



www.pirineoslanuit.org

PIRINEOS LA NUIT

ESCUELA de ESTRELLAS

material didáctico

1º y 2º de Bachillerato

Interreg
POCTEFA



PLN
PIRINEOS PYRÉNÉES
La Nuit



Pirineos La Nuit (PLN)

1º y 2º de Bachillerato

Lejos de la gran ciudad, los astros presiden el cielo desde la espesura negra de la noche. En lo profundo de los valles pirenaicos el manto estrellado todavía recorta la silueta de las montañas que se elevan hacia el cielo. Desde las cumbres, las ciudades lejanas tiñen el horizonte de luz artificial.

Ayúdanos a proteger la oscuridad natural de la noche, a conseguir un alumbrado inteligente para nuestras ciudades y a recuperar ese paisaje natural tan bello y sugerente que es el cielo estrellado.

OBJETIVOS

- Conocer el estado actual de la oscuridad de la noche en el medio ambiente
- Encontrar el origen de la degradación de la oscuridad nocturna
- Concienciar de las consecuencias de la contaminación en nuestro planeta
- Identificar la contaminación lumínica como parte del problema global que está produciendo el cambio climático
- Conocer las causas y consecuencias de las grandes extinciones globales
- Concienciarnos y actuar para mitigar en lo posible los efectos del cambio climático

CONTENIDOS

- Propagación de la luz en la atmósfera
- Alumbrado y contaminación lumínica
- La percepción del color
- Cambio climático
- Sostenibilidad

Nota previa para el profesor o profesora

El conjunto de actividades que te presentamos en esta guía didáctica pretende abordar algunos de los aspectos relacionados con la contaminación lumínica y con el cambio climático y el concepto de sostenibilidad. Estos asuntos se tratan en el documental de planetario Pirineos la Nuit del que nace esta guía didáctica.

Somos conscientes de la importancia de completar el currículum al máximo posible en los cursos de Bachillerato y del pequeño margen que este hecho deja para la realización de actividades complementarias. Por ello, no pretendemos que realicéis la guía completa, y por ello también, la mayoría de las actividades son completamente autónomas, no dependen de otras anteriores o posteriores. Aun así, nos parece interesante que tengáis a vuestra disposición actividades de ámbito variado y relacionadas con eventos, situaciones o problemas que se dan en la actualidad y que, de una u otra manera, nos afectan a todos. Y también presentarlas en formatos accesibles a los estudiantes de esas edades que, por otra parte, son casi por completo autónomos para comprender textos e informaciones que no han sido previamente adaptados.

En el conjunto de actividades que te presentamos comprobarás que no todas están centradas en la materia que impartes. De hecho, hemos querido abarcar múltiples disciplinas ya que los problemas de tipo medioambiental, y en general los grandes retos que tiene nuestra sociedad, no se pueden abordar desde un solo punto de vista. Las miradas transversales, con ópticas y aproximaciones diferentes son las que definen mejor los problemas y es con la participación de personas desde todos los ámbitos del saber, como se resuelven de manera más adecuada los retos planteados. Por ello, te pedimos que si ves alguna actividad que puede ser interés para otro compañero o compañera con quien compartes grupo, le informes para que pueda decidir si le interesa dedicarle un tiempo.

Por último, alguna de las actividades propuestas han de realizarse forzosamente fuera del horario habitual del centro. Para realizar estas actividades se necesitaría una autorización de los representantes legales de cada estudiante y la presencia de responsables del centro educativo. Una idea para facilitar esta actividad podría ser aprovechar un viaje de estudios u organizar una excursión que incluyera una noche al menos, y que incluyera estas actividades nocturnas como parte del contenido de dicha excursión. Si el alumnado de tu grupo lo componen personas adultas muchos de estos inconvenientes no existen.

Gracias por haber abierto esta propuesta de actividades. Desde el equipo pedagógico de Planetario de Pamplona esperamos que te pueda ser de utilidad. Si tienes alguna duda o consulta, no dudes en ponerte en contacto con nosotros a través de los canales habituales:

Teléfono: [+34 948 262 628](tel:+34948262628)

Correo electrónico: escuela@pamplonetario.org

Web: <https://www.pamplonetario.org/>

ACTIVIDAD PREVIA. Debate inicial sobre contaminación lumínica	6
1. ¿Qué es la contaminación lumínica?.....	7
2. Tipos de luz	10
3. El alumbrado de tu entorno.....	13
4. Luz y salud.....	18
5. La percepción del color.....	20
6. Luz y especies de hábitos nocturnos.....	22
7. Activismo.....	28
8. Desde el espacio.....	29
9. Desde tierra.....	30
10. La sexta extinción.....	34
11. Nuestro cambio climático.....	35
12. Mega-Constelaciones de satélites.....	37
13. Debate sobre alumbrado y contaminación lumínica.....	40

La contaminación debida a la luz artificial, la contaminación lumínica, está creciendo en el mundo más de un 2% cada año. A diferencia de otros tipos de contaminantes químicos como el plomo, el azufre o el amianto, la producción de fotones artificiales aumenta cada año, especialmente en los países más desarrollados. Como consecuencia, la propiedad más característica de la noche, la oscuridad, ha desaparecido de las ciudades y del horizonte de los paisajes nocturnos.

La contaminación lumínica no solo impide ver las estrellas a los astrónomos, no es un problema exclusivo de la astronomía, es algo que nos afecta a todos, a tí también. Sabemos que nuestra salud se ve alterada por presencia de luz durante la noche (especialmente por la luz azul, pero no sólo por ella). Muchas especies de vegetales y animales, sobre todo insectos, ven modificado su comportamiento, y por lo tanto su subsistencia, por la presencia de luz artificial durante la noche. Además, la producción de energía eléctrica para alimentar el alumbrado así como la fabricación, instalación y mantenimiento de las luminarias, contamina el planeta y consume un porcentaje importante del presupuesto de nuestras administraciones. Por todo ello, no se debe considerar la contaminación lumínica un problema exclusivo de los astrónomos o de los amantes de las estrellas. Se trata de un asunto que nos concierne a todos, que todos debemos conocer y que entre todos debemos afrontar.

DEBATE sobre contaminación lumínica



Antes de comenzar sería interesante celebrar un debate en grupo sobre los conceptos preconcebidos y lo que conocemos, o creemos conocer, de este tipo de contaminación. Moderará el debate el profesor o profesora quien propondrá al grupo preguntas del tipo:

- ¿Qué entiendes por contaminación lumínica?
- ¿Cuál es la causa de este tipo de contaminación?
- ¿Qué consecuencias tiene la contaminación lumínica?
- ¿A qué colectivos humanos afecta?
- ¿Afecta a otros seres vivos o la luz es inocua para el medio ambiente?
- ¿Qué formas de contaminación lumínica conoces?
- ¿Cómo crees que podría reducirse? ¿Cómo eliminarse? ¿Qué medidas defiendes para controlar la contaminación lumínica?

Tras la visita al planetario y la realización de algunas actividades de esta guía didáctica, os proponemos volver a plantear el debate. Para poner de manifiesto los conceptos asimilados y la nueva información adquirida, identificaremos aspectos como: qué cuestiones tienen una respuesta diferente de la que se dio el primer día, cuáles tiene sentido plantearlas desde otro punto de vista, qué nuevas cuestiones aparecen en el debate, hasta qué punto el grupo está comprometido con medidas que limiten la contaminación lumínica, cómo se percibe este tipo de contaminación en el marco de las alteraciones que estamos provocando en el planeta, etc.

Puede ser interesante grabar un video de la sesión inicial para que el alumnado vea cómo ha cambiado, cómo ha evolucionado su percepción de este asunto al trabajar sobre él. En aquellos puntos en los que se identifica que la opinión o la visión ha cambiado de forma notable y generalizada, se recomienda visualizar la grabación del debate inicial.

Es probable que en este asunto de la contaminación lumínica el punto de partida de su conocimiento sea muy limitado y por ello la evolución será notable. Podría ser interesante realizar esta misma experiencia con el asunto del cambio climático y monitorizar la evolución del punto de vista del alumnado tras la realización de actividades sobre ello (algunas incluidas en esta misma guía y otras accesibles en la de [Energía para la Vida](#))

¿Qué es la contaminación lumínica?



Desde nuestro punto de vista, cualquier fuente de luz artificial que esté funcionando en el exterior durante las horas nocturnas produce contaminación lumínica, incluso aquellas que están perfectamente diseñadas, construidas e instaladas para realizar su función. Ésto se debe a que, para ver las cosas, necesitamos que la luz viaje desde ellas hasta nuestros ojos. Las luminarias vierten luz sobre las cosas y el reflejo de esa luz en ellas es lo que nos llega y nos permite verlas. Pero ese reflejo no se produce exclusivamente hacia nuestros ojos sino en todas las direcciones. Es por ésto que, aunque una zona esté perfectamente iluminada producirá un resplandor luminoso por reflexión y, en consecuencia, producirá contaminación lumínica.

El objetivo no es eliminarla, sino minimizarla, llevarla a límites razonables evitando excesos en la cantidad, controlando las áreas iluminadas de forma directa y el tipo de luz que se utiliza.

La característica que diferencia a la contaminación lumínica de otros tipos de contaminación es que el objetivo mismo del alumbrado, la luz, es al mismo tiempo el contaminante. La propiedad que se quiere alterar cuando se ilumina un espacio, la oscuridad, es la misma que debemos proteger fuera de él. Por esto es importante iluminar de manera racional y respetuosa.

Además, la luz artificial que se dirige hacia donde se requiere, consume energía y cuesta lo mismo que la luz que se envía a donde no se necesita. Por ello, es muy importante controlar el área directamente iluminada por los sistemas de alumbrado.

Para conseguir el objetivo de minimizar la contaminación lumínica hay que controlar los siguientes parámetros:

- **Intensidad:** control de la cantidad de luz que se dirige a las superficies que se desea iluminar. Usar la mínima intensidad que nos permite ver bien.
- **Dirección:** enviar la luz directa solo a los lugares que se quiere iluminar, evitando especialmente ventanas, ríos, mar, campo y también el cielo.
- **Color:** elegir la luz menos dañina para el medio ambiente y la salud. Como norma general usar luz cálida, naranja o ámbar evitando la luz blanca que contiene un porcentaje importante de luz azul.
- **Horario:** controlar intensidad y color de la luz en función del uso de la vía pública. Apagar el alumbrado ornamental y publicitario cuando apenas tienen utilidad.

Recomendamos que visites las webs de varias organizaciones que defienden la conservación de la oscuridad natural de la noche y que alertan sobre los problemas derivados de la contaminación lumínica:

- **Proyecto europeo Pirineos la Nuit:** <http://pirineoslanuit.org/>
- **Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica:** <https://celfosc.org/>
- **Red Española de estudios sobre contaminación lumínica:** <https://guaix.fis.ucm.es/reelcl/>
- **International Dark Sky Association:** <https://www.darksky.org/>
- **Fundación Starlight:** <https://www.fundacionstarlight.org/>
- **Proyecto europeo Stars4ALL:** <https://stars4all.eu/>
- **Proyecto Vigilantes de la noche:** <https://www.vigilantesdelanoche.es/>

Te presentamos cinco definiciones de Contaminación Lumínica publicadas por otras tantas instituciones:

“El resplandor luminoso nocturno o brillo producido por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, que altera las condiciones naturales de las horas nocturnas y dificultan las observaciones astronómicas de los objetos celestes, debiendo distinguirse el brillo natural, atribuible a la radiación de fuentes u objetos celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera, del resplandor luminoso debido a las fuentes de luz instaladas en el alumbrado exterior.”

Gobierno de España, LEY 34/2007, de calidad del aire y protección de la atmósfera

“Término genérico que indica la suma de todos los efectos adversos de la luz artificial.”

