

street spectra

UNIDAD DIDÁCTICA



Lucía García
Jaime Zamorano
Rafael González



ACTION



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

INTRODUCCIÓN

Esta unidad didáctica está destinada a alumnos a partir de 12 años y tiene como objetivo el estudio del concepto de contaminación lumínica.

Además de concienciarse sobre el problema, los estudiantes conocerán y podrán participar en el proyecto de ciencia ciudadana Street Spectra a través del cual aprenderán a analizar y clasificar las fuentes de contaminación lumínica.

<https://streetspectra.actionproject.eu/>

En esta unidad didáctica se estudian los diferentes tipos de contaminación lumínica y sus efectos negativos así como la forma más eficiente de instalar fuentes de iluminación minimizando su impacto negativo.

Así mismo, se exponen los objetivos del proyecto Street Spectra y se acompaña con una serie de propuestas de actividades adaptadas al nivel de los alumnos.

Con este texto los autores pretenden recopilar contenidos que se puedan implementar en el aula y que puedan servir de guía para participar en este proyecto de ciencia ciudadana.

Para el éxito de un proyecto de ciencia es necesaria la colaboración de investigadores, divulgadores y voluntarios. La participación de alumnos y profesores será de gran ayuda para el estudio de la contaminación lumínica.



Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea. El cambio global del antiguo alumbrado público a nuevos LED, de iluminación por lo general más fría, es lo que ha motivado esta iniciativa.

Todos los ciudadanos (y aquí se incluyen a los alumnos de escuela) pueden ayudar a recopilar datos sobre el tipo de alumbrado público que hay en el mundo. Sus aportaciones forman parte de una base de datos pública que permitirá a los científicos estudiar los efectos de este cambio en la tecnología.

La iniciativa se incorporó al proyecto ACTION como iniciativa piloto a principios de 2019. Actualmente está utilizando epicollect5 como herramienta de recogida de imágenes y Zooniverse para la clasificación de las mismas.

La página web del proyecto incluye la base de datos completa, un espacio para que las escuelas muestren su experiencia con jóvenes estudiantes y un blog que sirve como fuente de actualizaciones para la comunidad.

1- ¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA?

*¿Has oído hablar alguna vez de contaminación lumínica?
¿Sabías que la luz artificial nocturna puede generar graves consecuencias negativas?*

La iluminación artificial altera el patrón natural de luz y oscuridad. Se considera contaminación lumínica cuando es excesivamente brillante, está mal orientada, deslumbra a las personas o cuando se instala de forma no uniforme.

Podemos estimar la cantidad de **contaminación lumínica** midiendo el brillo del cielo nocturno ya que la luz artificial ilumina la atmósfera en la noche. Las ciudades producen luz artificial no solo con sus **farolas**, sino también mediante luces ornamentales que iluminan fachadas, edificios y monumentos.

Existen muchas fuentes de contaminación lumínica, como las ciudades, los aeropuertos, las á industriales, las autopistas, los faros de vehículos y los barcos de pesca en el mar.

Tendemos a alargar el día de forma artificial. Para ello encendemos las luces de las casas, los parques, las calles y las carreteras. Iluminamos el interior de las fábricas para poder trabajar las 24 horas del día e incluso iluminamos invernaderos y granjas para incrementar la productividad.

Cuando utilizamos una iluminación excesiva, no sólo desperdiciamos energía sino que alteramos la salud de las personas al privarles de la oscuridad natural de la noche.

La luz artificial también **afecta negativamente a los ecosistemas**, dañando los hábitats nocturnos al alterar los ritmos biológicos de animales y plantas.

2- EFECTOS NEGATIVOS DE LA LUZ ARTIFICIAL

La contaminación lumínica no solo nos impide ver las estrellas. Además supone un derroche energético que afecta a nuestra salud, a la seguridad y al medio ambiente.

¡Más luz no significa más seguridad!



REDUCE LA SEGURIDAD

Una iluminación intensa genera una sensación psicológica de seguridad y protección, pero esta **puede que no sea real**.

Si la iluminación no es uniforme y se alternan zonas iluminadas con zonas oscuras, **distinguir los objetos** y a las personas que nos rodean se complica, lo que disminuye la seguridad. Otro problema de la mala iluminación es cuando causa deslumbramiento, algo especialmente peligroso para la seguridad vial.

Además la **luz puede hacernos sentir seguros en situaciones que no lo son**, haciendo que nos confiemos.

Los efectos de la pérdida de oscuridad pueden parecer intangibles, pero generan una serie de consecuencias negativas que repasamos a continuación.

ALTERA LOS ECOSISTEMAS

La gran mayoría de los seres vivos utilizan los **ciclos naturales de luz y oscuridad para regular sus ciclos circadianos**. Alterarlos puede causar problemas relacionados con el sueño, la alimentación y la reproducción. La luz artificial nocturna afecta especialmente a mamíferos, anfibios, peces, insectos y aves.



La contaminación lumínica incluye los efectos adversos de la luz artificial.

LAS ESTRELLAS SE DESVANECEN

Para aquellos quien vive en una ciudad **las noches no son oscuras** y le resulta fácil olvidar que sobre nuestras cabezas deberíamos poder ver miles de estrellas. Mucha gente nunca ha visto la Vía Láctea y no sabe que un cielo estrellado sin luna emite suficiente luz para poder pasear por el campo y hacer que proyectes sombra. Los cielos realmente oscuros empiezan a ser tan escasos que se están convirtiendo en un reclamo turístico.

El aumento del brillo del cielo, provocado por la dispersión de luz artificial en los gases y partículas de la atmósfera, provoca un deterioro de las condiciones de observación astronómica, lo que afecta a las especies migratorias que las utilizan para orientarse.

