

UNIDAD DIDÁCTICA
CITIES AT NIGHT



CIENCIA CIUDADANA
PARA LOCALIZAR
LAS FUENTES DE
CONTAMINACIÓN
LUMÍNICA

UNIDAD DIDÁCTICA CITIES AT NIGHT

Autores:

**Lucía García Sánchez-Carnerero
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>

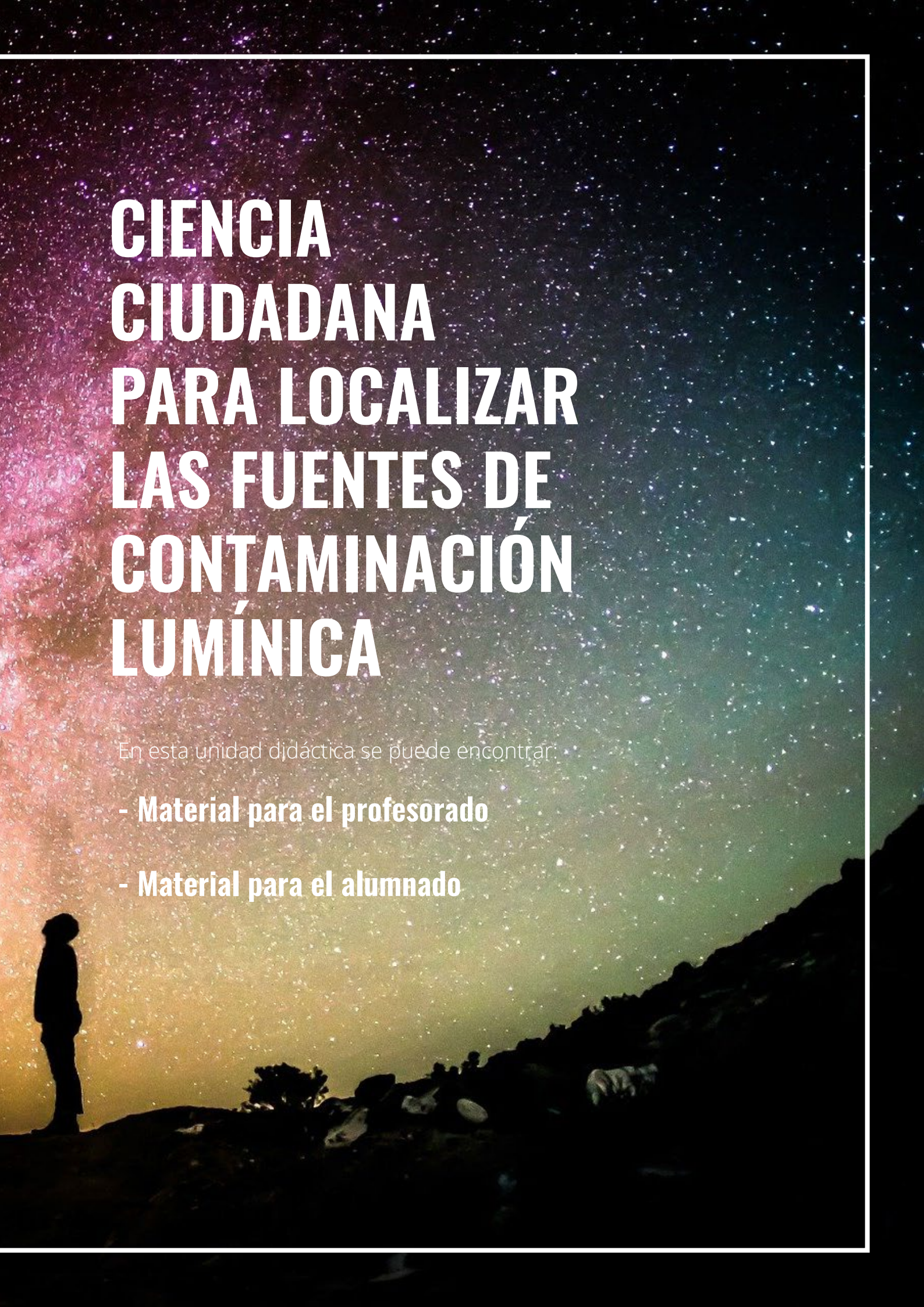
<https://ciencia-ciudadana.es>

Editorial Q

ISBN: 978-84-15575-12-2

Publicada bajo licencia CC BY-SA 4.0 ES



A person is silhouetted against a starry night sky. The Milky Way galaxy is visible, stretching across the sky from the bottom left towards the top right. The sky is filled with numerous stars, and the overall color palette is a mix of dark blues, purples, and oranges. The person is standing on a dark, rocky outcrop in the foreground.

CIENCIA CIUDADANA PARA LOCALIZAR LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

En esta unidad didáctica se puede encontrar:

- **Material para el profesorado**
- **Material para el alumnado**

CITIES AT NIGHT

ÍNDICE

Introducción - página 1

1.- Objetivos de aprendizaje - página 2

2.- La contaminación lumínica - página 4

3.- Propuesta científica y educativa de ciencia ciudadana - página 5

4.- Educación científica e inclusiva en las escuelas - página 6

5.- Implantación del proyecto y metodología - página 7

Apéndice: **Soluciones a las actividades propuestas** - página 8

T

A woman with dark hair tied back, wearing a light-colored collared shirt, is shown in profile from the chest up, looking towards the left. The background is a plain, light-colored wall. The image has a warm, slightly desaturated color palette. Overlaid on the lower half of the image is the text 'CITIES AT NIGHT MATERIAL PARA EL PROFESORADO' in a bold, white, sans-serif font.

**CITIES AT NIGHT
MATERIAL PARA
EL PROFESORADO**

**CIENCIA
CIUDADANA
PARA LOCALIZAR
LAS FUENTES DE
CONTAMINACIÓN
LUMÍNICA**

INTRODUCCIÓN

La Unidad Didáctica que presentamos en estas páginas es una propuesta para **trabajar en el aula con alumnos de tercero y cuarto de secundaria**, la localización de fuentes de la contaminación lumínica a través del proyecto de ciencia ciudadana Cities at Night

<https://citiesatnight.org/>

Presentamos **contenidos generales sobre la contaminación lumínica, sus tipos y los efectos negativos de la iluminación artificial nocturna**, para explicar después el modo más eficiente de instalar fuentes de iluminación que minimicen estos efectos.

Posteriormente **presentamos el proyecto Cities at Night**, sus objetivos y su relación con

la ciencia ciudadana, junto a unas actividades sugeridas que se adaptan al nivel del alumnado. Por último, se indican algunos enlaces para ampliar información, tanto para los docentes como para los estudiantes.

Pretendemos presentar unos **contenidos que se pueden implementar en el aula**, y una guía para que tanto el alumnado como los docentes puedan participar en este proyecto de ciencia ciudadana.

Los proyectos de ciencia ciudadana se construyen con la aportación de muchas personas. Investigadores, divulgadores y voluntarios de todo tipo contribuyen con sus aportaciones para que el proyecto crezca generando una utilidad para la ciencia y la sociedad.

1

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Favorecer la adquisición de una conciencia ambiental al advertir la importancia de la calidad de la iluminación artificial nocturna, así como su impacto en todos los seres vivos, subrayando la necesidad de preservar espacios sin contaminación lumínica.

Promover el trabajo cooperativo al apreciar la construcción de un proyecto con la participación de todos sus compañeros.

Adquirir conciencia ciudadana y responsabilidad social al valorar la importancia de las acciones individuales en el desarrollo de un proyecto ambiental global.

Desarrollar la competencia científica al participar en un proyecto científico real.

Conocer las principales fuentes de contaminación lumínica, así como los mecanismos para poder evitarla.

Adquirir conciencia de los perjuicios que supone la contaminación lumínica para la salud.

Comprender qué es la ciencia ciudadana y percibirla como agente de transformación de la sociedad.

Además, estos son los conocimientos que adquirirán los estudiantes:

Los principales tipos de contaminación lumínica.

La importancia de las instalaciones de iluminación nocturna bien planificadas.

Los perjuicios que la contaminación lumínica puede ocasionar en nuestra salud.

Qué es la ciencia ciudadana y su metodología científica participativa.





LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

El estudio de la **contaminación lumínica mediante imágenes de satélite es uno de los temas de investigación más novedosos, de mayor impacto científico y social**, y de mayor crecimiento en los últimos años en nuestro país. Algunos de los resultados científicos de mayor impacto en el índice Altimetric a nivel mundial han sido realizados en colaboración con científicos españoles. **Estas imágenes son tomadas por astronautas, con fines principalmente divulgativos**, y por lo tanto no están catalogadas, ni localizadas ni georeferenciadas en su mayoría, y solo el 1% son publicadas en notas de prensa de las distintas agencias espaciales. El resto, se almacenan en el archivo de la NASA.

Durante el año **2010, el grupo de contaminación lumínica de la Universidad Complutense de Madrid demostró que las imágenes nocturnas tomadas por los astronautas de la Estación Espacial Internacional tenían un gran potencial científico, pero necesitaban ser clasificadas** (ya que en el archivo de la NASA, no solo hay imágenes de ciudades de noche, sino también imágenes diurnas de todo tipo, imágenes de auroras, atardeceres, etc.), para luego localizar qué ciudad, pueblo o zona aparece en la fotografía y por último ser georeferenciadas deformando la fotografía para que coincida exactamente con lo que aparece en el mapa.

Cabe destacar que dichas imágenes **son las únicas disponibles en color desde el año 2003 de la Tierra de noche en alta resolución**.

El proyecto de ciencia ciudadana que aquí presentamos contribuirá fundamentalmente a **localizar estas imágenes**, de forma que puedan ser georeferenciadas mediante técnicas automáticas.

PROPUESTA CIENTÍFICA Y EDUCATIVA DE CIENCIA CIUDADANA

La **ciencia muchas veces aparece desconectada de la vida cotidiana de los ciudadanos**. Esta falta de comunicación entre el mundo científico y la sociedad provoca que muchas personas no se impliquen en proyectos científicos, dado que no se sienten capacitadas para comprender el desarrollo de las investigaciones, los procesos de obtención de datos o los resultados que se obtienen de un proyecto científico.