Comisión Internacional de la Iluminación – Commission internationale de l'éclairage (CIE) Oficina Técnica Para la protección del Cielo – Instituto de Astrofísica de Canarias (OTPC)

“Es la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, horarios o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan las luces.”

Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica

“La alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión de luz artificial.
Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica (REECL)

“La luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.”

Gobierno de España, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. Real Decreto 1890/2008, ITC-EA-03 (RD 1890/2008)

Compáralas. ¿Cuál te resulta más adecuada para definir el fenómeno? ¿Por qué? ¿Todas las definiciones abarcan los aspectos que entran en juego en la contaminación lumínica?

Te presentamos diez ejemplos de contaminación en los que está presente la luz.

1. Luz de Pamplona que se ve de noche desde el edificio de El Ferial en Larra
2. Luz que emiten los residuos radiactivos de una central nuclear
3. Luz de una farola que va directamente a un río
4. Luz de una farola que entra directamente en tu ventana
5. Luz de una farola que entra en tu ventana después de reflejarse en el suelo
6. Halo luminoso, apreciable desde el exterior, de una hipotética ciudad que está perfectamente iluminada según los criterios defendidos por las asociaciones de defensa de la noche (activistas)
7. Luz emitida por la llama residual de una refinería de crudo
8. Luz ornamental de un puente que ilumina también el agua
9. Resplandor producido por las pantallas publicitarias de los comercios
10. Luz de las ciudades que aparece en las fotografías de los astronautas de la ISS

Pongamos a prueba la solidez de las definiciones. Rellena la siguiente tabla indicando cuáles de las definiciones anteriores incluyen cada caso como contaminación lumínica.

	Ley 34/2007	CIE - OTPC	Cel Fosc	REECL	RD 1890/2008
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Discutid en clase el resultado de la tabla.

Atendiendo exclusivamente a las definiciones de la RAE (<https://dle.rae.es/>) crea tu propia definición de "contaminación lumínica" y también de "contaminación luminosa"

¿Ambas son coherentes? ¿Cuál de las dos crees que describe el fenómeno del que estamos hablando? ¿Te parecen expresiones que significan lo mismo? ¿Por qué?



NOTA: El RD 1980/2008 es la norma básica que rige el alumbrado nocturno en España. El texto de este Real Decreto está disponible en el BOE: <https://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>. En el momento de redactar esta guía, abril de 2020, se encuentra en proceso de trámite para su modificación.



Esta actividad puede encontrarse en la Unidad Didáctica Cities at Night disponible [aquí](#).

Autores: Lucía García Sánchez-Carnerero y Alejandro Sánchez de Miguel

Maquetación: Daniel Lisbona Rubira **Edición:** Miguel Ángel Queiruga Dios

Esta Unidad Didáctica se comparte a través de los sitios web:

<https://ibercivis.es> y <https://ciencia-ciudadana.es>

Editorial Q. ISBN: 978-84-15575-12-2

Publicada bajo licencia CC BY-SA 4.0 ES

El diseño original del espectrómetro que proponemos en esta actividad está publicado por **Openlab** en su web

<https://publiclab.org/>

Instrucciones para su montaje, fotografías y el último diseño están en: <https://publiclab.org/notes/warren/11-30-2017/build-a-papercraft-spectrometer-for-your-phone-version-2-0>

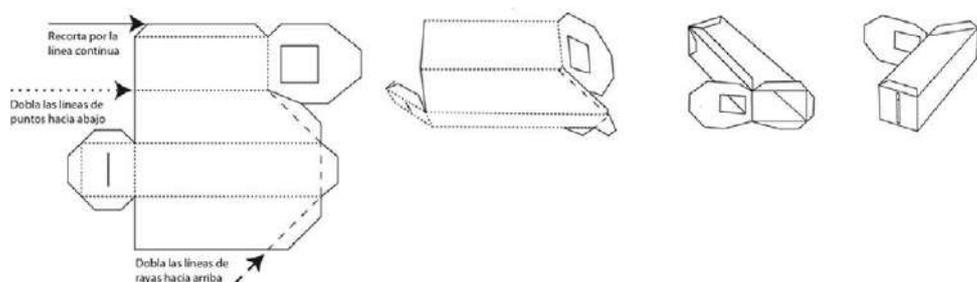
Open Source CERN OHL v1.2

CC-BY-SA 2017 Public Lab contributors

Released under the Open Hardware License, 2017 Public Lab contributors

La luz blanca está compuesta por muchos colores diferentes. Para conocer la proporción de cada color que tiene la luz que recibimos, es decir su espectro, necesitamos un "espectrómetro". Podemos construirnos uno casero usando un cartón de cereales y un CD. Hay varios métodos de separar la luz blanca en los distintos colores que la componen. Isaac Newton utilizó un prisma que aprovecha el diferente índice de refracción que tiene el vidrio para los distintos colores. De esta manera, cuando un rayo de luz compuesto por varios colores lo atraviesa, cada color sigue un camino diferente y, al salir, los colores se han separado. Nosotros vamos a aprovechar un fenómeno diferente para separar los colores de la luz, la difracción en la superficie de un CD.

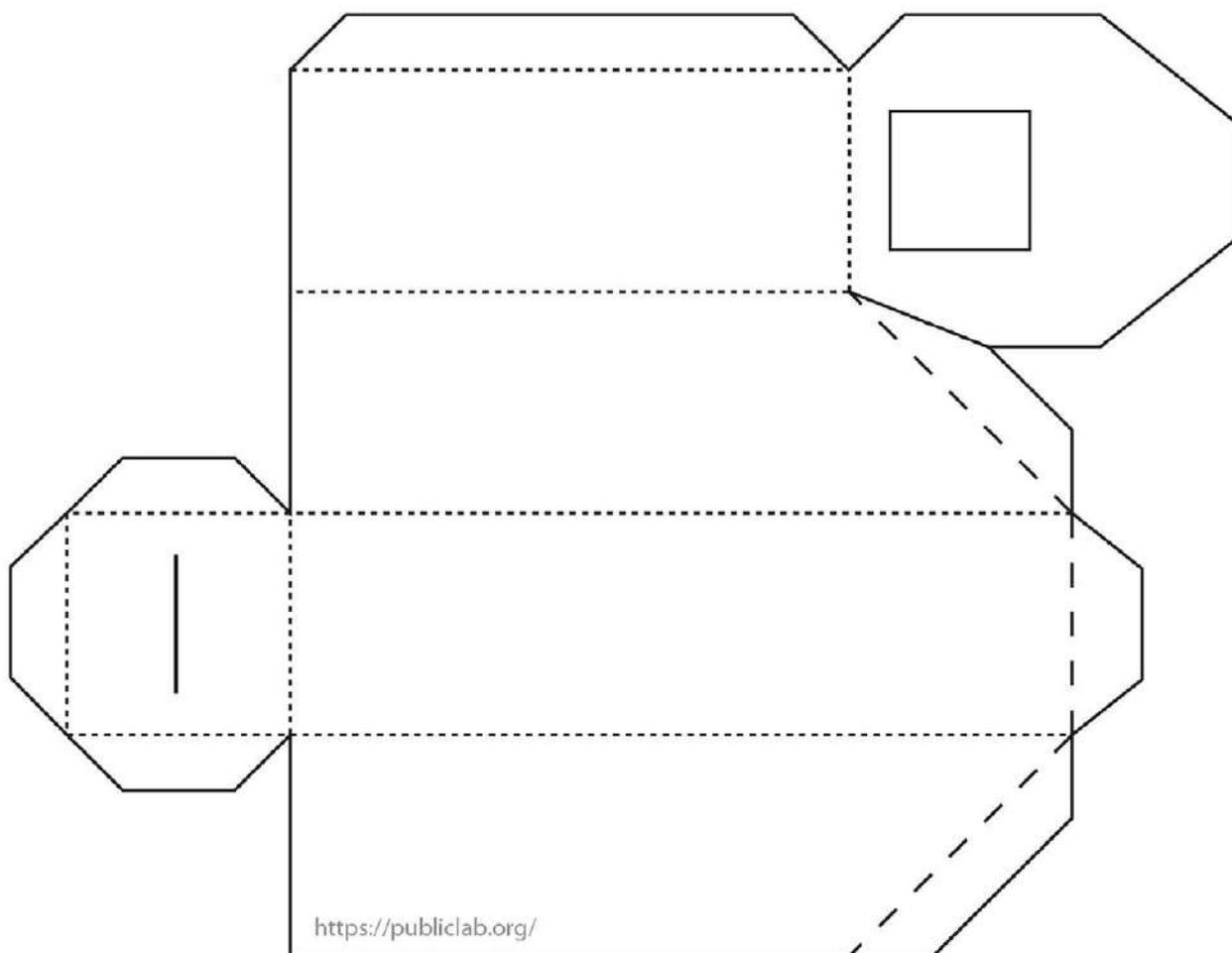
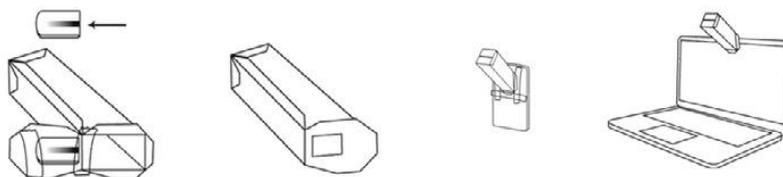
- 1. Recorta por la línea continua, tanto el contorno de la figura como la ventana. Abre cuidadosamente la rendija con ayuda de un cúter. Dobra las líneas de puntos hacia abajo y las de rayas hacia arriba para formar un prisma. Pega todas las pestañas salvo las de la base de la ventana.**



2. Es necesario incluir una red de difracción para que funcione. Se puede fabricar una recortando un CD y quitándole la capa reflectante. Es importante situar la red con los surcos en vertical para que tengan la misma dirección de la rendija.



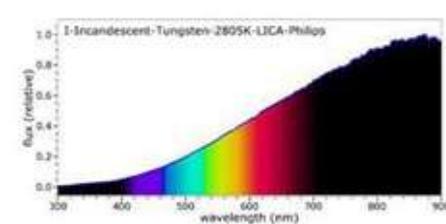
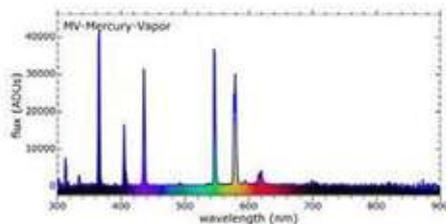
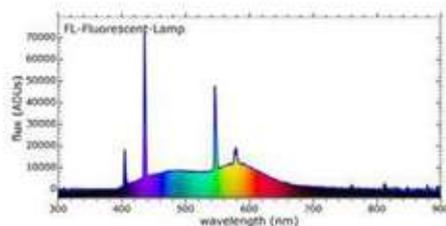
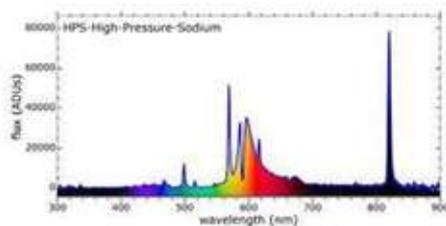
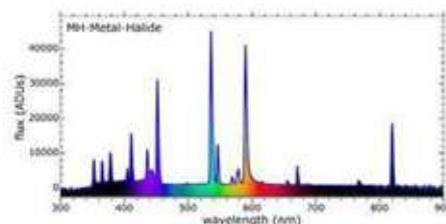
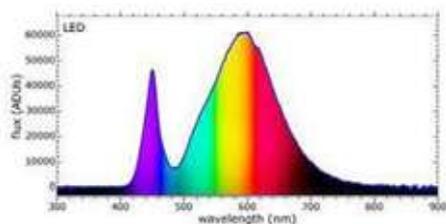
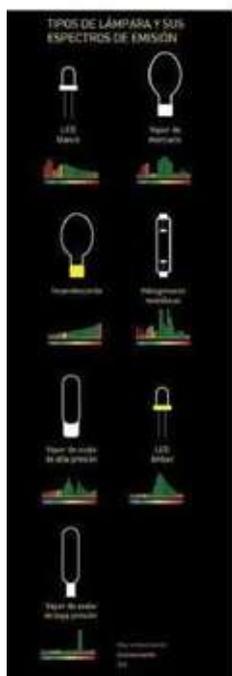
3. Se pueden observar los espectros directamente, pero para tomar las fotografías necesitarás acoplar una cámara. ¡Puede ser incluso la del móvil o la del ordenador portátil!