MALGASTO ENERGÉTICO

Una iluminación brillante excesiva es un gasto innecesario. Tal desperdicio de energía conlleva grandes consecuencias económicas y ambientales. Si la humanidad invirtiera en aumentar la calidad de la iluminación artificial durante la noche, salvaríamos millones de seres vivos reduciendo las emisiones de CO₂ al mismo tiempo.

La oscuridad natural está desapareciendo a medida que la luz artificial inunda las ciudades e ilumina el cielo.

EFECTOS SOBRE LA SALUD

Necesitamos luz de día y oscuridad de noche. para que nuestros relojes biológicos funcionen correctamente. Cuando estamos a oscuras, nuestro cuerpo secreta una hormona llamada **melatonina** que juega un papel importante en la regulación de los ritmos circadianos y el sueño.

Las pantallas de televisión, ordenadores, móviles y tablets emiten luz artificial. Usar estos dispositivos hasta altas horas de la noche **nos altera evitando que generemos la melatonina que necesitamos.**

Los desajustes en los niveles de melatonina pueden provocar problemas como estrés, insomnio, diabetes e incluso obesidad.

¿Alguna vez has notado lo difícil que es conciliar el sueño después de haber usado el móvil en la cama por la noche?

Para minimizar los efectos de la luz artificial se recomienda instalar **luz cálida** en casa y programar la temperatura de color de las pantallas electrónicas para que emitan **luz fría durante el día y luz cálida durante la noche.**

Mirar una pantalla brillante justo antes de dormir puede afectar la calidad de nuestro descanso y provocar insomnio.

3- TIPOS DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Una gran parte de la iluminación exterior no es eficiente debido a su diseño. Es habitual que sea demasiado brillante, esté mal dirigida o incluso, que sea completamente innecesaria.

Entre los diferentes tipos de contaminación lumínica se encuentran:

DESLUMBRAMIENTO

La luz demasiado intensa o mal dirigida puede impedir la visión parcial o totalmente como ocurre tras el deslumbramiento que produce el flash de una cámara de fotos o el de un relámpago. Cuando esto sucede, se produce una reacción fotoquímica en la retina del ojo, que provoca un blanqueamiento temporal que tarda varios segundos en recuperarse.

LUZ INTRUSA

Si bien las farolas deberían iluminar las calles, **en ocasiones parte de esta luz entra en las viviendas** impidiendo a sus habitantes dormir en oscuridad.

Las persianas protegen de la luz intrusa, pero bajarlas durante las noches más calurosas del verano puede resultar muy incómodo.

AGLOMERACIÓN

Instalar carteles publicitarios luminosos cerca de las carreteras es peligroso ya que pueden distraer a los conductores.

El aumento de la intensidad de la luz no hace necesariamente a las carreteras más seguras. La instalación de una iluminación uniformemente distribuida sin embargo, sí que lo hace, ya que facilita la visión de vehículos y peatones.

Las Vegas, Nevada (EE. UU.) Es una de las ciudades más iluminadas del planeta. Su brillo se puede observar a 400 km de distancia.



La luz artificial de la ciudad emitida hacia el cielo se refleja en las nubes.



BRILLO DEL CIELO

En las ciudades, por lo general la luz ilumina el cielo, refractándose en la atmósfera e impidiéndonos ver las estrellas.

En la naturaleza, donde los cielos son más oscuros, **las nubes son negras.** En las grandes ciudades, sin embargo, **las nubes reflejan la luz que les llega desde tierra**, por lo que se ven de color naranja o azul, según el que tengan las luces artificiales.

Los astrónomos miden el brillo del cielo para determinar la calidad de las observaciones que se pueden realizar en cada lugar. Estas medidas suelen expresarse en magnitudes / arcosegundo².

Los valores más altos de brillo del cielo corresponden a los cielos más oscuros., como los de las zonas rurales alejadas de las ciudades. ¿Quieres saber por qué?

Los astrónomos griegos antiguos nombraron a las estrellas más brillantes visibles después de la puesta del sol "estrellas de primera magnitud", las que aparecían después de estas como "estrellas de segunda magnitud" y así sucesivamente, siendo las estrellas más débiles "estrellas de sexta magnitud".

Aunque modificado, el sistema griego todavía se utiliza en la actualidad. La escala moderna de magnitudes incluye estrellas de magnitud 0,

pero los cuerpos celestes más brillantes todavía se clasifican como los de menor magnitud. De hecho, el Sol tiene una magnitud de -26,74.

En términos de magnitud, el brillo del cielo se comporta igual que el brillo de las estrellas.

En astronomía, no se usan los metros ni los kilómetros sino ángulos para medir desde la estrella A hasta la estrella B. Si hay dos las estrellas que están visualmente muy cerca usamos unidades muy pequeñas como pueden ser los segundos de arco (1/3600 grados). Las áreas tampoco se expresan en (m²), puesto que lo que estamos observando es la esfera celeste, por lo que las áreas se expresan en arcosegundos².

En una ciudad con contaminación lumínica, el brillo de cielo ronda los 17 mag / arcsec², mientras que en lugares donde hay un cielo nocturno más oscuro y con mejor calidad, podemos encontrar valores de hasta 21 mag / arcsec².

Los científicos utilizan dispositivos llamados fotómetros para obtener medidas de brillo del cielo que ayudan a evaluar la calidad de las observaciones astronómicas.

Los fotómetros TESS se pueden instalar para estudiar la evolución de la contaminación lumínica.



4- UNA ILUMINACIÓN EFICIENTE

Cada lugar y situación tiene diferentes necesidades de iluminación. No necesitamos la misma luz en nuestro dormitorio justo antes de irnos a dormir que en la sala de operaciones de un hospital.