En este contexto, **la ciencia ciudadana tiene como objetivos acercar a la sociedad el trabajo científico, animar a contribuir a las investigaciones en curso y promover la formación científica de los ciudadanos**.

Los **proyectos de ciencia ciudadana involucran activamente a la ciudadanía** en las actividades científicas para generar un nuevo conocimiento y comprensión de la ciencia. Además, la sociedad asume un papel fundamental en el proyecto al colaborar a través

de los datos que generan al **recopilar, analizar o describir los objetos de investigación**, realizando un importante servicio a la ciencia.

La **ciencia ciudadana** es al mismo tiempo un **objetivo de la ciencia abierta y una forma de llegar a ella**, buscando la comprensión de la ciencia por los ciudadanos de una manera general a través de un mejor acceso a la información de las etapas de los procesos investigativos, así como formar parte de estas etapas.

El objetivo principal del proyecto **Cities at Night** es aplicar la metodología de la ciencia ciudadana para resolver un problema que, de otra forma, sería inabordable, como es la de localizar el inmenso número de fotografías nocturnas de ciudades obtenidas por astronautas desde la Estación Espacial Internacional.

Durante este proceso, los científicos ciudadanos:

Aprenderán qué es la contaminación lumínica, y podrán apreciar la cantidad de luz que emiten las diferentes ciudades hacia el espacio.

Participarán en un proyecto científico real.

Fomentarán su vocación científica.

EDUCACIÓN CIENTÍFICA E INCLUSIVA EN LAS ESCUELAS

El **desarrollo de las competencias científicas del siglo XXI, la alfabetización científica y el fomento del pensamiento crítico**, así como la educación inclusiva, requieren de la introducción en el aula de prácticas innovadoras.

La **alfabetización científica** se define, en Pisa 2015, por la adquisición de tres competencias específicas:

- 1) la explicación científica de fenómenos**
- 2) la evaluación y diseño de indagaciones científicas**
- 3) la interpretación de datos y evidencias científicas.**

Un aspecto muy importante en este sentido es la **implementación de actividades de investigación en el aula**, lo que permitirá al estudiante, a partir de la propia experimentación, actuando el docente como guía, comprender cómo opera la ciencia y el método científico. La visión que deben percibir nuestros estudiantes es que la ciencia que hacen en el aula está conectada con científicos investigadores e instituciones reales.

La **ciencia ciudadana**, en general, permite cubrir todas estas necesidades, trabajando así:

- La **alfabetización científica**, haciendo partícipes a todos los estudiantes en los procesos de construcción de la ciencia.
- La **investigación científica** del siglo XXI: percibiendo la actividad científica como algo real, necesario y conectado con la sociedad.
- La **inclusión social**, ya que la ciencia ciudadana está orientada a todos los ciudadanos sin importar el género, la edad, la raza, su condición social, etc.

El objetivo del proyecto **Cities at Night** es la localización de **fuentes de contaminación lumínica que afecta a todos los ciudadanos**, por lo que resulta interesante trabajarlo tanto desde la enseñanza formal como desde la no formal.

Además, es importante resaltar que desde este proyecto **se permite trabajar de una manera inclusiva** tanto en el aula como en la sociedad, permitiendo la participación de todos lo que lo deseen; desde personas con discapacidad severa, centros escolares de diferentes niveles o asociaciones de colectivos desfavorecidos, sin hacer en ningún caso distinción de género.

Al hablar de inclusión en la escuela, tenemos que pensar en dar respuesta a la diversidad de necesidades de todo el alumnado, fomentando la mayor participación de todos los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. **El proyecto Cities at Night se puede utilizar como eje vertebrador de una actividad de educación inclusiva**, ya que, la simplicidad de las acciones experimentales facilitan una amplia implementación de adaptaciones curriculares en función de las necesidades del alumnado que la lleve a cabo.

Por último, es importante decir que **la formación ciudadana es una las más importantes finalidades de la educación, y en este contexto se destacan los objetivos de la educación científica.**

5 IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO Y METODOLOGÍA

Los astronautas toman fotografías de nuestro planeta a diario desde la Estación Espacial Internacional. Algunas han sido publicadas en distintos medios de comunicación, pero casi medio millón de imágenes permanecen desordenadas en un enorme archivo de la NASA cuyo difícil acceso hace que permanezcan sin descubrir.

El proyecto **Cities at Night** pretende utilizar todas estas imágenes para confeccionar **el primer mapamundi nocturno de alta resolución.** Este mapa no sólo mejorará la resolución del que tenemos actualmente, en el que las ciudades se ven borrosas al ampliarlas, sino que además podremos apreciar una característica totalmente nueva, **el color de la luz artificial de nuestras ciudades.**

El proyecto ha pasado por diversas fases y ha puesto en marcha distintas aplicaciones para dividir el trabajo en tareas que se puedan resolver fácilmente.

En este momento la aplicación que se encuentra activa se llama **Lost at Night** y presenta al usuario varias opciones para que identifique a qué ciudad pertenece una imagen problema.

Conocido el nadir de la Estación Espacial Internacional, es decir, **el lugar que sobrevolaba la ISS en el momento en el que se tomaba la fotografía,** las opciones que se presentan al voluntario son las ciudades que quedan dentro de la incertidumbre que genera desconocer hacia dónde apuntaba el astronauta.

Así, si la ciudad problema es Zaragoza, no será extraño encontrar entre las opciones imágenes de Madrid, Barcelona, Bilbao o Valencia.

El aspecto de las ciudades por la noche es diferente al que estamos acostumbrados a encontrarnos en los mapas. Sin embargo, el trazado del Támesis a su paso por Londres, la fuerte iluminación del Nilo o la diferencia de color de la luz de Berlín del este y del oeste pasarán a ser conocidas y familiares para todos los que se acerquen a este proyecto.

APÉNDICE: SOLUCIONES A LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS

Aquí podrás encontrar las soluciones a las actividades propuestas en el material para el alumnado

ACTIVIDAD 1

Para minimizar la luz emitida hacia el cielo y con ello la contaminación lumínica es necesario evitar las formas que permitan que la luz salga directamente hacia arriba (imágenes b y c).

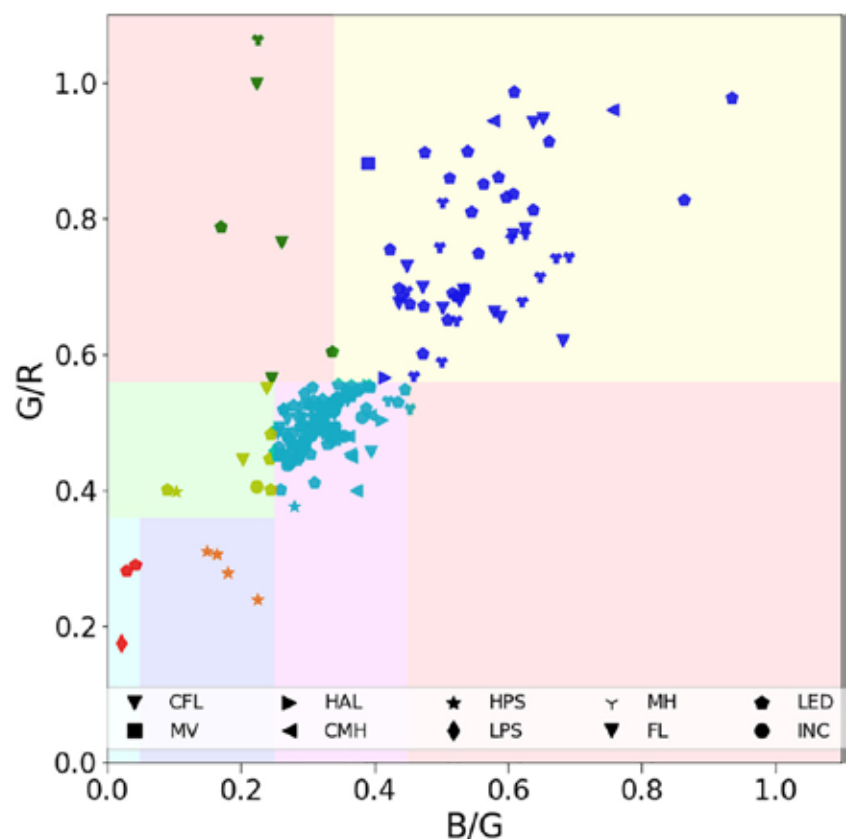
Los farolillos a) y d) son mejores en ese sentido, aunque parte de la luz sale en horizontal y su dispersión tanto en los cristales de la lámpara como en la atmósfera hace que un porcentaje de la luz se desperdicie hacia arriba.

En términos de dirección, **la mejor opción para minimizar la contaminación lumínica sería por tanto, la e)**

ACTIVIDAD 5

Las fuentes de luz aparecerán situadas en el gráfico dependiendo de la tecnología del punto emisor.

Los puntos, por tanto, se han de agrupar en nubes similares a las del siguiente gráfico:



ACTIVIDAD 6

En la primera imagen se observa un ejemplo de **intrusión lumínica**. La luz de la calle entra al dormitorio impidiendo el descanso en total oscuridad.

En la segunda imagen podemos ver una calle **iluminada de forma poco uniforme**. Aunque la farola nos permite ver al chico con el perro, resulta difícil apreciar el coche que hay en la zona de la derecha de la imagen.

La tercera imagen muestra el **deslumbramiento** que produce un potente flash de fotografía. El deslumbramiento nos impide ver con comodidad, por lo que este tipo de luces hay que utilizarlas con cuidado de no producir una situación insegura. En el caso de la imagen se trata de una fotografía realizada en un parque durante el día, pero sería muy diferente si se estuviera tomando en el interior de un vehículo, deslumbrando a un conductor.

La última imagen muestra un ejemplo de **aglomeración** ya que no es necesario colocar tantas bombillas para iluminar correctamente la librería.