Se puede encontrar una versión actualizada de este espectrógrafo en: <https://publiclab.org/wiki/papercraft-spectrometer>

¿Cuáles son los colores que componen la Luz blanca? ¿Dónde has visto antes esos colores?

Saca fotografías a las luces de tu casa y a las farolas de tu barrio. Con ayuda del espectrómetro, podrás descubrir la composición espectral de cada tipo de luz. Puedes clasificarlas en función de su color.



Compara tus resultados con los espectros teóricos para determinar de qué tipo son las lámparas que has fotografiado. Atendiendo a su espectro, ¿cuál crees que es la menos indicada para las horas de la noche? ¿y la más adecuada para iluminar tu mesa cuando estudias durante el día?

Una forma sencilla de obtener espectros de las lámparas del alumbrado (o de cualquier otra fuente de luz) se describe en el proyecto de ciencia ciudadana **Street spectra**, una colaboración entre la Universidad Complutense de Madrid y el proyecto europeo ACTION liderado por el profesor Jaime Zamorano (<https://actionproject.eu/>)

Toda la información sobre esta interesante forma de describir la composición espectral de la luz la encontrarás en la web del proyecto: <https://streetspectra.actionproject.eu/>

Te animamos a colaborar con **Street spectra** para la identificación de las fuentes de luz que iluminan nuestras noches.





Vamos a hacer un inventario de las farolas que están instaladas en las calles que rodean tu centro educativo o tu casa y para ello utilizaremos la aplicación Google Earth.

A cada farola le vamos a asignar una marca y un nombre único pero vamos a agruparlas por tipos y ubicación. Te mostramos la caracterización que hemos realizado en el entorno de Planetario de Pamplona para que te sirva como guía. El archivo **farolas_planetario.kmz** que contiene toda la información, puedes descargarlo del mismo sitio que esta guía didáctica.



Imagen de las farolas definidas en Google Earth, para el entorno de Planetario de Pamplona. Elegimos un color para cada tipo de farola y calle, con tonos diferentes para el lado de los portales pares e impares. El modelo de las farolas peatonales del parque de Yamaguchi es único.

Te recomendamos que organices las farolas como aparecen en el ejemplo:

- Una carpeta para las que están en el lado de los portales pares y otra para las de los impares.
- Un color para cada calle con diferentes tonos para las farolas de cada lado.
- Diferente carpeta y color si hay diferentes modelos de farolas en una misma calle.
- Información sobre la farola en la parte de propiedades de la carpeta (cada carpeta tiene su propio tipo de farola). Pregunta al servicio de alumbrado de tu ayuntamiento o a una empresa de alumbrado sobre la marca, modelo, FSH (flujo al hemisferio superior) de las luminarias, así como del tipo y potencia de las lámparas instaladas en cada luminaria.

- Anota también la distancia media entre las farolas de cada carpeta y la altura a la que se encuentra la luminaria. La distancia entre farolas se puede medir con las herramientas de Google Earth. La altura es una información que se puede obtener del servicio de alumbrado o bien medir o estimar cuando se haga la visita.



Captura de pantalla donde se aprecia como hemos organizado los datos de las farolas que rodean el planetario. Cada carpeta contiene la descripción de los elementos de la farola (lámpara, luminaria, báculo y brazo), de su distribución (distancia entre farolas contiguas) y de la ubicación de cada una de ellas.

DESCÁRGATE la aplicación **LightMeter** que convierte la cámara de tu móvil en un medidor de luz, un luxómetro, y pruébalo en casa. Ten en cuenta que el valor que indica la app es la iluminancia o nivel de iluminación de lo que está incluido en el círculo que aparece en pantalla. Prueba a mover ese círculo por distintos lugares y elementos de la casa, verás que la variación en la medida es muy grande. Para medir los niveles de iluminación en la calle, usaremos la cámara selfie del móvil ya que nos interesa medir la cantidad de luz que incide en el suelo.

Antes de salir al exterior para realizar las medidas hay que planificar la forma en que vamos a medir. Siguiendo las instrucciones de la legislación vigente (RD 1890/2008 ITC- EA-07) vamos a construir una rejilla en la calle, paseo o avenida, donde realizaremos las medidas. Elegiremos un tramo recto situado lejos de intersecciones y que no se vea afectado por otras fuentes de luz. Las medidas se realizarán en la zona comprendida entre dos luminarias consecutivas y si están dispuestas en modo alterno o “al tresbolillo” entre dos consecutivas de diferentes lados de la calle.

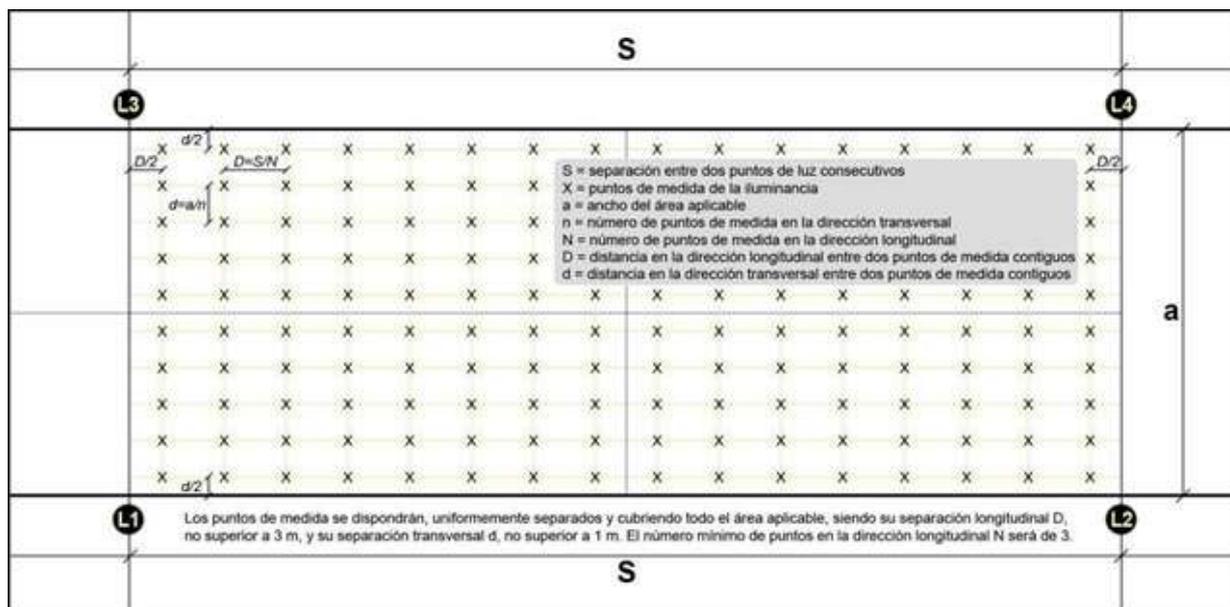
En nuestro ejemplo vemos que tenemos los tres tipos de disposición de las farolas:

- **Unilateral:** en los paseos del Parque de Yamaguchi
- **Bilateral enfrentada:** en la Avenida de Barañain
- **Bilateral alterna o “al tresbolillo”:** en calle Sancho Ramírez

Además, en la calle Acella convive una disposición bilateral al tresbolillo para iluminar la calzada, con otra unilateral de farolas peatonales para la acera de los números impares.

Mención aparte merece la iluminación de la plaza de Yamaguchi, que es propiedad de los vecinos aunque de uso público y cuyo alumbrado es poco convencional.

Para nuestra medición seleccionamos el tramo de la calle Sancho Ramírez comprendido entre las farolas FSRi006 y FSRd005 (L1 y L4 respectivamente en el esquema siguiente).



Rejilla para medición de la iluminancia en la calle Sancho Ramírez. Se trata de una disposición de las luminarias “al tresbolillo” por lo que sólo estarán presentes L1 y L4. En este caso la distancia entre luminarias contiguas es $S = 20$ m y la anchura considerada $a = 10$ m. Para este ejemplo, el mínimo valor de N es 14 y para n es 10, por lo que hemos seleccionado los valores: $N = 16$ y $n = 10$ que producen unos valores para las distancias entre puntos de medición:

$D = 2,5$ m y $d = 1$ m, ambos dentro de los rangos aceptados por la legislación.

Una vez que tenemos toda la información en el ordenador y nuestro luxómetro preparado, ha llegado el momento de observar y medir in situ.

A primera hora de la noche, cuando el cielo ya está negro y las farolas encendidas, nos juntamos el grupo y procedemos a una inspección visual y fotográfica por todas las calles que hemos estudiado.

Comprobamos que la disposición de las farolas en cada calle se corresponde con lo que hemos visto en nuestro programa. Esta comprobación es necesaria ya que entre la toma de las imágenes para Google Earth y el momento de las medidas, puede haber ocurrido alguna actualización del alumbrado de la zona.

Para cada tipo de farola anotaremos la siguiente información que necesitamos para rellenar la ficha de cada carpeta o para comprobar las estimaciones realizadas:

- **Altura de las luminarias.** Ayúdate de un medidor de distancias láser.
- **Tipo de luz.** Utiliza el espectrómetro de la actividad anterior, fotografía la luz emitida por cada luminaria e identifica el tipo de lámpara que contiene. Si no dispones de un espectrómetro, catalógalas en una de las tres categorías siguientes: blanca fría, blanca cálida, naranja.
- **Sensación de deslumbramiento.** Valora de 1 a 3 la molestia que te ocasiona mirar directamente a la luminaria desde una distancia no superior a su altura. 1 es poco molesto y 3 muy molesto. Esa sensación suele estar asociada a la presencia de elementos difusores.
- **Distancia entre farolas contiguas**
- **Anchura de las calles**

Realiza fotografías del entorno, eligiendo las tomas que mejor reproducen la sensación visual que se tiene en ese momento. Fotografía también todo lo que llame tu atención desde el punto de vista lumínico como:

- Incidencia de luz directa en ventanas
- Luces molestas por deslumbramiento
- Zonas iluminadas de manera muy diferente que la media, tanto por exceso como por defecto.
- Iluminación ornamental o publicitaria
- Iluminación de comercios
- Iluminación de pasos peatonales

Una vez concluida esa “inspección de campo” vamos a medir con nuestro luxómetro los niveles de la calle elegida. Comprobamos primero que el tramo seleccionado es adecuado y que no hay tráfico rodado. Marcamos con tiza los puntos X de nuestra cuadrícula ayudándonos de cintas métricas y situamos el móvil en cada uno de ellos usando la cámara selfie. Procuramos que el móvil esté lo más horizontal posible y que nuestra propia sombra no incida en el sensor. Anotamos el valor obtenido en cada punto (E_i). Sería interesante repetir las medidas después de la media noche, para comprobar si se ha activado la reducción de flujo a la que por ley, están obligadas ciertas instalaciones.

Calcula la Iluminancia media (E_m) de la calle como la media aritmética de todas las medidas realizadas:

$$E_m = \frac{\sum_i E_i}{N_{medidas}}$$

El “**método de los nueve puntos**” es una forma simplificada de medir la Iluminancia media en una vía. Puede consultarse en la ITC – EA 07 del RD 1890/2008.

