomar y medir un mayor número de fotos. Además, podríamos haber tenido en cuenta más parámetros que medir: índice de contaminación, humedad...

Además, para mejorarlo y cometer menos errores en esta investigación podríamos haber hecho las fotos desde un punto en concreto y así ser más preciso, utilizar la misma cámara y configuración y por último hacer observaciones de este proyecto durante un tiempo más largo para tener más datos.

Con relación a esto quedan aún varias preguntas abiertas:

- ¿Cómo influye la contaminación a la intensidad/saturación de los colores?
- ¿Cuál es la relación entre la humedad ambiental y la intensidad de los colores?
- ¿Cambian los colores dependiendo de la estación del año?
- ¿Afecta la localización geográfica a los colores del atardecer?

7. Bibliografía.

Fuentes:

- National Geographic España: Atmósfera terrestre
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
- ChatGpt
- Wikipedia

Profesor director del trabajo:

- Álvaro Peralvo Simón

8. Agradecimientos.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestro profesor de física y química en 2º y 3º de la ESO: Álvaro Peralvo Simón.
Con él hemos realizado cuatro proyectos de investigación y él nos ha ido corrigiendo punto por punto. Gracias a él y a sus métodos de enseñanza hemos mejorado nuestros proyectos y a la vez nuestro pensamiento crítico.
Además, nos gustaría aprovechar para agradecer a los Premios Cisneros por motivarnos a aprender y trabajar con un objetivo.
Por último, queríamos aprovechar este agradecimiento para despedirnos de la asignatura ya que ambas cursaremos la opción de humanidades el año que viene. Aunque nos haya hecho sufrir un poco, hemos aprendido a entender el mundo mucho mejor y a no dejarnos engañar en un mundo donde, cada vez más, circulan incesantemente bulos e información falsa.