Existen una serie de pautas para asegurarnos que utilizamos **la luz necesaria para cada lugar y situación**, su uso sea sostenible y genere un impacto negativo mínimo.

POTENCIA

Las bombillas consumen electricidad. La energía consumida cada segundo se llama **potencia y se mide en vatios (W)**.

Sólo una parte de la energía eléctrica que consume una lámpara se convierte en luz. **Hay otra que se transforma en calor** y otra en radiación no visible.

La fracción de **energía que se transforma en luz visible por segundo, se llama flujo radiante** y su unidad es el vatio.

La sensibilidad del ojo humano varía según la intensidad de la luz. **La potencia de la luz percibida se denomina flujo luminoso** y se mide en lumen (lm).

DIRECCIÓN

La luz artificial debe direccionarse hacia los lugares que se quieren iluminar.

Esto es muy importante, especialmente en entornos naturales, ya que la luz impacta negativamente tanto en el cielo como en los ecosistemas.

El objetivo de una farola ha de ser iluminar carreteras y espacios públicos al aire libre. **Al iluminar un edificio, la luz nunca debe apuntar hacia arriba** para evitar que la luz reflejada en la fachada se dirija al cielo.

Las farolas de tipo globo son las más ineficientes. Es mejor **utilizar farolas apantalladas con la bombilla instalada horizontalmente y el flujo luminoso dirigido hacia abajo.**



TEMPERATURA DE COLOR

La luz es una onda electromagnética cuya energía depende de su longitud de onda. En el caso de la luz visible, **la más energética es la de color azul y la menos la roja.**

Las bombillas pueden emitir luz con diferente "temperatura de color". **La luz es cálida si su color es naranja o rojizo y fría si es blanco o azulada.**

Si instalamos **iluminación cálida en el dormitorio** y en zonas de relax ayudaremos a nuestro cuerpo a generar la melatonina que necesita para descansar. Lo ideal es elegir bombillas 2700K para las habitaciones donde hay algo de actividad y de 2200K en los dormitorios, para utilizarlas justo antes de dormir.

Aunque resulta anti intuitivo las luces cálidas tienen una la temperatura de color menor que las frías.

Para realizar actividades que requieran mucha precisión **es apropiado utilizar una iluminación fría, ya que nos permitirá distinguir claramente los colores.**

Se trata de imitar la luz natural. A media mañana de un día despejado, la luz del sol tiene una temperatura de color de unos 5800K. Sin embargo, la luz de fuego utilizada por nuestros antepasados tenía entre 2000K y 2200K.

La llegada de nuevas tecnologías de iluminación, en particular los LED, ha aumentado la emisión de luz fría.

Los científicos están interesados en estudiar la localización y la temperatura de color de las luminarias para refinar los modelos de contaminación lumínica.

Muy mal

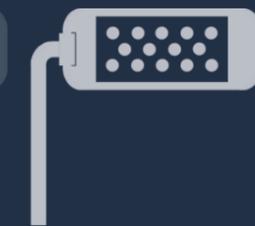
Mal

Mejor

Bien



10



11

TIEMPO DE USO

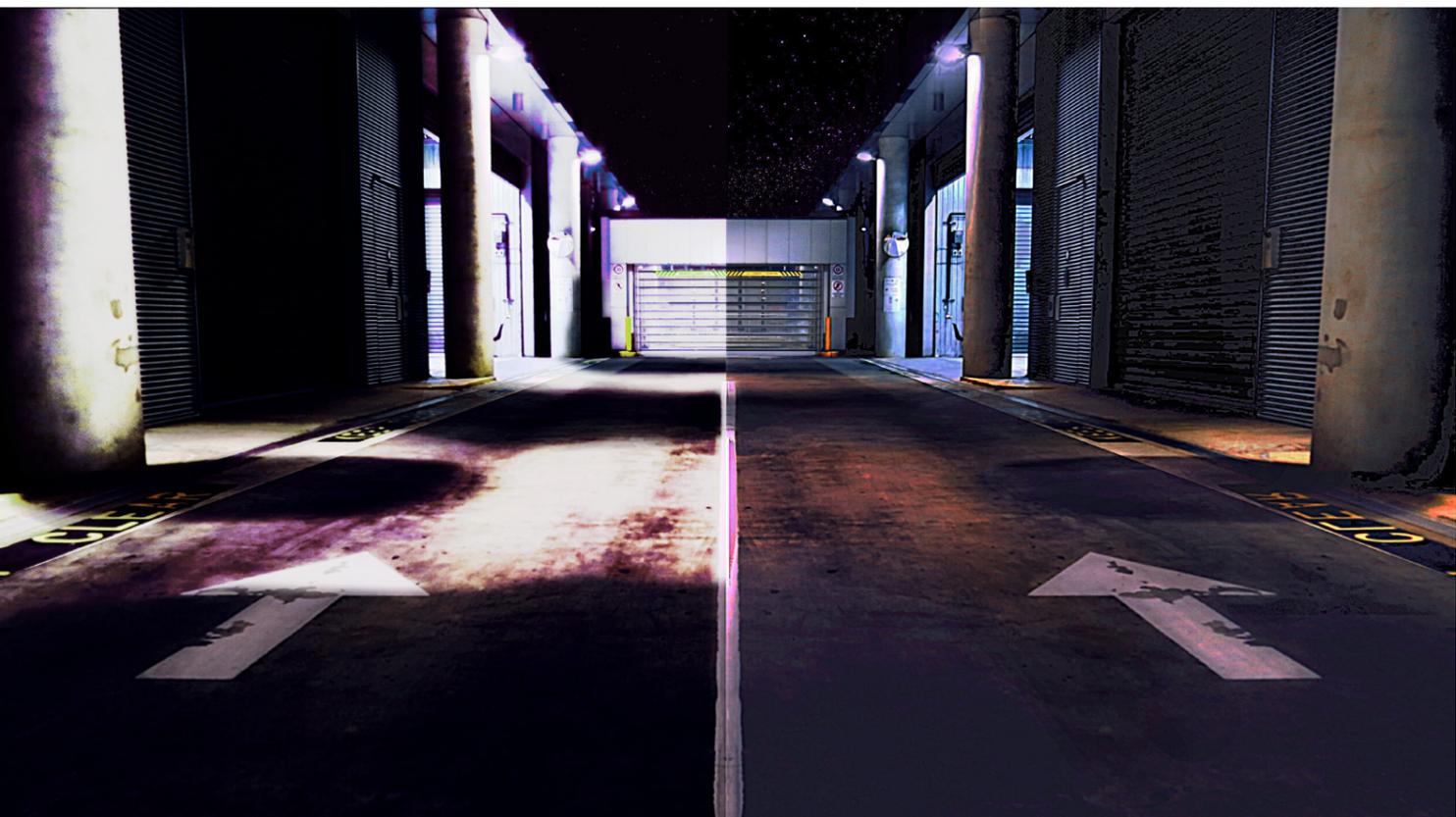
Las luces de las ciudades son un claro indicador de la actividad de sus habitantes ya que nuestra primera reacción ante la puesta de sol es encenderlas, para alargar el día de forma artificial.