Calcula también la **Uniformidad media de iluminancia** (U_m) que es el cociente entre el valor mínimo de la iluminancia y la iluminancia media $U_m = E_{min} / E_m$. El valor máximo de E_m y mínimo de U_m están definidos en el RD 1890/2008 para cada tipo de calle.

El estudio está ya completo, pero ahora falta lo más importante, intentar que sirva para algo. Eso se puede conseguir si se da a conocer, si se explica y se hace público. Su repercusión será tanto mayor cuanto mejores sean los materiales que se diseñan para presentarlo.

Haced llegar el estudio y sus conclusiones al ayuntamiento (si hay servicio de alumbrado a su responsable) y publicadlo en la web del centro. Si creéis que el trabajo ha sido sobresaliente, presentadlo a alguno de los concursos escolares que se organizan todos los años.

Luz y salud



¿Recuerdas la última vez que estuviste en la playa tomando el sol, o la sombra, sin hacer apenas nada más que bañarte, tumbarte, leer o escuchar música? Cuando llega la noche, después de cenar te entra mucho sueño. No entiendes por qué estás tan cansado o cansada si apenas has hecho nada en todo el día. Te metes en la cama, duermes toda la noche en completa oscuridad y a la mañana siguiente te levantas estupendamente.

Solemos asociar ésto al hecho de estar de vacaciones, sin el estrés del día a día. Pero hay una causa fisiológica que ayuda a que esos días durmamos tan bien. En verano en la playa, lo mismo que en la montaña, hay unos elevados índices de luminosidad en el entorno. Nuestro organismo reacciona ante esos altos niveles de luz haciendo que nos mantengamos despiertos y para ello, se inhibe la producción de la hormona de la oscuridad, **la melatonina**. Nuestro cuerpo libera esta hormona cuando detecta que llega la noche por disminución de la luz ambiental, especialmente la luz azul. Los sensores que nos indican cuándo es de día y cuándo de noche están en los ojos, en la retina y son unas células ganglionares que tienen un compuesto químico llamado **melanopsina**. Esta molécula tiene su máxima sensibilidad a la luz comprendida entre entre 460 y 480 nm, es decir, a la luz de color azul. Esas células de la retina no tienen función visual, es decir, no las utilizamos para que nuestro cerebro forme la imagen del exterior, sólo se usan para informar a nuestro cuerpo si es de día o de noche. Fijáos que tiene sentido que esas células sean especialmente sensibles a la luz azul, ya que la característica que define el día, es que el Sol esté sobre el horizonte, y en esos momentos, el cielo se tiñe de azul, por lo que este color está muy presente solo en las horas diurnas.

Cuando llega la noche las células ganglionares de la retina dejan de recibir la luz azul del sol y nuestro cerebro (el núcleo supraquiasmático situado en el hipotálamo) da la orden a la glándula pineal para que se empiece a liberar **melatonina**. Esta hormona de la oscuridad nos produce la sensación de sueño. Ocurre que, en la producción de esta hormona, se da un efecto rebote, es decir, cuanto más se ha inhibido durante el día, con más intensidad se produce durante la noche. Por eso tenemos tanto sueño y dormimos tan bien cuando vamos a la playa o a la montaña en vacaciones.

Además, la **melatonina** es un antioxidante de amplio espectro y ayuda a las células a eliminar los residuos de su actividad diurna previniendo así la aparición de enfermedades.

En definitiva, es importante que permitamos a nuestro cuerpo liberar **melatonina** por la noche, y para ello lo ideal es seguir el siguiente patrón: exponerse a la luz natural durante el día y permanecer en oscuridad durante la noche.

NOTA: El premio Nobel de Medicina y Fisiología del año 2017 se concedió de manera conjunta a los científicos Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash y Michael W. Young "por sus descubrimientos de los mecanismos moleculares que controlan el ritmo circadiano" Este gran trabajo se suma a las evidencias científicas que confirman la importancia de la luz y la oscuridad natural en nuestra vida.



¿Sigues este patrón en tu día a día? ¿Crees que es buena idea irse a la cama con el móvil o la tableta y usarla un rato antes de dormir? ¿Por qué?

En la actividad número 2 hemos visto el espectro, es decir, la proporción de los distintos colores que tiene la luz emitida por distintas lámparas. ¿Por qué crees que recomendamos luces cálidas y tenues para la noche? ¿Crees que tenemos manía a la luz blanca y por eso no la recomendamos?, o ¿por el contrario hay razones físicas y fisiológicas que justifican nuestra recomendación?

Cuando apagas la luz de tu dormitorio y tienes la persiana levantada ¿entra mucha luz del alumbrado de la calle? ¿Puedes moverte por la habitación sólo con esa luz?

¿Hay alguna farola que envía su luz directamente a tu ventana y penetra en el interior de tu habitación? Si es así, estás sufriendo **intrusión lumínica** y probablemente a un nivel inaceptable. La intrusión lumínica es una forma de contaminación lumínica debida a la deficiente instalación y/o diseño de las farolas. La ley limita la cantidad de luz que puede recibir tu ventana **(1)** y existe al menos un caso en el que un juez ha dado la razón a una vecina por intrusión lumínica ocasionada por el alumbrado público **(2), (3)**. Si es éste tu caso, informa a tu ayuntamiento, tienes derecho a la oscuridad en el interior de tu vivienda. Pero antes, vamos a estimar si estás en disposición de presentar una reclamación. Para ello vamos a medir la cantidad de luz que entra en tu dormitorio o salón con la App que hemos usado en la actividad 3: **Light Meter**, que mide la intensidad de la luz en lux ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ cd/sr/m}^2$)

Sitúa la cámara del móvil en la ventana en posición vertical y lee la medida que da la App. Mueve el dispositivo por varios puntos de la ventana y anota las variaciones en la medida. Toma el valor que mejor represente al promedio.

Si tu casa está en una zona céntrica y de alta ocupación comercial (zona E4) la máxima iluminancia vertical admitida es de 25 lux. Si vives en una zona urbana residencial (zona E3), será de 10 lux. En zonas periurbanas y áreas rurales (zonas E2) el máximo es 5 lux y en observatorios astronómicos y parques naturales (zonas E1) 2 lux.

En caso de que la medida sea superior al valor máximo permitido por la legislación, podrás dirigirte a tu ayuntamiento o a la entidad responsable de la farola para solicitar que solucionen este problema. En caso de no recibir respuesta recuerda que te ampara el principio del silencio administrativo a tu favor. Si la respuesta es desfavorable a tu petición estudia la posibilidad de emprender las acciones que consideres oportunas en el marco de la legislación vigente.

Leed este artículo (en inglés) y comentadlo en clase: <https://www.darksky.org/nobel-prize-awarded-for-discovery-of-molecular-mechanisms-controlling-the-circadian-rhythm/>

-
- (1)** Punto 2 de la ITC – EA – 03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta, del RD 1890/2008
 - (2)** SENTENCIA 00227/2017 del Juzgado Contencioso Administrativo N.2 de LOGROÑO
 - (3)** SENTENCIA N° 139/2018 del Tribunal Superior de Justicia de La Rioja, sala de lo Contencioso Administrativo. Recurso de Apelación n°: 26/2018



La percepción del color

En el audiovisual fulldome ***Pirineos la Nuit*** se propone un experimento en la cúpula sobre la percepción del color de lo que nos rodea. Comentamos en ese experimento que el color o el aspecto con el que vemos las cosas depende de la luz que las ilumina. Repitamos ese experimento en el aula construyendo un dispositivo (o varios) que nos permita controlar el color de la luz.

Materiales necesarios:

- Caja de zapatos (con tapa)
- Linterna de luz blanca.
- Filtros de color (vale papel celofán de distintos colores).
- Cinta adhesiva (cinta aislante negra de electricista).
- Cúter.
- Fieltro negro mate.
- Cola adhesiva.
- Papel cebolla o metacrilato difusor blanco.

Empezamos forrando el interior de nuestra caja de zapatos con el fieltro negro, incluyendo el interior de la tapa. Comprobamos que la caja cierra perfectamente.

Practicamos un orificio en el centro de una de las caras que nos servirá de visor.

En la misma cara de la caja hacemos otro orificio para permitir que entre la luz de la linterna al interior. Cubrimos ese orificio con el difusor, por la parte interior de la caja, de forma que la luz sea lo más difusa posible dentro de la misma. Cubrimos el orificio por fuera con el filtro de color rojo (si es papel celofán habrá que hacer varios dobleces para que sean varias las láminas que atravesará la luz de la linterna). Coloca en la cara opuesta a la del orificio una carta de color, una foto de un arcoiris o dibuja bandas de los siete colores básicos.

Enciende la linterna y observa cómo ves los colores. Cambia el filtro rojo por uno verde y vuelve a observar. Repite la operación con los otros filtros de color que tengas.

Introduce ahora diferentes elementos de colores característicos: una pera, una manzana, una mandarina, un plátano, un kiwi, un tomate maduro, una hoja de lombarda, la bandera de Europa... Obsérvalos con diferentes filtros de color.

Como habrás observado, el aspecto de las cosas cambia de forma importante en función de la luz que las ilumina.

El sistema de visión que tenemos es el resultado de la evolución y ésta ha favorecido a las especies que aprovechan la parte del espectro que es más abundante en el entorno. A esa luz que inunda el día y a la que nuestros ojos son sensibles le llamamos luz visible.

Se dan dos circunstancias que hacen de esta luz la más interesante para la mayoría de especies de la Tierra:

- El Sol, la principal fuente de luz en este planeta, emite la máxima cantidad de energía en la parte visible del espectro
- La atmósfera de la Tierra es muy transparente a la luz visible

Como la luz visible está compuesta de diferentes colores (o longitudes de onda), en la luz del ambiente están presentes todos ellos.

Las cosas que vemos de color rojo absorben todos los colores y reflejan el rojo. Las vemos de ese color porque la luz roja reflejada en ellos es la que llega a nuestros ojos. Pero si un tomate maduro, en vez de iluminarlo con la luz del sol, o con una luz blanca que tiene todos los colores, lo hacemos con una luz que solo tiene el color azul, ¿cómo crees que se verá? Pruébalo en tu caja. ¿Por qué se ve así? ¿Cómo se ve la bandera de Europa iluminada por luz roja? ¿Y si la iluminamos con luz del mismo color de las estrellas que tiene en su interior?

En la vida real las cosas no suelen ser completamente monocromáticas, ni la luz suele tener un solo color, por eso, muchas veces podemos ver el contorno o el volumen de las cosas, incluso cuando se iluminan con luces que no pueden reflejar en su totalidad. Pero la tonalidad y el aspecto cambian cuando cambia el tono de la luz que las ilumina. Es lo que ocurre cuando vemos el paisaje, o nuestra propia cara a la luz de una puesta de sol: todo se ve “más cálido, más rojo” porque la atmósfera de la Tierra ha filtrado la luz del sol eliminando el color violeta, azul y cian y solo queda la luz de mayor longitud de onda (los colores “más cálidos”).

Pero durante la noche no hay sol y nuestros ojos no distinguen los colores en condiciones de baja luminosidad. Para poder ver los colores de las cosas como lo hacemos durante el día tenemos que iluminarlas con luz blanca (lo más parecida a la luz del sol) y con suficiente potencia como para que se activen nuestros conos, las células de la retina que son capaces de captar los colores.

Teniendo en cuenta lo que hemos visto en la actividad anterior, y teniendo en cuenta también cómo se reproducen los colores en función del tipo de luz que ponemos en juego,

- ¿cómo crees que debería ser la iluminación de nuestras calles?
- ¿Qué color elegirías tú para la luz que emiten las luminarias? ¿Por qué?
- ¿Crees que es buena idea iluminar la noche intentando reproducir las condiciones lumínicas del día?
- ¿Eres partidario de convertir la noche en día?
- ¿Cuáles crees que serían las consecuencias de diseñar sistemas de alumbrado con ese criterio?