CITIES AT NIGHT MATERIAL PARA EL ALUMNADO

ÍNDICE

Introducción - página 1

1.- ¿Qué es la contaminación lumínica? - página 2

2.- Efectos negativos de la luz artificial nocturna - página 3

3.- Tipos de contaminación lumínica - página 6

4.- Cómo instalar una iluminación eficiente - página 9

5.- Cities at Night - página 15

6.- Actividades propuestas - página 20



INTRODUCCIÓN

La Unidad Didáctica que presentamos en estas páginas es una propuesta para **trabajar en el aula con alumnos de tercero y cuarto de secundaria**, la localización de fuentes de la contaminación lumínica a través del proyecto de ciencia ciudadana Cities at Night

<https://citiesatnight.org/>

Presentamos **contenidos generales sobre la contaminación lumínica, sus tipos y los efectos negativos de la iluminación artificial nocturna**, para explicar después el modo más eficiente de instalar fuentes de iluminación que minimicen estos efectos.

Posteriormente **presentamos el proyecto Cities at Night**, sus objetivos y su relación con

la ciencia ciudadana, junto a unas actividades sugeridas que se adaptan al nivel del alumnado. Por último, se indican algunos enlaces para ampliar información, tanto para los docentes como para los estudiantes.

Pretendemos presentar unos **contenidos que se pueden implementar fácilmente el aula**, y una guía para que tanto el alumnado como los docentes puedan participar en este proyecto de ciencia ciudadana.

Los proyectos de ciencia ciudadana se construyen con la aportación de muchas personas. Investigadores, divulgadores y voluntarios de todo tipo contribuyen con sus aportaciones para que el proyecto crezca generando una utilidad para la ciencia y la sociedad.

1- ¿QUÉ ES LA, CONTAMINACIÓN LUMÍNICA?

La iluminación artificial altera los patrones naturales de luz y oscuridad. Se considera contaminación lumínica si deslumbra, ilumina con más potencia de la necesaria o no es uniforme.

La **contaminación lumínica** se aprecia especialmente **en el brillo del cielo** y la producen todas las fuentes de luz artificial. Las ciudades producen luz artificial no sólo mediante las farolas que iluminan nuestras calles, sino con **luces ornamentales** que iluminan las fachadas de los edificios y los monumentos.

Además, hay numerosas fuentes de luz fuera de las ciudades, como pueden ser las de los **aeropuertos, las zonas industriales, los faros de los vehículos y los barcos de pesca.**

¿Sabías que, además de la contaminación por basura, la atmosférica y la acústica, la luz artificial también contamina?

La reacción más habitual ante la puesta de sol es encender la luz, tratando de alargar el día de forma artificial. Iluminamos las casas, los parques, las calles y las carreteras. Iluminamos el interior de las fábricas en donde se trabaja durante las 24 horas e iluminamos invernaderos y granjas para aumentar la productividad.

Instalamos iluminación artificial de forma excesiva, generando un derroche de energía y dinero sin ser conscientes de que provoca efectos nocivos para la salud de las personas, que deberían descansar por las noches en completa oscuridad.

Del mismo modo, **afecta negativamente a los animales y las plantas** perjudicando los hábitats nocturnos al alterar los ritmos biológicos de las especies. Los animales migratorios a su vez, son desorientados por las luces, lo que afecta a los servicios ecosistémicos.

La oscuridad natural está desapareciendo y la luz artificial inunda las ciudades iluminando el cielo. Los efectos negativos de la pérdida de la oscuridad pueden parecer intangibles, pero generan una serie de consecuencias negativas que estudiaremos a continuación.

La contaminación lumínica incluye todos los efectos adversos que genera la luz artificial.

Imagen en larga exposición del tráfico de la ciudad.

2- EFECTOS NEGATIVOS DE LA LUZ ARTIFICIAL

La contaminación lumínica no sólo nos impide ver las estrellas, sino que, además, afecta a nuestra salud, a la seguridad y al medio ambiente, generando un incremento innecesario del gasto energético y de los gases asociados al mismo.

Un aumento de la iluminación no genera un aumento de la seguridad

AFECTA A LA SEGURIDAD

Una fuerte iluminación genera una sensación psicológica de seguridad, pero **no genera un aumento de la seguridad real**. De hecho, puede hacer que nos confiemos en lugares donde realmente no estamos seguros.

Si la iluminación no es uniforme y combina zonas oscuras con zonas fuertemente iluminadas nos costará más distinguir los objetos.

Además, una iluminación demasiado potente o mal direccionada puede producir deslumbramientos, lo que resulta especialmente peligroso si se producen en las carreteras.

La naturaleza ofrece espectáculos fascinantes por la noche.

MODIFICA LOS ECOSISTEMAS

La gran mayoría de los seres vivos utiliza los **ciclos de luz y oscuridad naturales para regular algunos de sus comportamientos** como la reproducción, la alimentación, el sueño o la protección contra los depredadores. La luz artificial nocturna tiene efectos negativos y en ocasiones mortales sobre muchas criaturas incluyendo anfibios, peces, mamíferos, insectos y plantas.

DISMINUYE LA VISIBILIDAD DE LAS ESTRELLAS

Para los que vivimos en las ciudades, **la noche ya no es oscura** de forma natural y hemos olvidado que encima de nuestras cabezas deberíamos ver miles de estrellas. Mucha gente no ha visto nunca la vía Láctea y no saben que un cielo estrellado sin luna emite suficiente luz como para caminar por el campo e incluso ver tu propia sombra, por lo que los cielos oscuros, por sí mismos, son una razón para elegir un destino en vacaciones.

El aumento del resplandor luminoso nocturno causado por la dispersión de la luz artificial en los gases y partículas del aire genera un deterioro en las condiciones de observación astronómica, lo que además afecta a algunas especies migratorias que utilizan las estrellas para orientarse.

DERROCHE ENERGÉTICO

La luz demasiado intensa o brillante supone un gasto innecesario. Este derroche energético conlleva grandes consecuencias económicas y ambientales. Con una iluminación de calidad se ahorrarían millones y reduciríamos las emisiones de CO₂.



EFECTOS SOBRE LA SALUD

Los humanos necesitamos luz por el día y oscuridad por la noche, para que nuestro reloj biológico funcione correctamente. Solo cuando estamos a oscuras nuestro cuerpo segrega una hormona llamada **melatonina** que es la que controla nuestros biorritmos.

Los Leds, las pantallas de ordenador, de televisión y otros dispositivos electrónicos emiten luz artificial. Utilizarlos a última hora de la noche **nos altera y nos impide generar la melatonina que necesitamos.**

Los desajustes en la segregación de melatonina pueden acarrear problemas de **estrés, insomnio, diabetes e incluso obesidad.**

¿Alguna vez has notado que te costaba conciliar el sueño después de estar un buen rato en la cama usando el móvil?

Si quieres minimizar estos efectos, instala **bombillas de luz cálida** en casa y utiliza aplicaciones para cambiar la temperatura de color de tus pantallas electrónicas, de modo **que emitan luz fría durante el día y cálida por la noche.**

El uso de **cualquier aparato que tenga una pantalla luminosa minutos antes de dormir** puede alterar la calidad de nuestro descanso y producir insomnio.

Imagen de La Vía Láctea.

3 - TIPOS DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

A menudo la luz exterior es poco eficiente, demasiado brillante, se encuentra mal dirigida e incluso en ocasiones es completamente innecesaria.

Entre los distintos tipos de contaminación lumínica podemos encontrar:

DESLUMBRAMIENTO

La intensidad excesiva y una mala orientación de la iluminación producen este fenómeno que produce molestia y dificulta la visión.

El flash de una cámara de fotos o un relámpago son ejemplos de luz que puede provocar deslumbramiento. En este caso se produce una reacción fotoquímica sobre la retina del ojo que la insensibiliza durante un tiempo.

LUZ INTRUSA

La luz de las farolas debería iluminar las calles, sin embargo, nos encontramos a menudo farolas mal dirigidas que iluminan el interior de las viviendas de los vecinos. Aunque las persianas suponen una solución para bloquear este problema, a menudo nos encontramos con calurosas noches de verano en las que el calor nos obliga a levantarlas y la luz indeseada nos impide descansar.



BRILLO DEL CIELO

Las ciudades están, por lo general, fuertemente iluminadas. Esta misma luz, al refractarse en las moléculas de nuestra atmósfera, se convierte en **luz difusa que impide que podamos ver las estrellas.**

En los **lugares naturales** las nubes nocturnas se ven de color negro. En las grandes ciudades, sin embargo, reflejan la luz dirigida hacia el cielo, por lo que adquieren un color anaranjado o azulado dependiendo del color de la iluminación que reciben.

Los astrónomos miden el brillo de cielo para determinar la calidad de las observaciones que se pueden realizar en un lugar. Las medidas se suelen expresar en **magnitudes/arcosegundo².**

Los valores de **brillo de cielo** mayores se corresponden con los cielos más oscuros, como los que hay en las zonas rurales alejadas de las ciudades.

En las noches nubosas se aprecia claramente la luz artificial que emiten las ciudades hacia el cielo.



Los científicos utilizan aparatos llamados **fotómetros** para obtener estas medidas con las que evaluar la calidad de las observaciones astronómicas.

Los fotómetros se pueden utilizar tanto para tomar medidas puntuales de un lugar en un momento de la noche, como para **estudiar la evolución de la contaminación lumínica, dejándolos instalados durante meses o años en un mismo lugar.**



Fotómetro TESS diseñado por la Universidad Complutense de Madrid.

El motivo por el que esto ocurre viene de los antiguos astrónomos griegos, que llamaban estrellas de **primera magnitud**, a las estrellas más brillantes que aparecían después del ocaso y clasificaron el resto hasta las más débiles que denominaron de **sexta magnitud**.

Desde entonces y hasta la moderna escala de magnitudes, ha habido modificaciones y ahora tenemos **estrellas de magnitud 0**, pero se mantiene que los cuerpos celestes más brillantes son los de menor magnitud, de hecho, el **Sol tiene una magnitud de -26.74**.

Al brillo del cielo se le da el mismo trato que al brillo de las estrellas.

De este modo, **en el entorno de una ciudad**, donde el brillo de cielo se ve más afectado por la contaminación lumínica las medidas estarán en torno a **17 mag/arcsec²**, mientras en los **lugares donde hay escasas fuentes de contaminación lumínica** y el cielo es más oscuro los fotómetros pueden marcar valores superiores a **1,5 mag/arcsec²**.

Las ciudades están, por lo general, fuertemente iluminadas.

AGLOMERACIÓN

Las **carreteras repletas de anuncios luminosos son peligrosas**, ya que distraen de la conducción.