En primer lugar se encienden las luces de viviendas, los escaparates de los comercios y los lugares de trabajo. Las farolas se encienden poco antes de la puesta del sol. Algo después lo hacen las luces ornamentales que pintan con luz las fachadas de los edificios y los monumentos.

La gran mayoría de las farolas se encienden toda la noche, incluso si no se utilizan. Podríamos reducir el consumo de energía apagando o atenuando las luces innecesarias en determinadas franjas horarias e instalando sensores de presencia.

UNIFORMIDAD

Se ha de cuidar la forma en que se distribuye el flujo de luz sobre las superficies iluminadas. **Un diseño de iluminación adecuado es aquel en el que las superficies son iluminadas uniformemente**, con la misma intensidad en todos los puntos, evitando los claroscuros.



EFICIENCIA

La eficiencia se define como la relación entre el flujo luminoso emitido por una bombilla y la energía que consume.

Se expresa en lúmenes por vatio (lm / W). Las lámparas que minimizan la energía empleada en la producción de luz artificial obteniendo los mismos lúmenes son más eficientes.

Tecnología	EFICIENCIA (lm/W)
LED	4.5 - 200
Sodio de alta presión	85 - 150
Sodio de baja presión	100 - 120
Fluorescente	60 - 104
Halogenuros metálicos	80
Vapor de mercurio	40 - 55
Tungsteno incandescente	5 - 17.5



¡Únete al proyecto Street Spectra para luchar contra la contaminación lumínica!

Para saber cual es la tecnología de las farolas de tu barrio **puedes utilizar tu teléfono con la técnica que propone el proyecto de ciencia ciudadana Street Spectra.**

Lee el manual

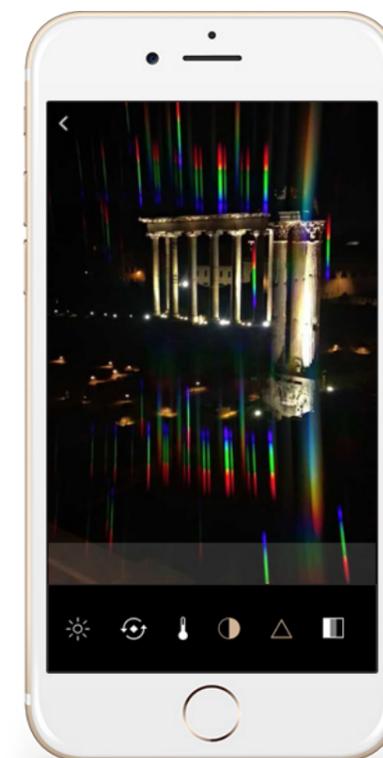
1

Consigue una red de difracción

2

Descarga la aplicación epicollect5 en el móvil

3



4

Coloca la red sobre la cámara

5

Haz fotografías de diferentes fuentes de luz.

6

Sube tus imágenes a nuestra base de datos

Street Spectra es un proyecto de ciencia ciudadana para localizar y caracterizar luminarias. Para participar, **se coloca una rejilla de difracción de 500 líneas / mm** sobre la cámara de un móvil y se hacen fotografías de las farolas junto con sus espectros.

Una red de difracción es **un componente óptico con una estructura periódica** que difracta la luz de modo que aparece una **coloración estructural** asociada a cualquier fuente de luz.

Se pueden comprar online en websites como Edmund Optics, Jeulin, AliExpress o Amazon.



13

En cada imagen habrá un espectro por cada fuente de luz.

Gira la red de difracción para que el espectro aparezca en diagonal.

Haz fotografías solo de la iluminación exterior nocturna

No es necesario tomar espectros de todas las farolas de una misma calle, sobre todo si son iguales.



Si es posible, intenta tomar también el espectro de segundo orden.

Anota cualquier detalle que te llame la atención.

Toma fotos a unos 15-20 m de las farolas para que la luz no sature las imagen

Usa la exposición automática del móvil.

6- AÑADE TUS IMÁGENES A EPICOLLECT5



2.- Añade el proyecto Street Spectra

Haz clic en "Add project" en la página de inicio de la aplicación y busca "Action Street Spectra" para añadirlo.