Discutirlo en clase.

NOTA: esta actividad se complementa con la actividad nº 1 de la guía didáctica de Deep Sky, que puedes descargar en la sección correspondiente a esa sesión en la web de Planetario de Pamplona.



Luz y especies de hábitos nocturnos



Durante millones de años la vida a evolucionado en este planeta adaptándose a los ciclos naturales de luz y oscuridad. La variación en el nivel de luz ambiente entre un día soleado de verano y una noche estrellada sin luna, alcanza casi los 10 órdenes de magnitud, es decir, varía en más de mil millones de lux. Una diferencia tan enorme en las condiciones naturales de luminosidad favorece necesariamente el desarrollo de estrategias de adaptación muy eficaces. La evolución ha favorecido a las especies que responden de manera logarítmica a la intensidad de la luz que reciben sus fotorreceptores. Es el caso del sistema de visión de los humanos y de muchas especies. Aún así, la nuestra es una especie fundamentalmente diurna; de noche podemos ver, pero es de día cuando percibimos la información visual de nuestro entorno que nos es útil y que nos permite desarrollar todas nuestras actividades.

Al igual que le ocurre a los humanos, otras especies también desarrollan sus actividades principales durante las horas del día, por eso, la evolución ha favorecido el éxito de otras que se activan al caer la noche. Cuando los grandes depredadores duermen, hay espacio para que sus potenciales presas salgan y realicen sus funciones vitales. En esas especies de animales, la hormona de la oscuridad, la **melatonina**, en lugar de inducir al sueño y al descanso, provoca el efecto contrario, es decir, la activación del organismo.

Las especies de hábitos nocturnos disponen de un sistema de visión extraordinariamente sensible en condiciones de muy baja luminosidad. Se han adaptado a las condiciones de oscuridad natural de la noche cuyos niveles de luz varían entre 1 lux (noche de luna llena) y 0,00005 lux (noche estrellada). En ese rango de luminosidad es cuando ellos ven bien y obtienen su ventaja frente a los animales diurnos, que por lo general, tienen una visión mucho más deficiente en esas condiciones.

La electrificación del mundo durante los primeros decenios del siglo pasado y la llegada del alumbrado público ha cambiado este panorama en amplios territorios del planeta. En la actualidad las ciudades, los pueblos, las fábricas... hasta algunas carreteras se iluminan durante toda la noche produciendo niveles de luz muy superiores a los de la luna llena. En muchos lugares, estas especies nocturnas no tienen ya ninguna ventaja sobre las diurnas porque allí, la oscuridad natural de la noche ha desaparecido por completo. Pero para algunas especies la situación es todavía peor ya que su comportamiento se ve alterado por la presencia de la luz artificial. Muchos insectos se ven atraídos por la luz de las farolas y quedan atrapados bajo su resplandor sin poder escapar. Termina así su ciclo vital de manera abrupta y probablemente incompleta.

Los científicos han descrito multitud de especies cuyo comportamiento se ha visto alterado, y por lo tanto la supervivencia de su especie amenazada, por la presencia de luz artificial en su entorno, en lugares cercanos o en espacios por los que necesitan transitar para sus migraciones, para alimentarse o para reproducirse.

Visita la sección sobre vida salvaje en la web de la **International Dark Sky Association**: <https://www.darksky.org/category/light-pollution-2/wildlife/>

Confecciona una lista de las especies que se ven amenazadas por la contaminación lumínica. Escribe una frase para cada una de ellas que describa una de las formas en que la luz artificial afecta a los individuos de esas especies.

En todo el mundo se están realizando estudios sobre cómo la luz artificial por la noche afecta a las distintas especies de seres vivos: insectos, plantas, anfibios, mamíferos... a todos nos afecta de una u otra forma la pérdida de la oscuridad de la noche.

Dividimos la clase en grupos. Cada grupo buscará información sobre como afecta la luz artificial a los siguientes seres vivos. Os recomendamos que realicéis las búsquedas en inglés ya que es el lenguaje que se utiliza en las publicaciones científicas. Os proponemos un ejemplo de información de calidad para cada caso.

- **Insectos polinizadores:** <https://www.darksky.org/pollinators-switch-street-lights-off-at-midnight-to-help-moths-and-nocturnal-wildlife/>
- **Polluelos de pardelas cenicientas y petreles en su primer vuelo desde el nido en las montañas del interior de las islas canarias, hasta el mar:** http://www.ebd.csic.es/Airam/pdf/Rodriguez_2017_Telesforo_Bravo.pdf
- **Aves migratorias de norteamérica al atravesar las grandes ciudades con rascacielos iluminados:** <https://phys.org/news/2018-01-pollution-lures-birds-urban-areas.html>
- **Crías de tortugas marinas en su primer trayecto desde el nido hasta la claridad del mar:** <https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-threats-artificial-lighting/>
- **Eclosión de la efímeras en Tudela:** https://www.nationalgeographic.com.es/fotografia/foto-del-dia/efimeras-sobre-rio-ebro_11952
- **Insectos:** <https://www.darksky.org/3-insects-affected-by-light-pollution/>



Contad al resto de la clase qué problemas tienen esos seres vivos por culpa de la luz que los humanos ponemos en nuestras calles. Usad imágenes que lo describan y citad las fuentes de donde habéis obtenido la información.

Ahora nos vamos a centrar en dos estudios que se realizan en el marco del proyecto europeo Pirineos la Nuit, del que esta guía didáctica también forma parte. Estos estudios están dirigidos por la empresa pública del Gobierno de Navarra GAN-NIK y por la asociación francesa CPIE-65, centrados en la evaluación del impacto de las luces de los pueblos del pirineo en las mariposas nocturnas y en los murciélagos.

6.1. *Actias isabelae* o *Graellsia isabellae*, la dama de la noche



El término científico para denominar a las mariposas nocturnas es polilla. Busca imágenes de esta magnífica mariposa y de sus larvas en los distintos estadios.

En la página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico puedes ampliar la información sobre esta interesante especie:

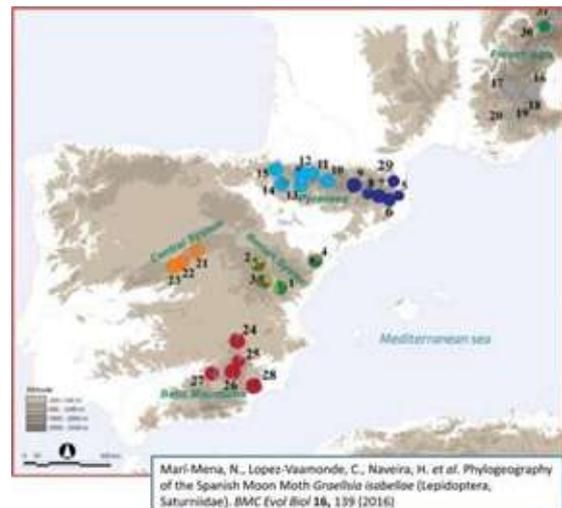
https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/_graellsia_isabelae_tcm30-196938.pdf

https://servicio.mapama.gob.es/tienda_portadas/Gratis/g110242.pdf

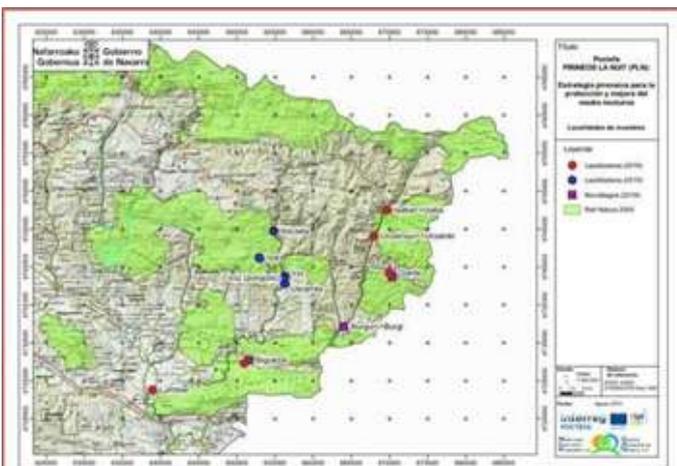
La mariposa isabelina está incluida en varios listados y catálogos de protección:

- **Internacionales:** Anexo III del Convenio de Berna
- **Europeos:** Anexo II de la Directiva Hábitat
- **Estatales:** Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.

Se trata por tanto de una especie protegida que vive exclusivamente en los macizos montañosos del suroeste de Europa y que se ve afectada por la contaminación lumínica, especialmente en los entornos rurales, donde se encuentran sus hábitats, (pinos de pino silvestre y pino laricio). Las poblaciones más importantes de *Graellsia isabellae* se encuentran en el pirineo catalán, pero también en el oscense y navarro y en otros sistemas montañosos de la península ibérica y en Alpes hay poblaciones de estas polillas.



Mari-Mena, N., Lopez-Vaamonde, C., Naveira, H. et al. Phylogeography of the Spanish Moon Moth *Graellsia isabellae* (Lepidoptera, Saturniidae). *BMC Evol Biol* 16, 139 (2016)



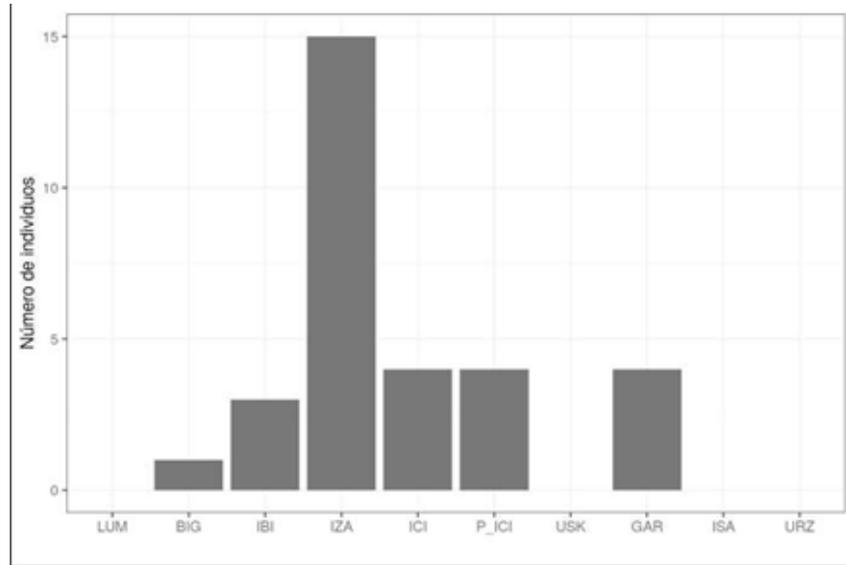
Los estudios realizados en Navarra se han centrado en poblaciones del noreste que incluyen municipios de los valles de Salazar, Roncal y Lumbier.

En estos estudios se ha puesto de manifiesto cómo la luz de las farolas atrae ejemplares de esta mariposa. En especial las farolas que tienen lámparas de vapor de mercurio y halogenuros metálicos.

El estudio no ha concluido y se está investigando la diferente sensibilidad de las polillas a la luz de diferentes tipos de lámparas: vapor de sodio a alta presión, halogenuros metálicos cerámicos y LED PC-Ámbar, todas ellas instaladas en diferentes localidades de la zona.

En este gráfico se representa el número de capturas en las distintas localidades donde se instalaron las trampas.

Destaca el municipio de Iza, próximo a Izi y a Ibilcieta pero con diferente alumbrado. En Iza las lámparas de las farolas son de vapor de mercurio.