Aumentar la potencia de la iluminación de las carreteras no las hace más seguras; sí lo hace, sin embargo, **instalar una iluminación uniforme que permita ver con claridad**.

Las Vegas, en Nevada (EEUU) es una de las ciudades con mayor iluminación del planeta. Su brillo puede observarse a 400 km de distancia.



Iluminación en la ciudad de Las Vegas.

El brillo en las ciudades es cada vez mayor.

4- CÓMO INSTALAR UNA ILUMINACIÓN EFICIENTE

Cada lugar y situación tienen unas necesidades de iluminación.

No se necesita la misma iluminación durante una operación en un quirófano de un hospital que en nuestro dormitorio justo antes de irnos a dormir.

Para utilizar tan sólo la iluminación necesaria para cada lugar y situación, de forma que su uso sea sostenible y genere el mínimo impacto negativo, se han de seguir una serie de pautas atendiendo a sus diferentes características.

POTENCIA

Una bombilla en funcionamiento consume energía eléctrica. La energía que consume cada segundo se denomina potencia, y se mide, en el Sistema Internacional, en vatios (W).

De la energía eléctrica que consume una lámpara en su funcionamiento, solamente una fracción se convierte en luz. **Parte de la energía se pierde en forma de calor y otra parte en radiación no visible.**

La fracción de energía que se transforma en luz, cada segundo, se llama flujo radiante y su unidad, en el Sistema Internacional, es también el vatio.

Ahora bien, teniendo en cuenta la sensibilidad del ojo humano (¡podríamos decir que vemos mejor o peor en función del color de la luz!), **la potencia luminosa percibida se llama flujo luminoso**, y en el Sistema Internacional se mide en lumen (lm).

La **eficacia** se define como la **relación entre el flujo luminoso emitido por una bombilla y la potencia que consume.**



Lámparas de distinta potencia encendidas.

TEMPERATURA

La luz es una onda y la más energética es la azul.

Las bombillas pueden emitir los tonos anaranjados.

Si instalamos iluminación que emita melatonina que necesite actividad y utilizar de...

Para trabajar por el día se necesita iluminación más fría.

Se trata de imitar la luz del fuego que usaban...

Se expresa en **lúmenes por vatio (lm/W)**. Para minimizar el gasto energético que genera la producción de luz artificial, es decir, para minimizar la cantidad de vatios necesarios, se pueden utilizar **lámparas más eficaces** para obtener los mismos lúmenes.

TECNOLOGÍA	EFICACIA (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
Incandescente de tungsteno	5 - 17.5

Tabla de eficacia de distintas tecnologías de iluminación.



DIRECCIÓN

La luz artificial debe tener un objetivo que **iluminar**. Dirigir la luz solo hacia los lugares que se necesita es especialmente importante en exteriores, ya que **emitir luz en otras direcciones supone un derroche de energía**.

Las farolas han de iluminar la carretera, la plaza o el edificio que nos interese y nunca dirigirse directamente hacia arriba, evitando iluminar el cielo.

Las farolas "tipo globo" son poco eficientes.

Es mejor utilizar **farolas apantalladas** con la bombilla instalada horizontalmente y el flujo luminoso dirigido hacia abajo.



RA DE COLOR

electromagnética cuya energía depende de su longitud de onda. En el caso de la luz visible, la luz azul y la menos energética la roja.

emitir luz con distinta **“temperatura de color”**, que se mide en **Kelvin**. La **luz es cálida si predominan los o rojizos y fría si predominan el blanco o el azul**.

Iluminación cálida en nuestros dormitorios y en las zonas de relax ayudaremos al cuerpo a generar la melatonina para poder descansar. Lo ideal es elegir bombillas de unos 2700 K para las habitaciones en donde hay que dormir. 2200K justo antes de dormir.

En días en actividades que requieran mucha precisión y distinguir claramente los colores se puede utilizar luz fría.

La luz natural. En un día despejado, la luz del sol tiene una temperatura de color de unos 5800 K. La luz que usaban nuestros ancestros para iluminarse al atardecer, en cambio, se sitúa entre los 2000 y 2200 K



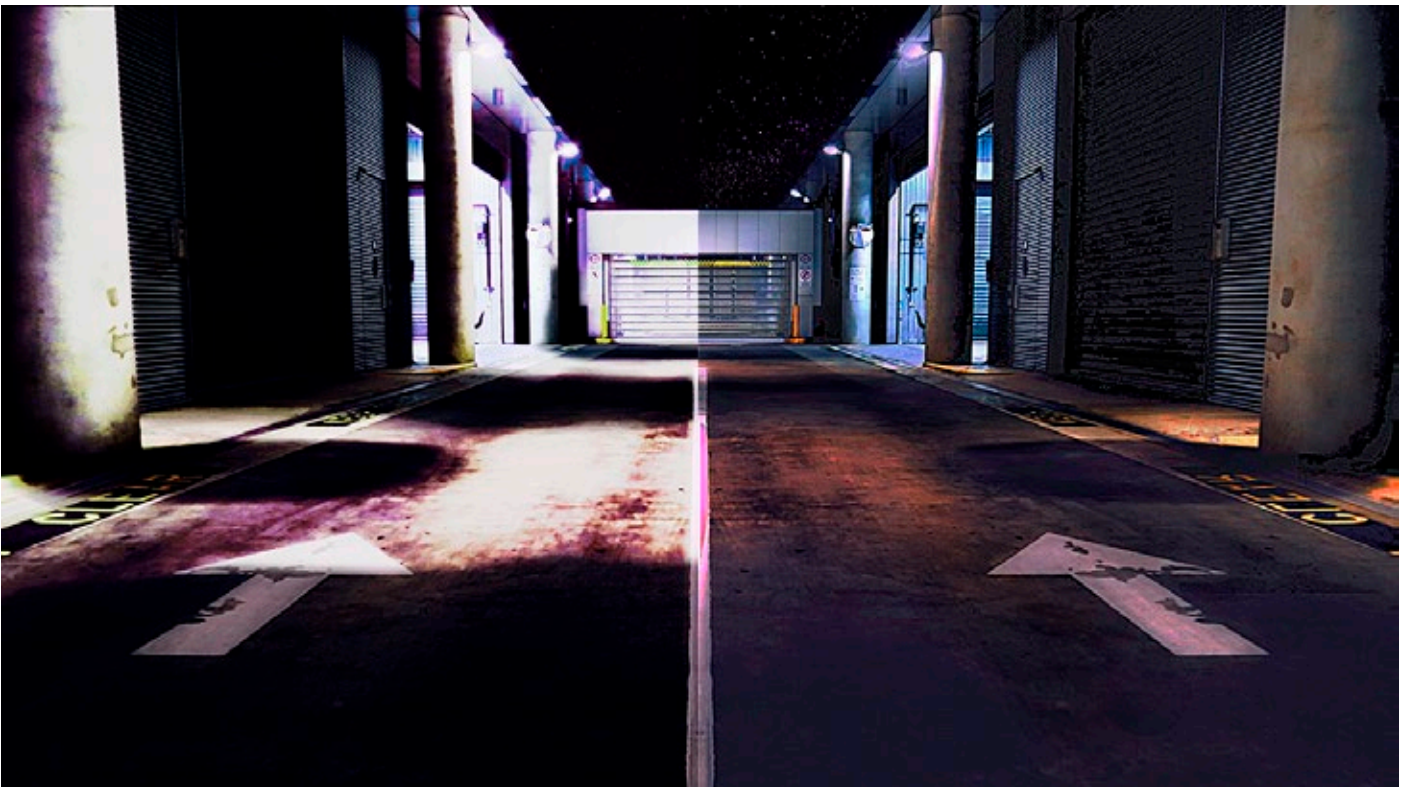
Sensación visual de color para bombillas de distinta temperatura.



La luz genera una sensación psicológica de seguridad, pero para que la seguridad sea real la iluminación no debe de ser intensa sino uniforme.

UNIFORMIDAD

La **uniformidad** representa **la forma en la que el flujo se distribuye en la superficie que ilumina**. Un diseño adecuado de la iluminación hace que las superficies se vean iluminadas con la misma intensidad en todos sus puntos, evitando los claroscuros.



Una iluminación muy intensa pero poco uniforme (izquierda) es más insegura que una iluminación tenue uniforme (derecha).

Una iluminación uniforme produce confort visual, facilitando la visión.

TIEMPO DE USO

La luz que emiten las ciudades es un claro indicador de la actividad de sus habitantes. Nuestra primera reacción ante la puesta de Sol es **encender todas las luces que podemos, tratando de alargar el día de forma artificial**. Las farolas comienzan a brillar poco antes de la puesta de sol.

Los primeros lugares que hacen uso de la luz artificial son las viviendas y los centros de trabajo privados. Quienes trabajan hasta tarde encienden las luces en las oficinas. Los comercios tratan de llamar nuestra atención hacia sus escaparates. Un poco más tarde, se encienden las luces ornamentales.

La gran mayoría del alumbrado permanece encendido durante toda la noche, incluso cuando no se está utilizando. El apagado del alumbrado o la disminución del nivel de iluminación en determinadas franjas horarias resultaría en un menor gasto energético. **En lugares poco transitados también se puede estudiar la posibilidad de instalar sensores de presencia.**



Los sensores de presencia son especialmente útiles en las zonas de bajo tránsito.

Todas estas características han de ser analizadas en su conjunto para instalar la iluminación apropiada en cada lugar.

ANALIZA LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Con sólo tres preguntas sobre las farolas de tu ciudad:



¿Apunta sólo hacia abajo?

Si

No



Bien ✓



Mal ✗

¿Por qué?

La luz de las farolas debe dirigirse hacia el suelo sin molestar a los conductores, iluminar las ventanas ni el cielo.

¿Es fría o cálida?

Cálida

Fría



Bien ✓



Mal ✗

¿Por qué?

Los científicos desaconsejan la iluminación fría. Este tipo de luz, más energética que la cálida, altera el cielo y el sueño.



¿Es intensa o ténue?