3.- Recolecta datos

Selecciona el proyecto y añade entradas. Recopila datos tengas o no acceso a Internet en el momento.

Sube tus datos al servidor la próxima vez que tengas internet. Podrás verlos y descargarlos siempre que quieras.

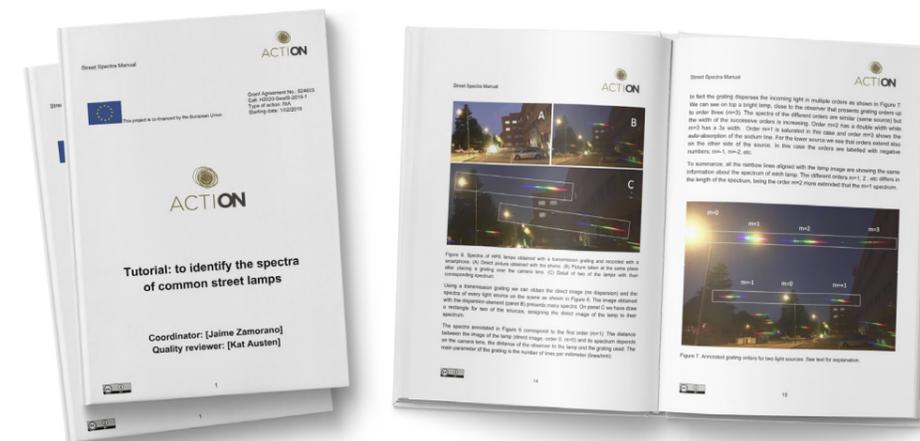
Este proyecto utiliza la aplicación epicollect5 como herramienta para recopilar la información.

1.- Descarga la aplicación

Epicollect5 es una aplicación gratuita disponible para Android y iPhones.



Hay más información en el manual disponible en la web.



<https://streetspectra.actionproject.eu>

7- CLASIFICA FOTOS EN ZOONIVERSE

La mejor forma de empezar a colaborar con el proyecto clasificando las fotografías de otros voluntarios. Zooniverse es el hogar de este proyecto de ciencia ciudadana, ya que las imágenes permiten la clasificación de las farolas por comparación con espectros conocidos.

REGÍSTRATE

La plataforma permite colaborar sin darse de alta, sin embargo, los proyectos se benefician de tener voluntarios registrados, por lo que agradeceremos mucho si lo haces.

BUSCA EL PROYECTO

El proyecto Street Spectra aún es muy joven, por lo que no aparece en el buscador de Zooniverse. Sin embargo, puedes encontrar el proyecto usando el botón que encontrará en <https://streetspectra.actionproject.eu/>



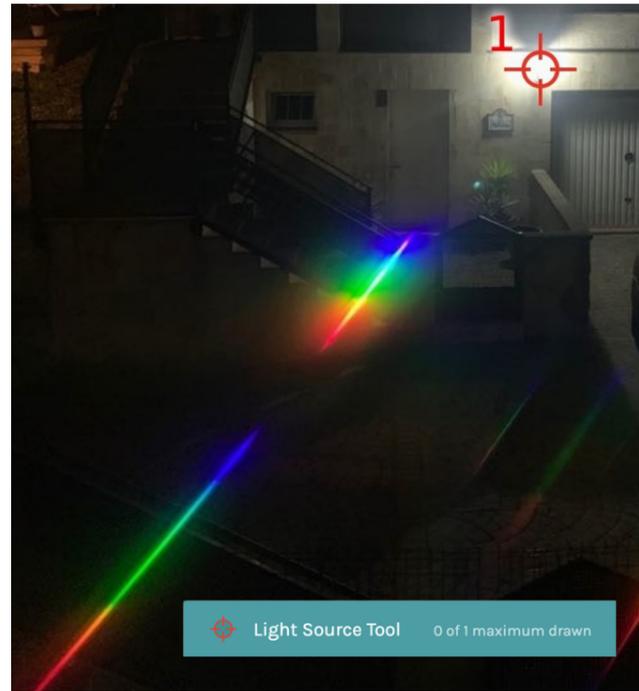
O escribiendo la dirección que se muestra a continuación en la barra del navegador:

zooniverse.org/projects/actionprojecteu/street-spectra

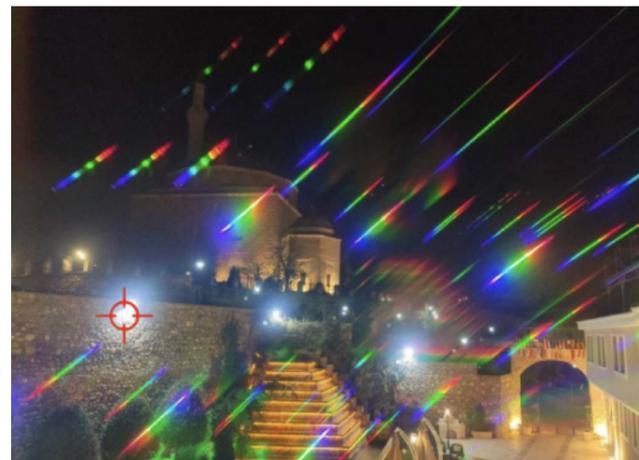
CÓMO EMPEZAR

La primera vez que abras el proyecto verás el tutorial.

Para clasificar una fuente de luz, hay que seguir varios pasos.