La detección de los ejemplares se realiza por captura en trampas diseñada para ello.



Trampas para medir la capacidad de atraer insectos de las diferentes farolas en funcionamiento. El tipo de luz que emiten esas farolas condiciona su capacidad para atrapar insectos nocturnos, pero también influyen la situación, la potencia y el diseño de la luminaria.



Interior de una trampa con varios ejemplares. En la esquina superior izquierda, escondida tras uno de los envases de huevos incluidos para su protección, se puede ver una *Actias isabellae*.

Uno de los resultados preliminares de este estudio se refiere a cómo los diferentes tipos de luz atraen de manera distinta a estos insectos nocturnos. Así, se avanza que después de analizar 1.854 ejemplares (82% lepidópteros y 13% coleópteros) durante las temporadas 2018 y 2019 se ha podido comprobar la fuerte atracción que provocan las lámparas de vapor de mercurio frente al resto de tipologías. También, contrariamente a lo esperado, se observó la ausencia de diferencias significativas en cuanto al grado de atracción entre las lámparas de halógenos

metálicos, led blanco y vapor de sodio. Sí se ha podido verificar la fuerte atracción que ejercen los halogenuros metálicos a los coleópteros. En el estudio también se recoge la peligrosidad de determinados tipos de farolas que provocan mortalidad de ejemplares por abrasión, así como el efecto indirecto que ocasionan las luces en un aumento de la mortalidad de mariposas por predación de murciélagos.

Se ha visto que determinadas especies de polillas no se ven tan fuertemente atraídas por las luces, de manera que el impacto en sus poblaciones resulta menor. Este es el caso de otra especie amenazada como es *Proserpinus proserpina*, polilla asociada a la vegetación de ribera, que no ha sido capturada en ninguna de las lámparas analizadas.

Las mariposas isabelinas vuelan de noche entre finales de abril y principios de junio. Es un espectáculo verlas en su hábitat y creemos que la mejor actividad que se puede proponer es organizar una excursión a estos lugares del Pirineo que incluya una noche para observarlas. Puedes aprovechar la actividad nocturna para hacer también una observación de estrellas. Ponte en contacto con las oficinas de turismo de Roncal o de Ochagavía donde te pueden ofrecer información sobre cómo organizarlo todo.

6.2. Los inquietos murciélagos

Elabora un comentario de texto, al estilo del que vas a tener que realizar en la EvAU, del siguiente texto:

Pocos animales representan mejor a la noche como los conocidos, y no siempre bien valorados, murciélagos. Estos pequeños mamíferos voladores de hábitos nocturnos han surcado nuestros cielos durante las noches desde hace millones de años. La llegada del alumbrado público ha hecho variar sus comportamientos y, como ocurre con el resto de las especies, intentan adaptarse a los cambios que les imponemos. Se han catalogado más de 1.000 especies de quirópteros (murciélagos) que se encuentran distribuidas prácticamente por todo el mundo, colonizando todo tipo de ecosistemas. Se trata de los únicos mamíferos que han desarrollado la capacidad de volar y, a diferencia de las aves, salen de sus lugares de descanso cuando se pone el sol. Por lo tanto, son activos durante los crepúsculos y en las horas nocturnas.

Los murciélagos no utilizan la luz para moverse, su sistema de visión utiliza el sonido para crear la imagen del entorno y de lo que hay en él. Por lo tanto, a ellos les importaría poco si ponemos muchas o pocas farolas, de no ser porque sus presas, los insectos, que sí son sensibles a la luz, se desplazan de sus lugares habituales hasta las fuentes de luz atraídos por el resplandor de las farolas.

Este desplazamiento de las zonas de depredación está favoreciendo a ciertas especies de murciélagos a las que les gusta moverse por entornos ligeramente iluminados, pero está perjudicando gravemente a otras que siempre han estado en completa oscuridad. Esto se debe a que la cantidad de comida disponible en los lugares más oscuros, los insectos, ha disminuido notablemente con el aumento de la contaminación lumínica.

El grupo de estudios de murciélagos de GAN-NIK y de CPIE65 está estudiando cómo los diferentes tipos de luz artificial interaccionan con la actividad de las distintas especies de estos magníficos animales en el entorno rural de los pirineos occidentales y en el área del Parque Nacional de los Pirineos en Francia.

En Navarra se ha registrado la actividad de los murciélagos en cuatro localidades pirenaicas utilizando grabadoras de ultrasonidos y se han realizado dos tipos de experimentos:

- *Muestreos acústicos en estaciones fijas situadas en lugares iluminados (calles) y oscuros (hábitats naturales). Las áreas iluminadas disponían de cuatro tipos de lámparas: sodio de alta presión, halogenuros metálicos cerámicos, vapor de mercurio y LED blanco.*

- Muestreos móviles en las carreteras que unen las localidades donde estaban las estaciones fijas.

Se registraron 48.714 vuelos de murciélagos de 14 taxones diferentes. La actividad promedio detectada en las áreas iluminadas fue muy superior (128,49 vuelos por hora de grabación) que en las áreas oscuras (6,38 v/h). Estas diferencias son similares en las cuatro localidades bajo estudio, independientemente de su tipo de alumbrado.

Se han identificado 6 taxones con mayor actividad en las áreas iluminadas y otros 6 en las oscuras.

Entre las especies que muestran actividad en las áreas iluminadas, se han detectado diferencias entre los distintos tipos de luz del alumbrado.

Con estos datos, se puede concluir que el alumbrado público afecta al comportamiento de los murciélagos, favoreciendo a unas especies y perjudicando a otras por el desplazamiento de las presas debido a la luz artificial. Además, las especies de murciélagos más amenazadas son precisamente las que no muestran actividad en las áreas iluminadas. Este resultado esperable ha sido demostrado con datos. En los hábitats naturales oscuros hay menos alimento porque los insectos han sido desplazados a las áreas iluminadas.





En una charla sobre contaminación lumínica un activista de la asociación **Cel Fosc** (Cielo Oscuro en catalán) terminó su exposición con el siguiente mensaje:

.....

“Abogamos por una nueva cultura de la luz que nos permita conjugar lo mejor de la tecnología con el respeto al medio ambiente y a los ciclos naturales de nuestro planeta.

Más luz no implica más seguridad

Más luz no significa más progreso, pero sí más gasto

Más luz no implica que se vea mejor

Más luz no nos hace más ricos sino más pobres

...

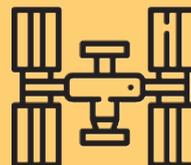
Más luz no siempre es mejor”

.....

Comentado en clase.

- ¿Por qué creéis que dice que más luz no significa más seguridad?
- ¿De qué depende la seguridad en las calles por la noche?
- ¿Por qué creéis que dice que si tenemos más luz en las calles somos más pobres, no más ricos?
- ¿Se os ocurre un ejemplo en el que una potente fuente de luz hace que se vea peor?
- ¿A qué creéis que se refiere cuando dice que aboga por una nueva cultura de la luz?

Desde el espacio



El cartel del documental de planetario Pirineos la Nuit es una imagen del Pirineo obtenida el 5 de diciembre de 2017 por la tripulación 53 de la Estación Espacial Internacional cuando ésta se encontraba 417 kilómetros por encima de un punto de Francia próximo a Limoges. En la imagen se aprecia toda la cadena montañosa en un momento en el que no había nubes. Puedes descargarla la imagen en alta resolución desde aquí:

<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS053&roll=E&frame=384280>

Como puedes ver, existen multitud de puntos brillantes que se corresponden con las ciudades y pueblos. Parece como si la oscuridad del Pirineo estuviera siendo acosada por la luz de las ciudades, tanto de las que están lejos, como de los núcleos de población situados en el interior de la cordillera.

Identifica las principales poblaciones que aparecen en la fotografía (puedes superponer la imagen en un mapa).

- ¿Puedes identificar tu ciudad?
- ¿Qué ciudad es esa que brilla tanto en el centro de la Península Ibérica?
- ¿Cuál es la que más brilla en la parte de Francia que sale en la fotografía?

Solemos considerar a Jaca como la capital del Pirineo, ya que la Comunidad de Trabajo de los Pirineos (CTP) tiene su sede en esa ciudad aragonesa. ¿Puedes indentificarla en esa imagen desde el espacio?

En el audiovisual de planetario **Pirineos la Nuit** hay una secuencia en la que hacemos un recorrido por varias ciudades ribereñas de los Pirineos: **San Sebastián, Biarritz, Pau, Toulouse, Gerona, Figueras, Barcelona, Lérida, Zaragoza, Jaca, Tudela y Pamplona.**

Marca en la fotografía de los astronautas las ciudades de esa lista que todavía no has localizado. Localiza también las siguientes ciudades importantes:

Huesca, Tarbes, Lourdes, Tremp, Sabiñánigo, Sangüesa, Perpignan. ¿Reconoces también donde está **Andorra**, el país de los pirineos?

Si te ha gustado esta actividad te proponemos que colabores con el proyecto de ciencia ciudadana **Cities at Night** identificando las ciudades que los astronautas han fotografiado desde el espacio de noche. Entra en la web <https://lostatnight.org/> y sigue las instrucciones. En la web del proyecto (<https://citiesatnight.org/?lang=es>) encontrarás mucha información sobre contaminación lumínica.





En la web del proyecto Pirineos la Nuit (<http://pirineoslanuit.org/>) hay una sección llamada “**Midiendo la oscuridad**” Entra en esa sección y espera a que se carguen todos los elementos externos de esa página (iframes).

Verás que aparece un mapa de los Pirineos con marcas en diferentes sitios. Cada una de esas marcas se corresponde con un fotómetro TESS-W instalado por los miembros del proyecto en otros tantos lugares que disponen de alimentación eléctrica y acceso a internet inalámbrica (red wifi).

Dichos fotómetros, desarrollados por técnicos españoles del proyecto STARS4ALL (<https://stars4all.eu/?lang=es>) están monitorizando la oscuridad del cielo de manera continua. Los datos obtenidos se guardan en un repositorio público llamado *Spanish Virtual Observatory* donde son accesibles por todos los usuarios (open data). Están colocados en tejados, barandillas, azoteas, etc. apuntando al cenit y con la mayor visibilidad del cielo que permite el lugar donde está midiendo.

Nuestra idea en **Pirineos la Nuit** es medir el estado de oscuridad del cielo en diferentes lugares, para disponer de datos científicos (datos obtenidos con instrumental calibrado) que nos indican cuánta luz hay en el cielo y cómo evoluciona con el tiempo.

Las gráficas que proporcionan los datos de estos fotómetros están en unas unidades poco comunes: mag/arcsec² (magnitud por segundo de arco al cuadrado), donde magnitud es una unidad usada en Astronomía que mide la cantidad de luz que nos llega de un objeto. Por tanto, el fotómetro nos indica la cantidad de luz que nos llega del cielo por cada unidad de superficie de la bóveda celeste (segundos de arco al cuadrado). Es una medida de la densidad de luz de la bóveda celeste.

Curiosamente, cuanto menor es la magnitud de un objeto, más luz recibimos de él. Por ejemplo, la magnitud del Sol es $m_{Sol} = -26,74$ y la de la Luna Llena $m_{Luna Llena} = -12,6$. La estrella más brillante de la noche, Sirio, tiene una magnitud de $m_{Sirio} = -1,45$ y la Estrella Polar de $m_{Polaris} = 1,97$. Las estrellas más débiles que podemos ver a simple vista son de magnitud visual aparente $m = 6$.

Teniendo ésto en cuenta, podemos interpretar esas gráficas como mediciones de la oscuridad del cielo, de forma que cuanto mayor es el valor en un momento dado, más oscuro es el cielo.

- ¿Puedes decir cuál de los lugares de la lista ha tenido el cielo más oscuro esta noche?
- ¿En qué lugar el cielo ha tenido más luz en su momento de mayor oscuridad?