Intensa

Ténue



Mal ✗

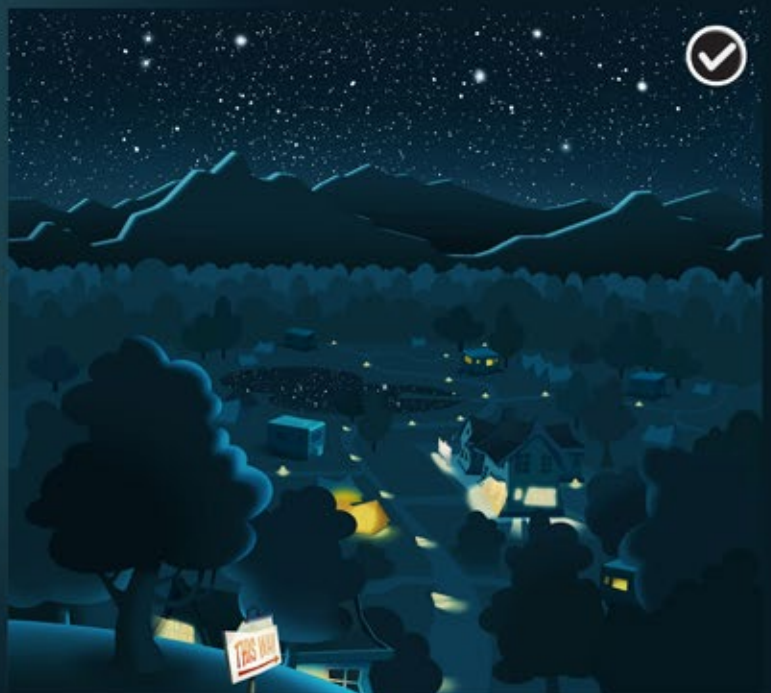


Bien ✓

¡Compara el cielo!

¿Por qué?

La luz supone un peligro para el tráfico cuando deslumbra y un consumo energético innecesario cuando es excesiva.



5-CITIES AT NIGHT

¿Sabías que los astronautas de la Estación Espacial Internacional (ISS) saben cuándo te vas a la cama? Los hábitos nocturnos de cualquier ciudad generan diferencias en la iluminación que, desde el espacio, son fácilmente reconocibles.



La astronauta Samanta Cristoforetti en la Cúpula de la ISS.

La ISS tarda 92 minutos en completar su órbita alrededor de la Tierra, lo que permite a sus tripulantes sobrevolar Europa varias veces cada noche. Con cámaras réflex comerciales, como las que podría adquirir cualquiera de nosotros, **los astronautas hacen fotografías nocturnas de las ciudades a través de las ventanas del módulo de observación.**


Las fotografías nocturnas de las ciudades tienen un gran valor científico puesto que son una fuente de información sobre la luz que se arroja al espacio. Las que toman los astronautas son especialmente interesantes, puesto que son las únicas imágenes disponibles de la Tierra de noche en color.

Con estas imágenes podemos detectar **los cambios de intensidad y temperatura de color que sufre la iluminación de las ciudades.**

Gracias a estas imágenes se ha detectado, por ejemplo, cómo **las nuevas instalaciones de bombillas LED**, a pesar de gastar menos energía que las bombillas a las que han sustituido, **están generando un aumento de la contaminación lumínica**, ya que muchas de estas luces **tienen una temperatura de color más alta que las clásicas farolas de luz anaranjada.**

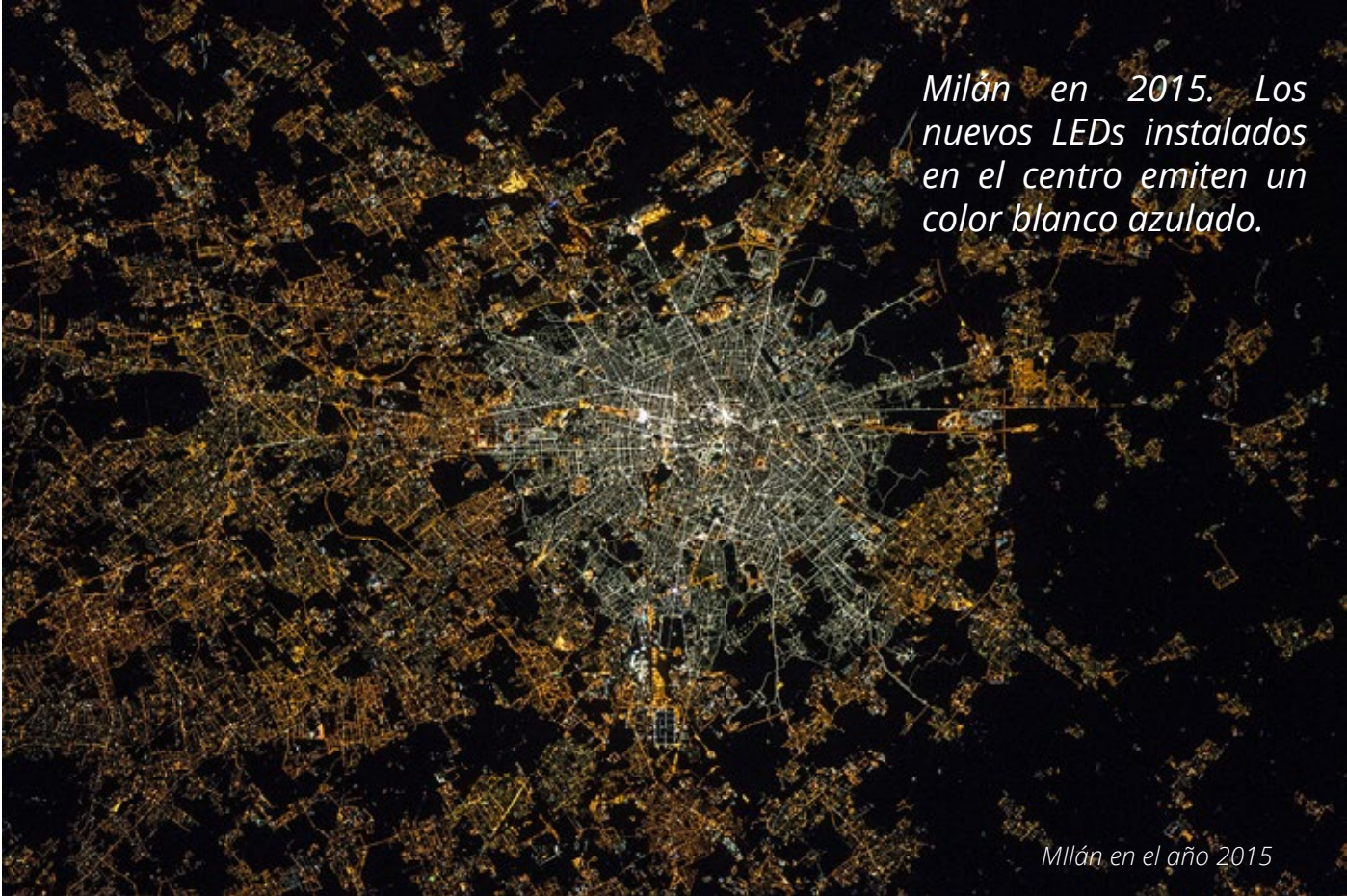


Con la transición a la tecnología LED la iluminación de las ciudades se está volviendo mucho más fría.



Milán en 2012. El centro de la ciudad estaba iluminado con lámparas incandescentes anaranjadas.

Milán en el año 2012



Milán en 2015. Los nuevos LEDs instalados en el centro emiten un color blanco azulado.

Milán en el año 2015

CIENCIA CIUDADANA PARA LA LOCALIZACIÓN DE IMÁGENES

Las fotografías que hacen los astronautas son una fuente de datos para poder estudiar las fuentes de luz artificial nocturna. El problema es que resulta complicadísimo encontrar la imagen de una ciudad en concreto entre el más de medio millón de fotografías sin clasificar que la NASA tiene en archivo.

El objetivo del proyecto **Cities at Night** es localizar todas las imágenes de ciudades nocturnas tomadas desde la ISS y usarlas para fabricar un mapa del mundo.

Ordenar las imágenes automáticamente requiere una gran potencia de cálculo.

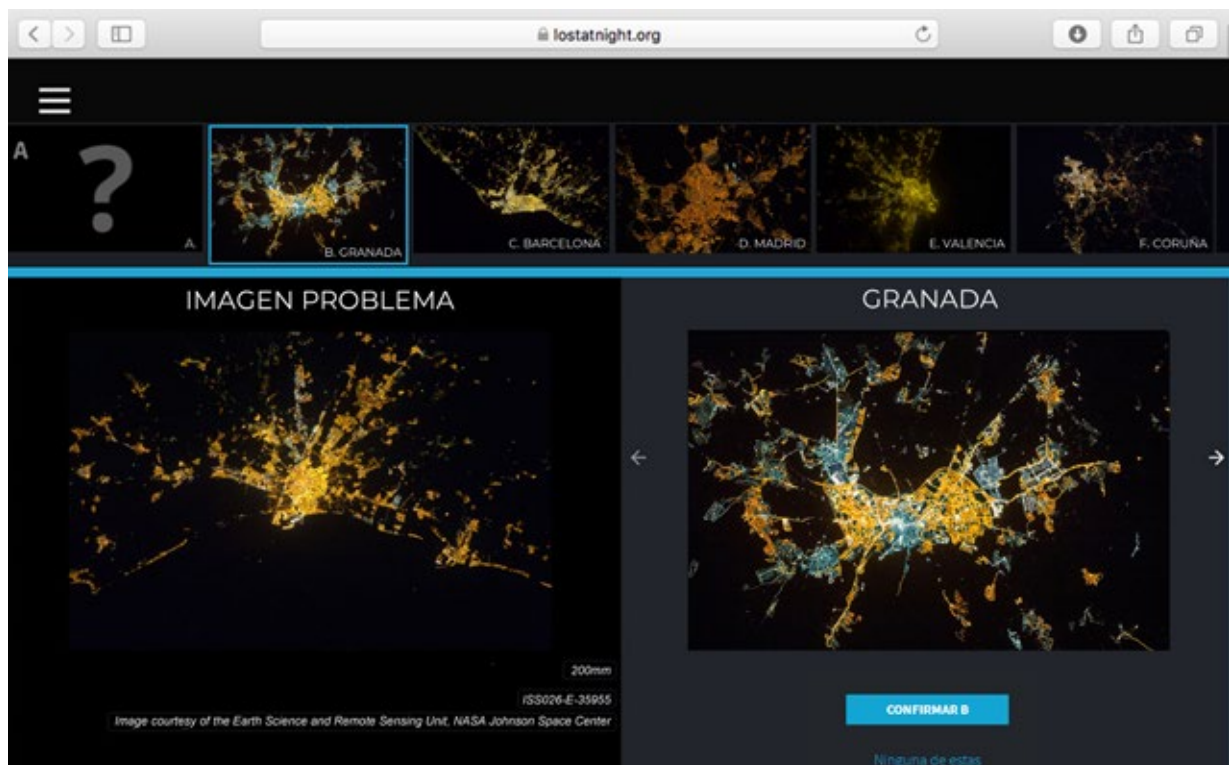
Sin embargo, de un vistazo, cualquier persona puede distinguir una imagen en la que se ven las estrellas de otra en la que aparece una ciudad.