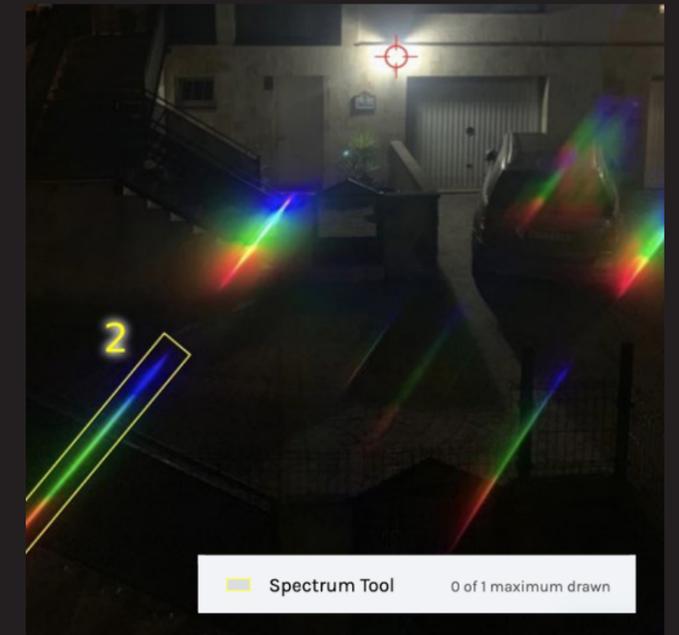
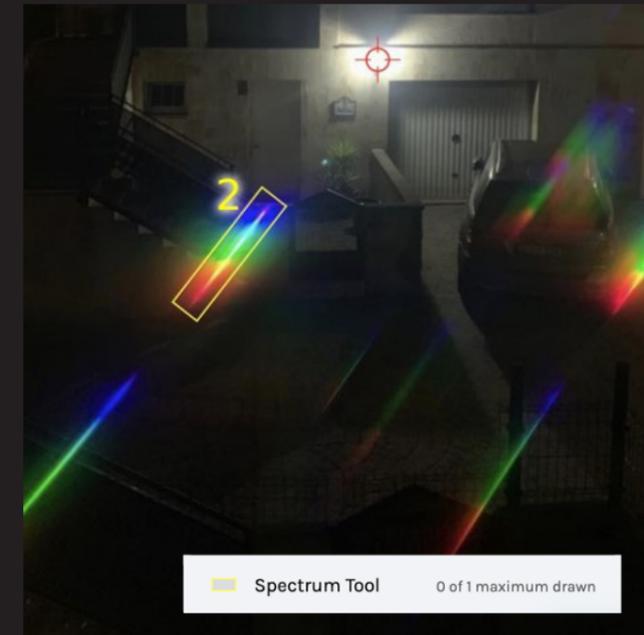


Paso 1. - Identifica la fuente de luz con la herramienta llamada "light source tool". Si hay varias fuentes identifica la principal, ante la duda elige la más cercana al observador y si hay varias a la misma distancia selecciona la de de abajo a la izquierda.



Si falta la fuente de luz no sale en la imagen, selecciona el borde de la foto más cercano. Recuerda que la fuente de luz está en la dirección de la parte azul del espectro.

Paso 2. - Recuadra el espectro con la "spectrum tool". Elige el de orden 1 o de orden 2, según creas que se ve mejor para hacer la clasificación.



Paso 3. - Clasifica la fuente de luz según su tecnología. Para hacerlo, fíjate en sus características espectrales y compara las líneas de emisión con las de los ejemplos de la página siguiente.

Aunque pedimos a los voluntarios que tomen fotografías lejos de las fuentes de luz para que estas se vean puntuales, algunas veces encontramos imágenes tomadas con fuentes de luz extensas como paneles, vallas publicitarias, letreros iluminados o luces de neón. Incluso aunque el espectro no sea el típico, agradecemos que sean clasificadas de todos modos. Para hacerlo se puede tener en cuenta que las imágenes que aparecen corresponden a las líneas de emisión.

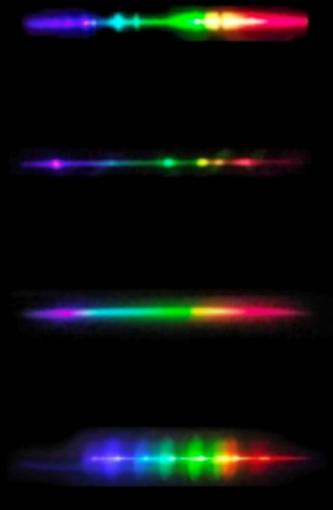
Spectrum type. Frame the spectrum with a rectangle.

HPS - High Pressure Sodium

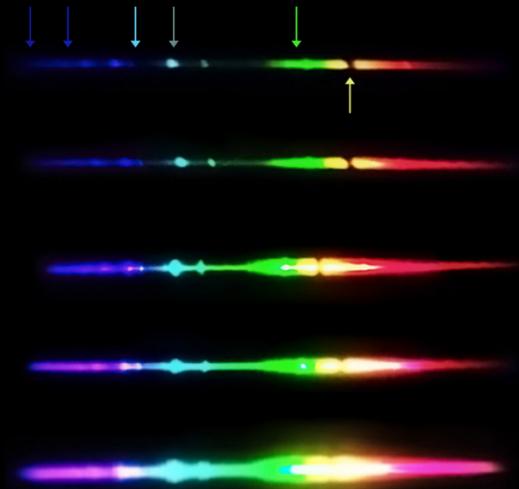
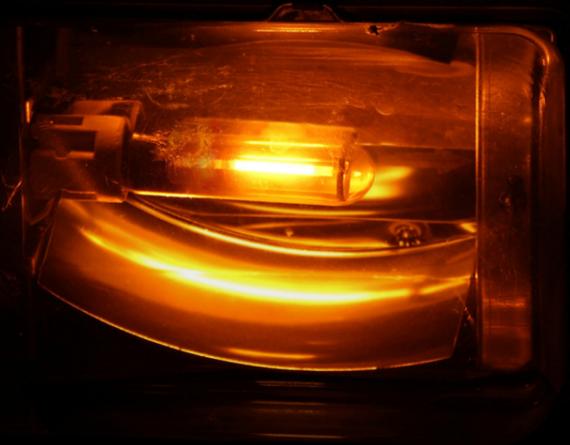
MV - Mercury Vapor