El valor de la oscuridad del cielo está afectado por varias causas, algunas naturales y otras no. Entre las causas naturales destacamos las siguientes:

- **Nubes.** La presencia de nubes condiciona fuertemente las medidas de los fotómetros. Si estamos midiendo desde el interior de una ciudad, las nubes hacen que el cielo brille mucho más ya que éstas reflejan la luz del alumbrado y lo devuelven hacia abajo. Cuanto más bajas son las nubes, más brilla el cielo de la ciudad. Este efecto es especialmente notorio cuando hay niebla, es decir, cuando el fotómetro está dentro de la nube. En Pamplona, por ejemplo, una noche de niebla el fotómetro arroja valores entre 14 y 15, muy por debajo de los valores del cielo estrellado, en ese mismo punto.

Por otra parte, si el fotómetro se encuentra en un lugar oscuro, sin alumbrado, como ocurre por ejemplo en el caso del Refugio de Góriz o del edificio de El Ferial, en Larra, las nubes pueden producir efectos contrarios. Si son nubes bajas o es niebla, bloquearán la luz del cielo estrellado y el fotómetro dará datos de oscuridad superior al que daría si estuviera despejado. Pero si las nubes son muy altas, pueden recibir la luz de las ciudades lejanas y reflejarla hacia nuestro medidor. En este caso, el cielo será más brillante que si no estuviera nublado. También puede ocurrir que el punto desde el que realizamos las medidas se encuentre por encima de las nubes; en este caso, las propias nubes apantallan las fuentes de contaminación lumínica cercanas y las medidas obtenidas reflejan de forma más real el brillo natural del cielo estrellado.

- **La Luna.** La presencia de la Luna en el cielo aporta una gran cantidad de luz al entorno. Evidentemente esto no es contaminación lumínica ya que la Luna es un astro y forma parte del entorno natural de la Tierra. Pero cuando hay luna en el cielo, especialmente con luna Llena, se ven menos estrellas y el cielo es mucho más brillante que cuando está por debajo del horizonte. Los astrónomos amateur solemos salir a ver las estrellas las noches despejadas en los momentos que la Luna no está sobre el horizonte. Las mejores noches de observación son siempre en torno a la luna Nueva.
- **La Vía Láctea, Capella y Vega.** En las ciudades el cielo tiene tanta contaminación lumínica que no se puede distinguir la débil luz de la Vía Láctea. Por otro lado, estrellas tan brillantes como Capella en la constelación del Auriga y Vega en la Lyra destacan de forma tenue contra el fondo iluminado de luz artificial. Estas dos estrellas cruzan el cielo cerca del cenit en nuestras latitudes. En las noches despejadas sin luna, en lugares oscuros, podemos apreciar en las gráficas la presencia de estos objetos celestes que aportan un "extra" de luz al cielo. Las noches del final del invierno y comienzo de la primavera (de febrero a abril), sin Vía Láctea y sin esas dos estrellas en el campo de visión de los fotómetros, son las más oscuras del año. En verano se suman el brillo de Vega y de la Vía Láctea (ambos próximos en la bóveda celeste) produciendo valores de oscuridad menores en las noches despejadas sin luna.



Imagen de la Vía Láctea de verano. Foto Roberto García. Planetario de Pamplona

Recordemos que la causa no natural que hace aumentar el brillo del cielo nocturno es la contaminación lumínica y está producida por la iluminación artificial.

En base a las gráficas de esta noche, ¿Puedes ordenar los lugares donde están situados los fotómetros de mayor a menor presencia de contaminación lumínica? Si esta noche detectas la presencia de nubes localmente, elige una noche despejada.

La red de medidores de la oscuridad que hemos montado en Pirineos la Nuit nos sirve para caracterizar la cantidad de luz artificial que hay en el cielo en un lugar y en un momento determinado, mirando principalmente hacia el cenit. Desde la cima de las montañas el cenit está casi por completo libre de contaminación lumínica, pero si miramos al horizonte, desde cualquier punto del Pirineo, vemos el resplandor de las luces de las ciudades lejanas. A continuación te presentamos cuatro panorámicas de 360° obtenidas en otros tantos lugares elevados del Pirineo. ¿Puedes identificar el origen de la luz que aparece en los distintos puntos del horizonte? Ayúdate de un sistema de información geográfica como Google Earth para identificar las direcciones de las ciudades más importantes que pueden estar tiñendo de amarillo el horizonte en esos lugares. ¿A qué distancia se encuentran del lugar donde fueron obtenidas las panorámicas?



Col de Pombie, Francia,cerca del Midi d'Ossau, la noche del 1 al 2 de junio de 2019. Latitud: $42^{\circ} 49' 45''$ Norte, Longitud: $0^{\circ} 25' 38''$ Oeste.



Brecha de Rolando la noche del 4 al 5 de julio de 2019. Frontera Francia-España. Latitud $42^{\circ} 41' 28''$ Norte, Longitud $0^{\circ} 2' 4''$ Oeste



Pic du Midi de Bigorre, Francia, la noche del 3 al 4 de septiembre de 2019. Latitud: $42^{\circ} 56' 11''$ Norte, Longitud: $0^{\circ} 8' 32''$ Este



Col d'Albère la noche del 11 al 12 de julio de 2019. Frontera Francia España. Latitud: $42^{\circ} 28' 47''$ N, Longitud: $2^{\circ} 56' 43''$ Este



Mapa de Google Earth donde se marcan las localizaciones desde donde se obtuvieron las cuatro imágenes panorámicas anteriores.

Existen campañas de monitorización del estado del cielo nocturno que están activas a lo largo de todo el año. Por lo general son actividades sencillas de realizar y están pensadas para que cualquiera pueda enviar sus medidas. Te recomendamos dos de estas iniciativas que no requieren de ningún instrumental y en las que puedes participar siempre que tengas un cielo estrellado sobre tu cabeza en una noche sin luna.



Vigilantes de la noche: <https://vigilantesdelanoche.es/> promovida por la Sociedad Malagueña de Astronomía con el apoyo de la Federación de Asociaciones Astronómicas de España (FAAE), la Red Andaluza de Astronomía (RadA), Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica y la Fundación Andaluza para la Divulgación de la Innovación y el Conocimiento, DESCUBRE

Globe at night: <https://www.globeatnight.org/> un programa del National Optical Astronomy Observatory, the National Center for Ground-based Nighttime Astronomy en Estados Unidos, gestionada por la Association of Universities for Research in Astronomy (AURA), bajo el acuerdo de cooperación con la National Science Foundation.

La sexta extinción



El nombre de esta actividad hace referencia al título de un libro de Richard Leakey y Roger Lewin *“The Sixth Extinction. Patterns of life and the future of humankind”* de 1996. En castellano *“La sexta extinción”* se publicó en 1997 por Tusquets Editores S.A. en la colección Metatemas. Recomendamos su lectura (mejor si puede ser en la versión original)

En esa obra se ofrece una visión global de las grandes extinciones que han ocurrido a lo largo de la historia de la vida en la Tierra y se pone en contexto el momento que vive nuestra civilización en relación con el medio ambiente. A pesar de los años que han pasado desde su publicación, el mensaje sigue siendo válido en lo general, aunque algunas de las dudas que plantea Leakey ya han sido aclaradas por la ciencia. Por desgracia, los peores augurios respecto al cambio climático se están confirmando con los últimos estudios científicos debido a la inacción de nuestra sociedad.

Existen multitud de publicaciones, artículos, comentarios, blogs, etc. que hablan de estas cuestiones y que puedes encontrar en la web. Ten en cuenta que no todo lo que hay en internet es veraz o está explicado de forma adecuada.

Un concepto que aparece de manera recurrente a lo largo de la historia de la vida en la Tierra es el de **SOSTENIBILIDAD**.

Busca información sobre el significado de este término en relación con la biosfera terrestre.

¿Qué puede ocurrir si una especie se comporta de forma no sostenible? Además de prácticas no sostenibles generalizadas, ¿qué más hace falta para que se produzca una extinción global?

¿Qué ocurrió en las cinco grandes extinciones globales que se han sucedido en la Tierra?

¿cuáles fueron las causas? ¿cuáles las consecuencias?. ¿Crees que podría repetirse en el futuro?

¿Cuál es la composición de la atmósfera terrestre? ¿ha sido siempre así? ¿De dónde proviene el oxígeno que respiramos? ¿y el ozono estratosférico que nos protege de la radiación ultravioleta del Sol y que hace posible la vida en la superficie de la Tierra tal y como la conocemos? ¿Crees que puede haber vida en la Tierra sin oxígeno (O₂)?

¿Puedes nombrar algún ser vivo que exista ahora y que no necesite oxígeno? ¿Alguno que produzca ese gas como parte de su proceso vital?

“BE SOSTENIBLE MY FRIEND”





El cambio climático está provocando alteraciones sustanciales en la forma de comportarnos y en cómo entendemos nuestra relación con el planeta. La figura de Greta Thunberg ha irrumpido en el panorama internacional de forma extraordinaria haciendo un llamamiento a dirigentes, jóvenes y a la sociedad en general sobre la urgencia de tomar medidas para paliar las consecuencias de un cambio climático que, a quienes más va a afectar es a vosotros, los jóvenes. El movimiento Fridays for Future es un soplo de esperanza para nuestra especie.

Organizando la clase por grupos, vamos a realizar trabajos de investigación sobre los siguientes asuntos para exponerlos en clase en una sesión conjunta:

- **Greta Thunberg.** ¿Quién es? ¿Por qué se ha hecho mundialmente conocida? ¿Qué intervenciones de ella destacarías? ¿Por qué decidió faltar a clase los viernes? ¿Crees que hay alguien a quien no le gusta lo que dice e intenta desprestigiar su imagen?
- **Fridays for Future.** ¿Qué es este movimiento? ¿Dónde empezó? ¿Cómo ha sido su extensión? ¿Quiénes lo protagonizan? ¿Qué sectores lo apoyan? ¿A quién crees que no le gustan estos actos de activismo? ¿Han aparecido nuevas variantes?
- **Historia del movimiento ecologista.** Primeras manifestaciones sociales sobre asuntos medioambientales. La aparición de Greenpeace y la reacción de gobiernos, lobbys económicos, etc. La entrada en política del movimiento verde y la aceptación de sus postulados por parte de los partidos tradicionales.
- **El IPCC.** ¿Qué es el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático? ¿Quiénes lo integran? ¿Tiene o ha tenido capacidad de decisión o solo de consejo? ¿Es un organismo de carácter científico o político?



• **¿Qué hacen nuestros gobernantes?** Busca información sobre las acciones, planes, leyes, iniciativas sobre cambio climático, que están en marcha a nivel regional, nacional, europeo y mundial.

• **La descarbonización de la economía.** Elabora un informe sobre las implicaciones que tiene para la sociedad la sustitución de las fuentes de energía no renovables como petróleo, carbón, gas natural, etc. por energías renovables. ¿Qué fuentes de energía son las que deberemos usar en un futuro inmediato?, ¿y a medio-largo plazo?, ¿cuáles son las fuentes de energía que crees que usará la sociedad cuando tus nietos tengan tu edad? ¿y cuando la tengan los nietos de tus nietos?

Posteriormente, con toda la información que se ha expuesto, se puede abrir un debate con las siguientes cuestiones sobre la mesa:

- ¿Qué podemos hacer nosotros, en casa, en el centro educativo, en nuestro ocio, ...?
- ¿Qué es lo más importantes que hay que abordar de manera inminente?
- ¿Cómo vemos el futuro de nuestro día a día suponiendo que, por ejemplo en 20 años, prácticamente han desaparecido los combustibles fósiles (en particular el petróleo y buena parte de sus derivados) de nuestras vidas?