Por este motivo, desde el proyecto se han ido poniendo en marcha diversas aplicaciones para que **todo el mundo pueda ayudar a resolver el puzle más grande del mundo**.

El ejemplo que presentamos a continuación es de la aplicación **Lost at Night** y presenta varias opciones para identificar a qué ciudad pertenece una imagen problema.

Gracias a este proyecto también podemos comparar la iluminación entre ciudades. En la siguiente página puedes observar 6 imágenes de capitales europeas tomadas en la misma noche con la misma cámara, objetivo y tiempo de exposición.

Con estos datos los expertos han podido comprobar que, por ejemplo, **Berlín brilla 3 veces más que Madrid**.



Captura de pantalla de la aplicación Lost at Night - lostatnight.org

EUROPA desde la ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL



Madrid
ISS030-e-082053



Londres
ISS030-e-085899



París
ISS030-e-085807



varsovia
ISS030-e-085827



Ámsterdam
ISS030-e-085908



Berlín
ISS030-e-085815



Seis ciudades europeas fotografiadas en condiciones similares durante tres revoluciones de la misma noche.

Cámara: Nikon D3S
Objetivo: AF Nikkor 180 mm
ISO: 6400
Exposición: 20 ms
Fecha: 11.02.2012/12.02.2012

6 - ACTIVIDADES PROPUESTAS

ACTIVIDAD 1

La forma de las farolas es muy importante para minimizar la contaminación lumínica.

De entre los farolillos que puedes observar en las siguientes imágenes ¿Cuáles elegirías para el jardín de una casa? ¿Por qué?



Tu respuesta:

ACTIVIDAD 2

La temperatura de color ha de ser la adecuada para cada situación.

¿Qué bombillas serían adecuadas para un dormitorio?, ¿y para la cocina? ¿Cuáles podrían instalarse en las farolas que hay en tu calle?, ¿y en el parque?

Tu respuesta:

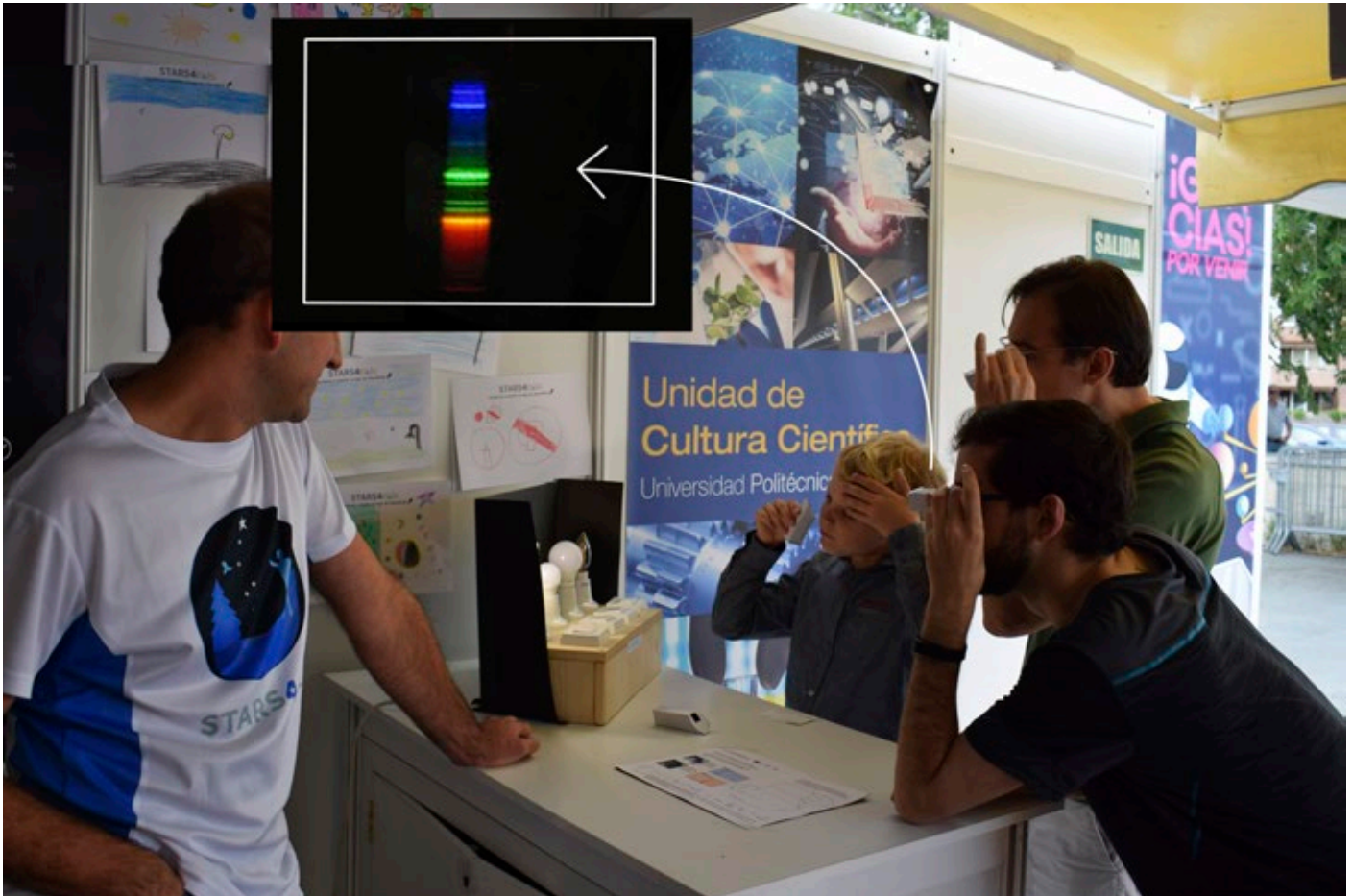
Haz un listado que incluya, **al menos 5 bombillas que tengas instaladas en tu casa o en tu centro escolar, incluyendo el lugar donde están puestas, su potencia, su temperatura de color e indica cómo podrías mejorar la iluminación de estos lugares.**

Tu respuesta:

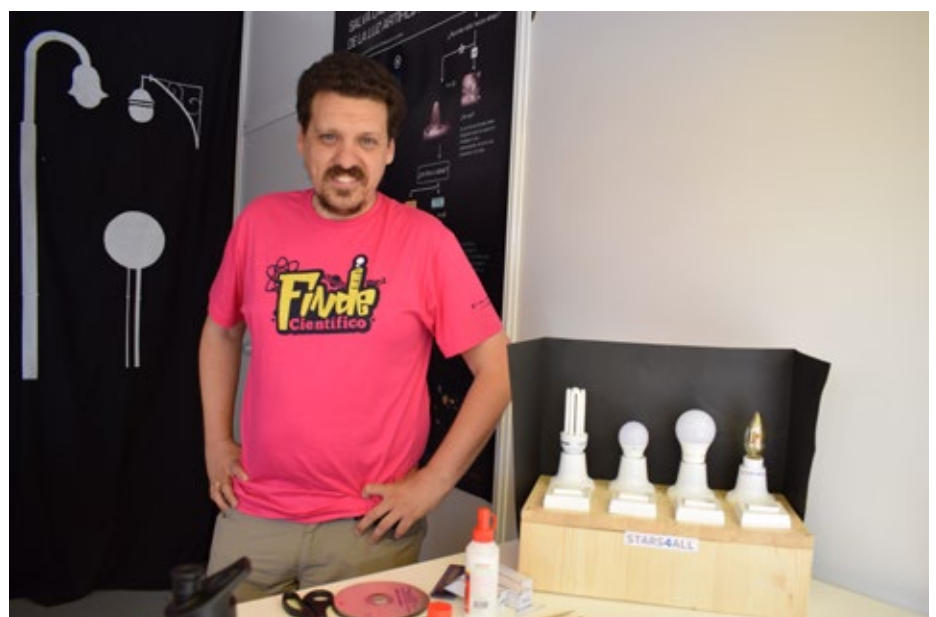
Bombilla	Lugar	Potencia	Temperatura de color	¿Cómo la mejorarías?
1				
2				
3				
4				
5				

ACTIVIDAD 3: CONSTRUYE TU PROPIO ESPECTRÓGRAFO CASERO

Construye tu propio espectrógrafo casero siguiendo las siguientes instrucciones y utilízalo para hacer 5 fotografías de distintas fuentes de luz.



Usando un espectrógrafo casero

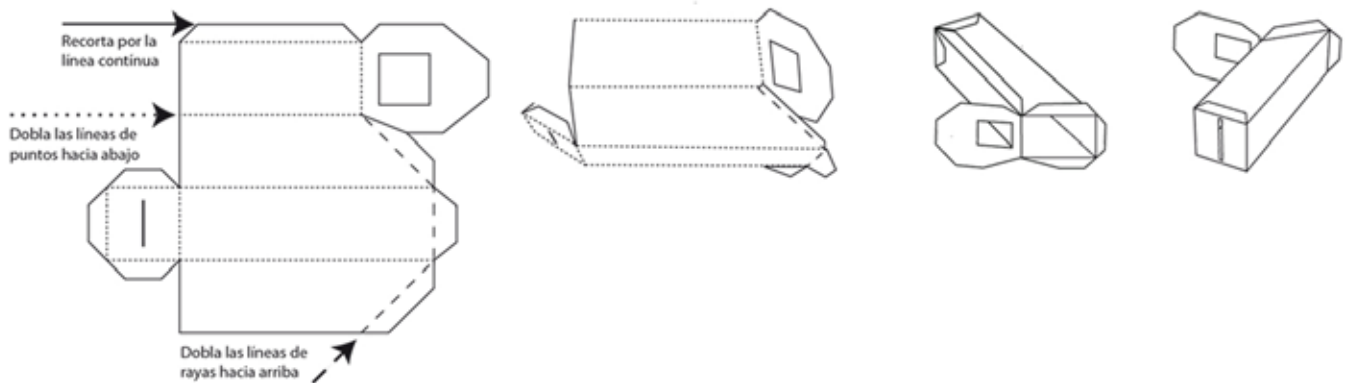


Tipos de bombillas

Instrucciones:

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.