LED - Light Emitting Diode

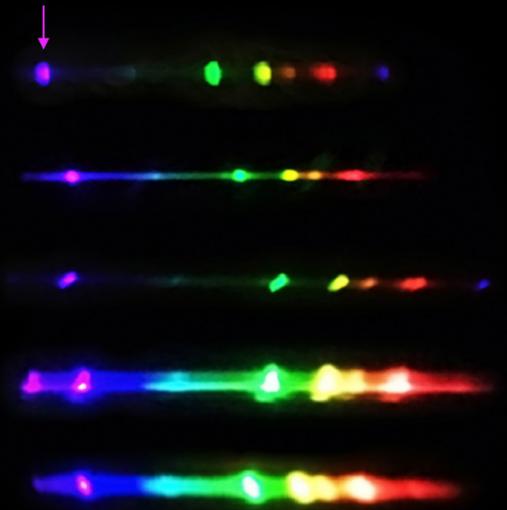
MH - Metal Halide



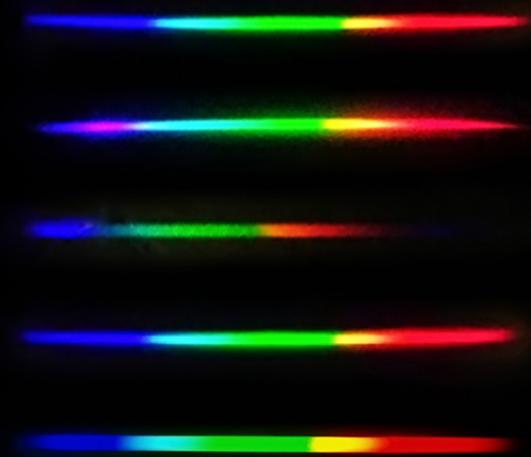
Sodio de alta presión
Destaca su brillo en el amarillo. A veces con una línea oscura.



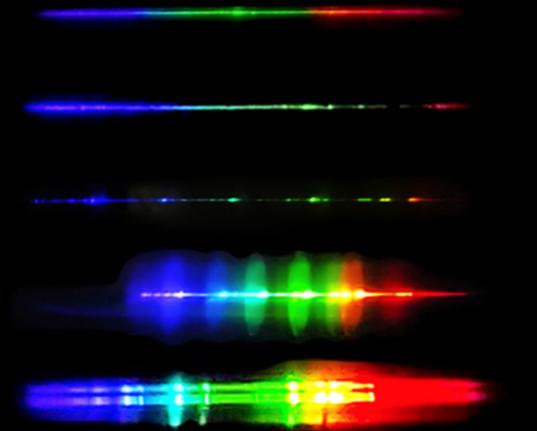
Vapor de mercurio
Línea violeta brillante.



LED. Diodo emisor de luz
Arco iris continuo de colores. Sin líneas de emisión.



MH. Halogenuros metálicos
Normalmente se identifica por eliminación. Se utilizan habitualmente como luces ornamentales y en los estadios.



8 - ACTIVIDADES

Ejercicio 1

Identifica la tecnología de las siguientes fuentes de luz. Comenta tanto las características positivas como las negativas y si podrían mejorarse.



Espectros imagen 1:

- La luna
- Sodio de alta presión
- Vapor de mercurio
- 2 lámparas Led

Comentarios:

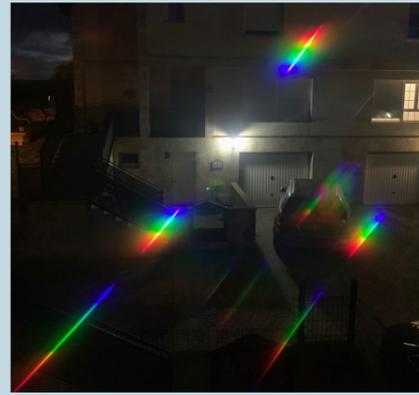
¡Qué imagen más interesante!

Espectros imagen 1:

Comentarios:

Espectros imagen 3:

Comentarios:



Espectros imagen 4:

Comentarios:

Espectros imagen 5:

Comentarios:

Espectros imagen 6:

Comentarios:

Ejercicio 2

Colabora en el proyecto Street Spectra identificándote y clasificando al menos 10 imágenes en Zooniverse. Puedes usar el siguiente link para acceder: zooniverse.org/projects/actionprojecteu/street-spectra

¿Cuál es tu nombre de usuario en Zooniverse? ¿Cuántas imágenes has clasificado?

¿Te ha resultado difícil identificar la fuente de luz principal? ¿Por qué?

¿Has elegido los espectros de orden 1 para todas tus imágenes o ha encuadrado los espectros de orden 2 en alguna de ellas? ¿Por qué?

¿Te saltaste alguna imagen? ¿Por qué?

Ejercicio 3

Escriba a continuación qué tipo de farolas corresponden a los espectros de la izquierda de acuerdo con las páginas 18-19 y cuente cuántas encontró de cada tipo mientras colaboraba en Zooniverse.