Mega-constelaciones de satélites



La noche del 1 al 2 e junio de 2019, mientras fotografiábamos las estrellas para el documental fulldome Pirineos la Nuit, fuimos testigos del paso de varios satélites que viajaban en línea y que producían destellos de manera más o menos regular. Nos encontrábamos pasando la noche en el Col de Pombie, cerca del Midi d'Ossau, en pleno Parque Nacional de los Pirineos, en Francia. Los vimos surcar el cielo varias veces después del anochecer y antes del amanecer. Para nosotros, ésta fue la primera vez que sentimos que algo nuestro, de todos, el aspecto del cielo estrellado, podía cambiar para siempre... y para todos los habitantes del planeta. El primer envío de 60 satélites pertenecientes a la mega-constelación Starlink se había producido solo unos días antes (ver video: <https://vimeo.com/338361997>)



Trazas de los 60 satélites Starlink del envío 6, que aparecen en las fotografías astronómicas. Imagen tomada por Alessandro Garbaro desde Castano Primo (MI) Italia, el 23 de abril de 2020. El punto más brillante de la parte de abajo de la imagen es la Estrella Polar.

Seguramente sabrás que la empresa Space X, y otras importantes del sector tecnológico internacional, están enviando al espacio satélites de comunicación para crear una cobertura de servicios de acceso a internet a nivel global. Se estima que cada empresa que quiera prestar esos servicios necesitará unos 42,000 satélites, unas 20 veces más de los que había en el espacio antes de esta iniciativa. Estas mega-constelaciones de satélites se sitúan en órbita baja y reflejan la luz del Sol exactamente igual que lo hacen los satélites artificiales que se han lanzado al espacio desde los años 50 del siglo pasado. Lo que preocupa a la comunidad astronómica internacional es que, si estos proyectos siguen adelante, vamos a pasar en pocos años de ver unos cuantos puntos de luz surcando nuestros cielos, a ver cientos o miles de ellos cada noche. Y no solo se trata de los satélites que nosotros podemos ver a simple vista, sino que las imágenes de los grandes telescopios que observan el universo se van a llenar con las trazas que dejan en ella. Ésto puede arruinar el trabajo

de investigación de estos observatorios de primera línea, en particular el de aquellos instrumentos que observan grandes áreas del cielo como el Telescopio Rastreo Simonyi de 8.4 metros. Este telescopio del observatorio Vera C. Rubin se está terminando de construir en la cima de Cerro Pachón, Chile, y trabajará con una cámara CCD de 3,200 millones de píxeles, tomando 1,000 imágenes cada noche durante 10 años. Este proyecto tiene entre sus objetivos el estudio de la materia y la energía oscura del universo, la búsqueda de asteroides en ruta de colisión con la tierra o la obtención de datos para comprender la estructura y formación de nuestra galaxia, la Vía Láctea.

Lée este artículo del equipo del Observatorio Vera C. Rubin y coméntalo en clase:

<https://www.lsst.org/content/lsst-statement-regarding-increased-deployment-satellite-constellations>

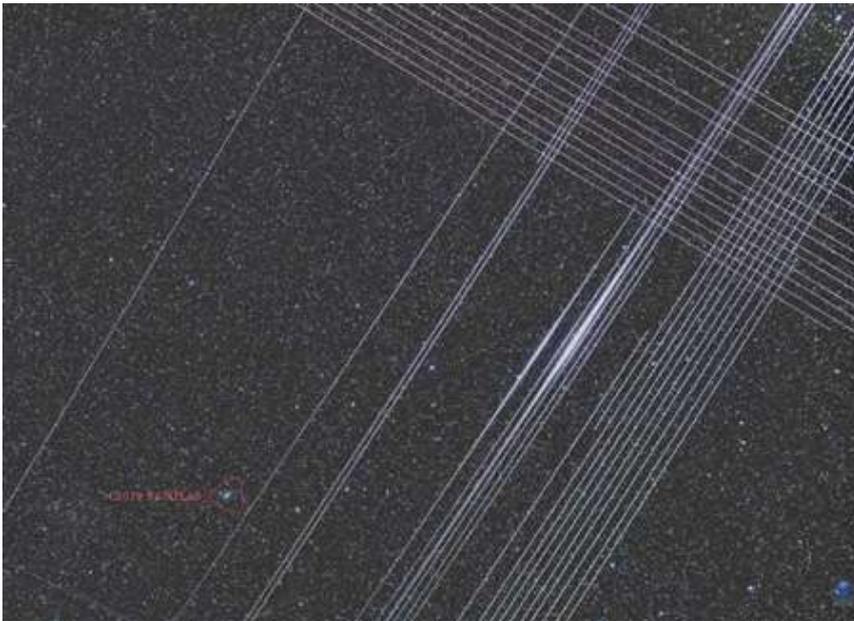


Imagen del cometa C2019 Y4 ATLAS tomada por el famoso astrofotógrafo y diseñador de telescopios remotos Zdeněk Bardon la noche del 19 de abril de 2020. El núcleo de este cometa se había fragmentado unos días antes y se necesitaban imágenes desde tierra para comprobar su evolución. La imagen representa el terrible impacto que tiene para la Astronomía el desarrollo del programa Starlink

No solo los responsables de este centro de investigación están preocupados por la degradación del cielo estrellado que suponen estos satélites, toda la comunidad astronómica internacional ha levantado la voz de alarma ante este hecho. La IAU (siglas en inglés de la Unión Astronómica Internacional) publicó en su web una nota de prensa alertando de este problema <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau2001/>

En España, la asociación de astrónomos profesionales (SEA Sociedad Española de Astronomía) ha creado un grupo de trabajo de expertos en esta materia para estudiar las repercusiones de estas mega-constelaciones de satélites y recomendar actuaciones a las distintas organizaciones. Este grupo se llama **ICOSAEDRO**. Puedes encontrar más información aquí: <https://www.sea-astronomia.es/grupo-de-trabajo-sea-icosaedro>

Además de los evidentes perjuicios para la investigación del Universo, estos satélites pueden alterar, de hecho lo están haciendo ya, un paisaje natural tan bello y sugerente como es el cielo estrellado.

- ¿Crees que es lícito que una empresa comercial altere un paisaje natural?
- ¿Es moralmente aceptable?

Si los servicios de acceso a internet que proporcionarán esas empresas tienen un precio para los usuarios (marcado por ellas mismas obviamente),

- ¿Te parece razonable que utilicen el espacio, alterando el aspecto del cielo estrellado con fines comerciales?
- ¿Y si permitieran un acceso libre, llevando así la wifi gratis a todos los lugares?
- ¿Crees que deberían haberlo consultado antes de desplegar esas decenas de miles de satélites? ¿A quién deberían haber pedido permiso?

Sabemos que algunas especies de animales se orientan por las estrellas e identifican el movimiento aparente de éstas, de Este a Oeste, en sus migraciones estacionales.

- ¿Qué crees que harán si un día miran al cielo estrellado y ven que muchos de los puntos brillantes se mueven en direcciones totalmente nuevas, de Oeste a Este, de Sur a Norte...? ¿Crees que sabrán hacia dónde dirigirse?

Si las naciones del mundo no se ponen de acuerdo sobre el uso del espacio, las grandes compañías se apropiarán de él y lo harán con fines comerciales, es decir, para ganar dinero. El comercio y los beneficios que éste genera no deberían ser perjudiciales para el planeta, proporcionan trabajo y permiten desarrollar un proyecto de vida a muchas familias. La cuestión que se nos plantea en esta explotación comercial del espacio va un paso más allá de esa cuestión:

- ¿Es moralmente aceptable obtener beneficios de un recurso común, en este caso el espacio, que todavía no tiene regulación internacional, y que compromete la actividad previa de otros y la integridad de un paisaje natural?

Y ya puestos a imaginar,

- ¿te parecería razonable que se diseñaran constelaciones de satélites que formaran mensajes publicitarios con la luz que reflejan del sol?
- ¿Te imaginas un cielo estrellado siendo atravesado por un escudo del Real Madrid, del Barça, de los Red Sox o del Club Petanca Harmonia de Montbau?

Si se abre la veda del uso indiscriminado del espacio para fines comerciales,

- ¿dónde ponemos el límite? ¿Crees que habría que poner algún límite?
- ¿Es lícito degradar completamente el cielo estrellado para beneficio de algunos?

Más información en:

- Eureka, blog del astrofísico Daniel Marín donde encontrarás información de calidad sobre las mega-constelaciones de satélites y sobre muchas otras cosas relacionadas con el espacio y la astrofísica: <https://danielmarin.naukas.com/>
- Artículo de David Galadí Enríquez, astrofísico, Observatorio de Calar Alto, Almería: https://www.sea-astronomia.es/sites/default/files/070_galadi_constellationoped_mar20_des.pdf

Debate: Alumbrado y contaminación lumínica



Dividimos la clase en tres grupos.

- **Activistas** en defensa de la oscuridad natural de la noche
- **Sector lumínico**, con actividad profesional en el ámbito de la iluminación
- **Administración** (ayuntamientos, diputaciones, comunidades autónomas, gobierno de la nación), con encargo legal para iluminar los espacios públicos

El profesor o profesora será en este caso la persona encargada de moderar el debate.

El grupo de activistas está compuesto por astrónomos (amateur y profesionales), ecologistas, profesionales del medio ambiente, de la biología y de la salud y grupos que defienden la conservación de la oscuridad natural de la noche. Los principales argumentos que defienden estos grupos se centran en el control del alumbrado para minimizar los efectos de la luz artificial durante la noche en nuestra salud, en el medio ambiente y en la conservación de un paisaje natural que, a su vez, es objeto de grandes investigaciones científicas como es el cielo estrellado.

En el sector lumínico podemos representar a empresas del ámbito de la iluminación como productoras y distribuidoras de energía eléctrica, proyectistas de instalaciones de alumbrado, empresas instaladoras y de mantenimiento, empresas de elaboración de estudios de impacto ambiental, etc. En este grupo se defiende la necesidad de iluminar los espacios públicos para poder extender nuestra actividad durante las horas nocturnas. Se defiende una iluminación de calidad en lo referente a niveles, uniformidad, reproducción cromática y control de las instalaciones.

La administración estará representada por la alcaldía (alcalde o alcaldesa asesorado por el edil y por el responsable del alumbrado), la Diputación y las consejerías con competencias en alumbrado: Medio Ambiente, Energía, Administración Local, etc. Las administraciones provincial, regional y nacional son responsables de los programas de ayudas a las renovaciones del alumbrado público. Deberán velar por el cumplimiento de la ley y atender a los consensos de todos los sectores implicados para promover su actualización o modificación si fuera necesario. Gestionan el dinero de todos y por lo tanto han de ser especialmente escrupulosos en el control del gasto, haciéndolo compatible con las obligaciones que les impone el marco normativo.

Sugerimos los siguientes puntos para debatir:

- Limitaciones a la emisión de luz hacia arriba (FHS de las luminarias). El Flujo al Hemisferio Superior es una característica que indica la proporción de luz emitida directamente hacia arriba por una luminaria.
- Limitaciones a la intrusión lumínica en viviendas
- Limitaciones a la cantidad de luz en las calles en función de su utilización
- Limitaciones al deslumbramiento (presencia de elementos difusores en las luminarias)
- Limitaciones a la cantidad de luz azul producida por las lámparas del alumbrado

- Limitaciones al horario de la iluminación ornamental
- Limitaciones al horario de la iluminación comercial (alfombras de luz y escaparates)
- Limitaciones al periodo de encendido de las luces de Navidad
- Alumbrado de espacios deportivos

El delegado o delegada de curso se encargará de la secretaría de la reunión, tomando notas y exponiendo en los últimos minutos de la actividad el resumen de lo tratado y los acuerdos a los que se ha llegado.

¡ABRIMOS DEBATE!