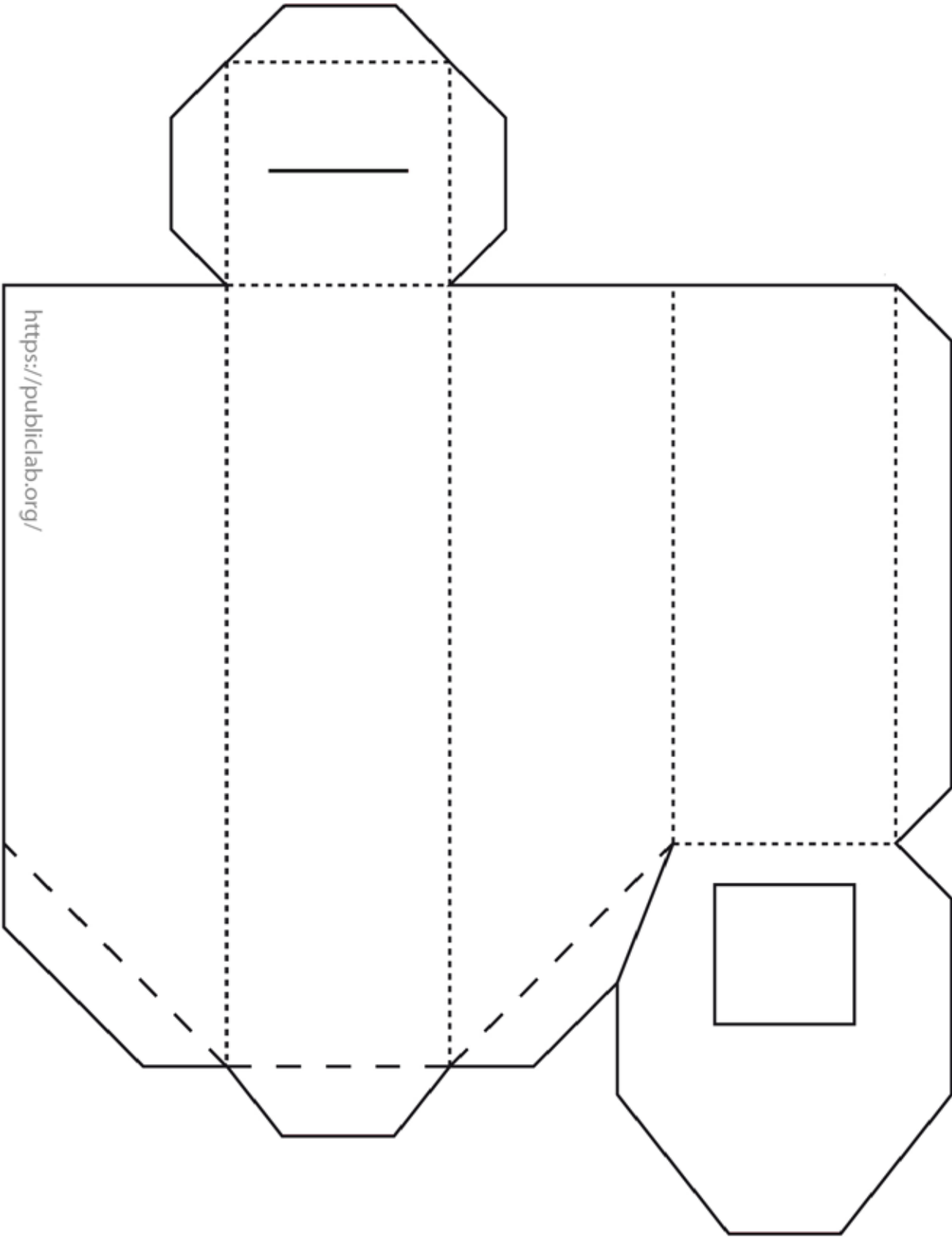


3

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



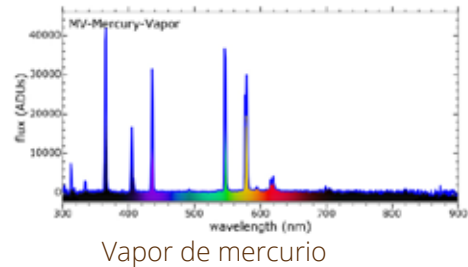
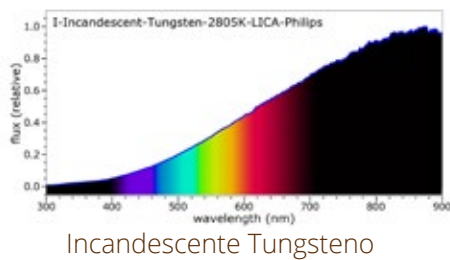
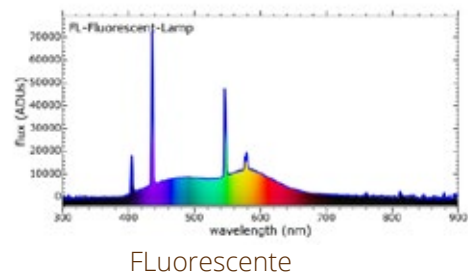
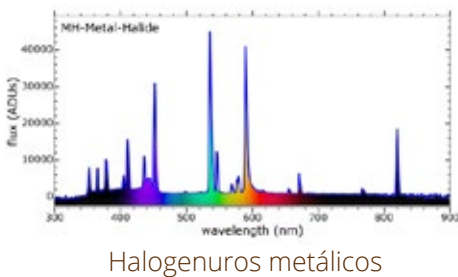
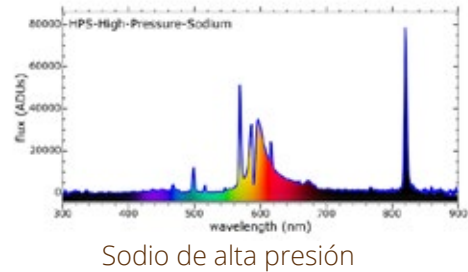
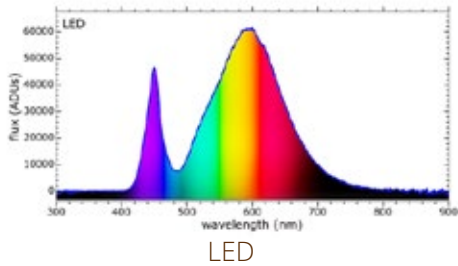
Maqueta del espectrógrafo casero:



ACTIVIDAD 4

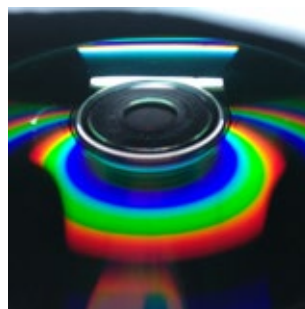
Dependiendo de la tecnología de las bombillas, sus espectros serán diferentes.

Compara tus resultados con los espectros teóricos que encontrarás a continuación para determinar de qué tipo es la bombilla que has utilizado.



Ejemplos del espectro luminoso de distintas fuentes de luz sobre la superficie de un CD, obtenidas con la cámara de un Smartphone:

Luz del Sol



LED



FLuorescente



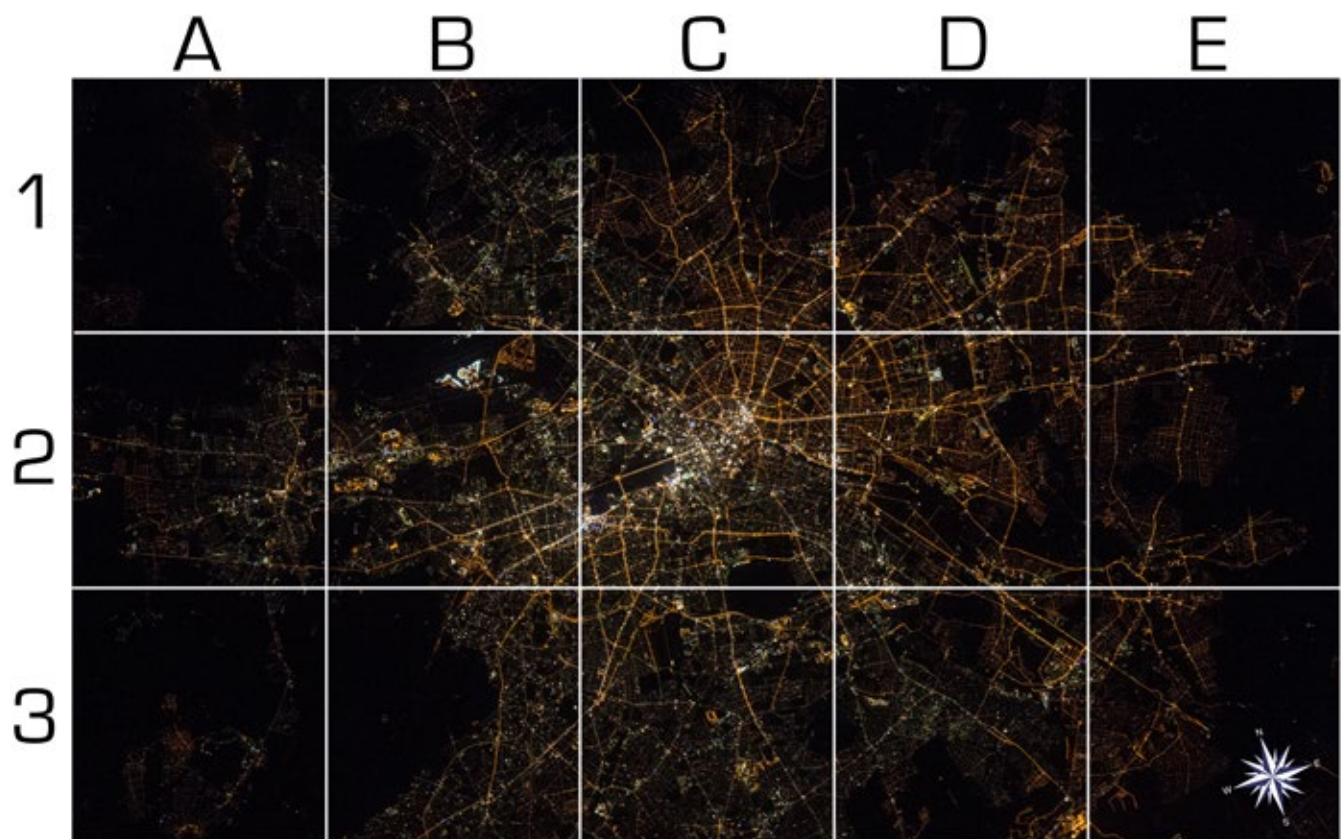
Bombilla convencional



ACTIVIDAD 5

Las imágenes tienen información científica, por lo que se pueden tomar medidas en las fotos.