Tecnología

Marcas de conteo

Número final

Ejercicio 4

Colabora en el proyecto Street Spectra agregando nuevas entradas en la base de datos Epicollect5. Fotografía algunas farolas cercanas a tu casa o el centro de estudios usando una rejilla de difracción.

Hora de inicio:

Hora de finalización:

¿Cuál es tu nombre de usuario en Epicollect5?

¿Qué área exploraste?

¿Cómo se podrían mejorar las farolas de esta zona?

Ejercicio 5

Tomar y cargar imágenes artísticas de fuentes de luz usando la rejilla de difracción es divertido y una excelente manera de difundir el proyecto. Trata de obtener una imagen original y compártela con tu profesor. Incluiremos las mejores en la página web de Street Spectra.



Ejercicio 6

La temperatura de color debe ser la adecuada para cada situación. ¿Qué temperatura de color crees que sería la adecuada para los siguientes lugares? ¿Por qué?

La cocina

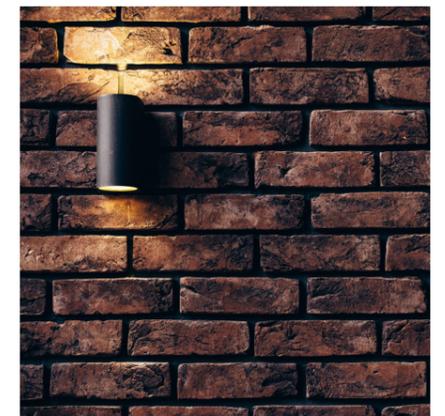
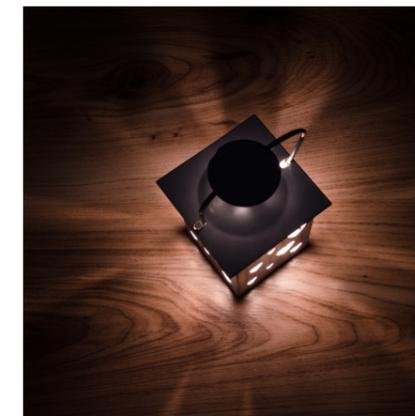
Un dormitorio

Tu calle

El parque

Ejercicio 7

La forma de las farolas es muy importante para minimizar la contaminación lumínica. Entre las que puedes ver en las siguientes imágenes, ¿cuáles elegirías para tu jardín? ¿Por qué?



Escriba aquí su respuesta:

Ejercicio 8

Analiza los problemas de iluminación que ve en las siguientes imágenes. Si quisieras reducir la contaminación lumínica, ¿qué cambios propondrías en cada caso?



Escriba aquí su respuesta:

Ejercicio 9

Haz una lista con algunas bombillas de las que hay en tu casa o en tu escuela. Anota el lugar donde están instaladas, su potencia, la tecnología que utilizan, su temperatura de color e indica cómo podrías mejorar la iluminación en estos lugares.

La potencia suele venir indicada en la bombilla.



La temperatura de color se puede estimar a partir del diagrama de la página II

Puedes saber la tecnología viendo su espectro con una red de difracción

Lugar Potencia Tecnología Color ¿La cambiarías?

0	Salón	4W	LED	Amarillo \approx 2400K	Esta es una buena bombilla para tener en el salón.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Créditos de las imágenes

Página 2 y 3. Estudiante - Anastasia Gepp - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/chica-joven-estudiante-sentado-3718531/>

Página 4. Honk Kong - David Mark - Pixabay

<https://pixabay.com/photos/hong-kong-city-urban-skyscrapers-1990268/>

Página 5. Animales de noche - Cocoparisienne - Pixabay

<https://pixabay.com/photos/moose-animal-christmas-1793632/>

Página 6. Vía Láctea - Pexels - Pixabay

<https://pixabay.com/photos/astronomy-constellation-dark-1866822/>

Página 8. Las vegas - Skeeze - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/las-vegas-tiempo-de-la-noche-599840/>

Página 9. Ciudad con nubes - Carloyuen - Pixabay

<https://pixabay.co/photos/clouds-hong-kong-night-mist-haze-2517653/>

Página 12. Road - SplitShire - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/calle-por-carretera-flechas-2619708/>

Página 23. Linterna 1 - Goumbik - Pixabay

<https://pixabay.com/en/photos/linterna-oscurolámpara-noche-2938031/>

Linterna 2 - fancycrave1 - Pixabay

<https://pixabay.com/en/photos/la-pared-lámparagrunge-interior-823611/>

Lantern 3 - Fotos libres - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/lámparaslinternas-diseño-colgando-918495/>

Linterna 4 - JerzyGorecki - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/crepúsculolámpara-de-repuesto-2291361/>

Linterna 5 - leovalente - Pixabay

<https://pixabay.com/photos/lights-pole-streetlamp-posts-340483/>

Página 24 - Imagen 1 - PIRO4D - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/vivir-dormitorioarquitectura-3104077/>

Imagen 2 - Fotos libres - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/persona-perrourbana-farola-niño-498197/>

Imagen 3 - mploscar - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/retrato-flash-tieneusted-niña-1243972/>

Imagen 4 - StockSnap - Pixabay

<https://pixabay.com/es/photos/los-libros-lacolección-de-2596809/>

Resto de imágenes
Lucía García / Jaime Zamorano - UCM



Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea mediante el acuerdo de subvención No 824603

Este texto refleja las opiniones del autor. La Comisión Europea no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en él.

El contenido de esta unidad didáctica relacionada con la contaminación lumínica ha sido extraído de:

Ciencia Ciudadana para localizar las fuentes de contaminación lumínica

Lucía García
Alejandro Sánchez de Miguel
Daniel Lisbona Rubira
Miguel Ángel Queiruga Díos

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