En este ejercicio, vamos a medir los colores con una fotografía calibrada en color de la ciudad de Berlín:




Abre esta imagen con un programa de edición de imagen (puedes elegir uno muy simple, por ejemplo Paint). **Elige el punto que creas que representa mejor el color de la iluminación de cada zona y márcalo con el selector de colores.**

Apunta cuánto tiene de verde, rojo y azul. Haz las divisiones que se marcan en la tabla:

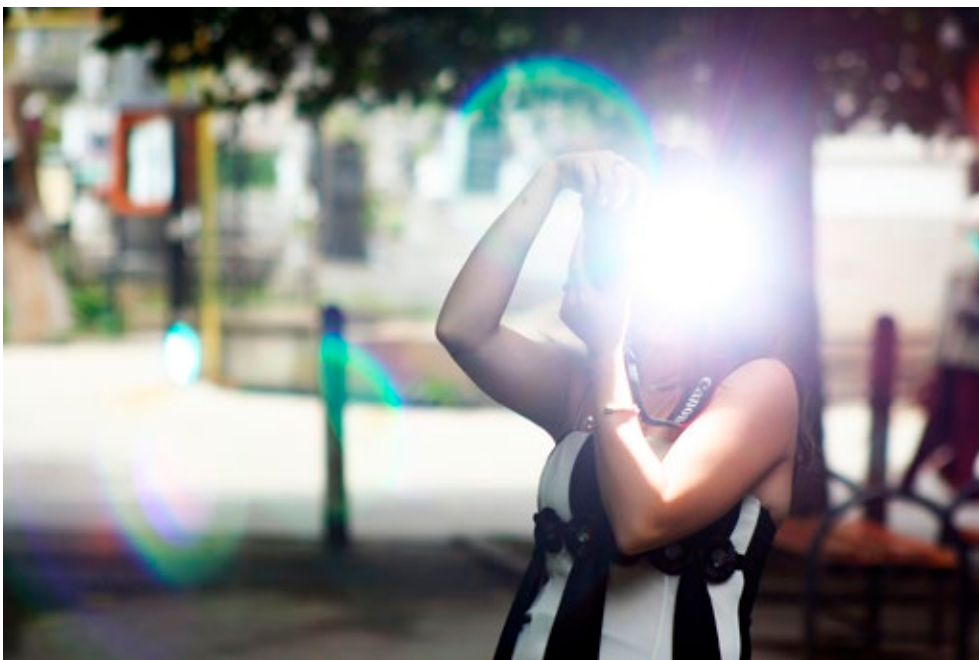
Representa en un gráfico cada valor obtenido de dividir la cantidad de verde entre la cantidad de rojo, y los valores obtenidos de dividir la cantidad de azul entre la cantidad de verde.

Cuanto más arriba a la derecha sea el punto más contaminante es. Cuanto más abajo a la izquierda menos contaminante es. Te dejamos resuelta la zona 1A para que te sirva de ejemplo.

zona	color seleccionado	VERDE	ROJO	AZUL	VERDE/ROJO	AZUL/VERDE
1A		85	146	40	0,47	0,58
1B						
1C						
1D						
1E						
2A						
2B						
2C						
2D						
2E						
3A						
3B						
3C						
3D						
3E						

ACTIVIDAD 6

Comenta los problemas de iluminación que ves en las siguientes imágenes. ¿Cómo podrían mejorarse para disminuir la contaminación lumínica en cada uno de los casos?



ENLACES DE INTERÉS

CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES

Proyecto Cities at Night
<https://citiesatnight.org/>

Fundación Ibercivis
<https://ibercivis.es>

Fundación Española para la Ciencia y Tecnología
<https://www.fecyt.es>

Catálogo de fotografías de la NASA realizadas por astronautas a bordo de la ISS
<https://eol.jsc.nasa.gov/>

IDA - International Dark-Sky Association
<https://www.darksky.org/>

Kit educativo sobre la calidad de la iluminación
<https://www.noao.edu/education/qltkit-es.php>

Definición de Contaminación Lumínica
<https://www.informea.org/en/terms/light-pollution>

Altas de la Contaminación lumínica
<https://www.lightpollutionmap.info/>

Software para cambiar la temperatura de color de la pantalla del ordenador
<https://justgetflux.com>

Proyectos UCM sobre contaminación lumínica
<https://guaix.ucm.es/darkskies>

Imagen de la Actividad 5: Alejandro Sánchez de Miguel et al, "Colour remote sensing of the impact of artificial light at night (I): The potential of the International Space Station and other DS-LR-based platforms" Remote Sensing of Environment Volume 224, April 2019, Pages 92-103
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.035>

Bombilla - Imagen de Jonny Lindner en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/bombilla-actuales-la-luz-resplandor-503881/>

Profesora - Imagen de Free-Photos en Pixabay
https://pixabay.com/es/photos/persona-mujer-femal-801829/#=_

Honk Kong - Imagen de David Mark en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/hong-kong-ciudad-urbana-rascacielos-1990268/>

Carretera - Imagen de SplitShire en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/carretera-calle-por-carretera-noche-407093/>

Animales de noche
<https://pixabay.com/es/photos/alce-animales-navidad-1793632/>

Vía Láctea - Imagen de Pexels en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/la-astronom%C3%ADa-constelación-oscura-1866822/>

Osito y ordenador - Imagen de DanFa en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/bear-computer-night-lila-dark-2382779/>

Flash - Imagen de Pexels en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/fotograf%C3%ADa-estudio-sesi%C3%B3n-de-fotos-1850469/>

Ciudad con nubes - Imagen de carloyuen en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/nubes-hong-kong-noche-niebla-haze-2517653/>

Fotómetro TESS - Producción propia
<https://tess.stars4all.eu>

Las vegas - Imagen de skeeze en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/las-vegas-tiempo-de-la-noche-599840/>

Lámparas - Imagen de xegxef en Pixabay - Editada
<https://pixabay.com/es/photos/luz-lámpara-electricidad-el-poder-1603766/>
Formas de farolas - Producción propia
https://citiesatnight.org/wp-content/uploads/2016/07/Farolas_esp.jpg

Temperatura de color - Producción propia -
Bombilla original de geralt en Pixabay
<https://pixabay.com/es/illustrations/bombilla-creo-que-idea-solucion-2010022/>

Carretera - Imagen de StockSnap en Pixabay -
Editada
<https://pixabay.com/es/photos/calle-por-carretera-flechas-2619708/>

París - Imagen de Kevin Phillips en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/torre-eiffel-francia-puesta-de-sol-951517/>

Farola solitaria - Imagen de Samuele Schirò en
Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/noche-árbol-farola-cielo-930963/>

Analiza la Contaminación Lumínica - STARS4ALL |
Cómic: Rainer Stock
<https://stars4all.eu/wp-content/uploads/2018/12/correcta-iluminación-nocturna.jpg>

Astronauta Samantha Cristoforetti - ESA https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2016/03/ESA_astronaut_Samantha_Cristoforetti_in_the_Cupola

Madrid desde la ISS - JSC Earth Science & Remote
Sensing Unit. NASA Johnson Space Center
<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS038&roll=E&frame=41064>

Milán desde la ISS 2012 - JSC Earth Science &
Remote Sensing Unit - NASA Johnson Space Center
<https://www.iau.org/static/archives/images/screen/iau1510b.jpg>

Milán desde la ISS 2015 - JSC Earth Science &
Remote Sensing Unit - NASA Johnson Space Center
<https://www.iau.org/static/archives/images/screen/iau1510a.jpg>

Pantallazo de Lost at Night - Producción propia -
Imágenes de ciudades NASA

Comparativa ciudades europeas - Producción
propia - Imágenes de ciudades NASA

Farolillo 1 - Goumbik en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/linterna-oscura-lámpara-noche-2938031/>

Farolillo 2 - fancycrave1 en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/la-pared-lámpara-grunge-interior-823611/>

Farolillo 3 - Free-Photos en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/lámparas-linternas-diseño-colgando-918495/>

Farolillo 4 - JerzyGorecki en Pixabay
<https://pixabay.com/es/photos/crepúsculo-lámpara-de-repuesto-2291361/>

Farolillo 5 - leovalente en Pixabay
<https://pixabay.com/photos/lights-pole-street-lamp-posts-340483/>

Tipos de bombillas - Producción propia

Espectroscopio - Producción propia

35. Espectroscopio de papel - Publiclab.org
<https://publiclab.org/sites/default/files/8.5x11mini-spec3.8.pdf>

Luz intrusa - Editada
<https://pixabay.com/es/photos/vivir-dormitorio-arquitectura-3104077/>

Luz poco uniforme
<https://pixabay.com/es/photos/persona-perro-urbana-farola-niño-498197/>

Deslumbramiento
<https://pixabay.com/es/photos/retrato-flash-tiene-usted-niña-1243972/>

Aglomeración
<https://pixabay.com/es/photos/los-libros-la-colección-de-2596809/>

Espectros de distintas bombillas - Carlos Tapia
(UCM)
<http://www.carlostapia.es/lamparas/lamps.html>

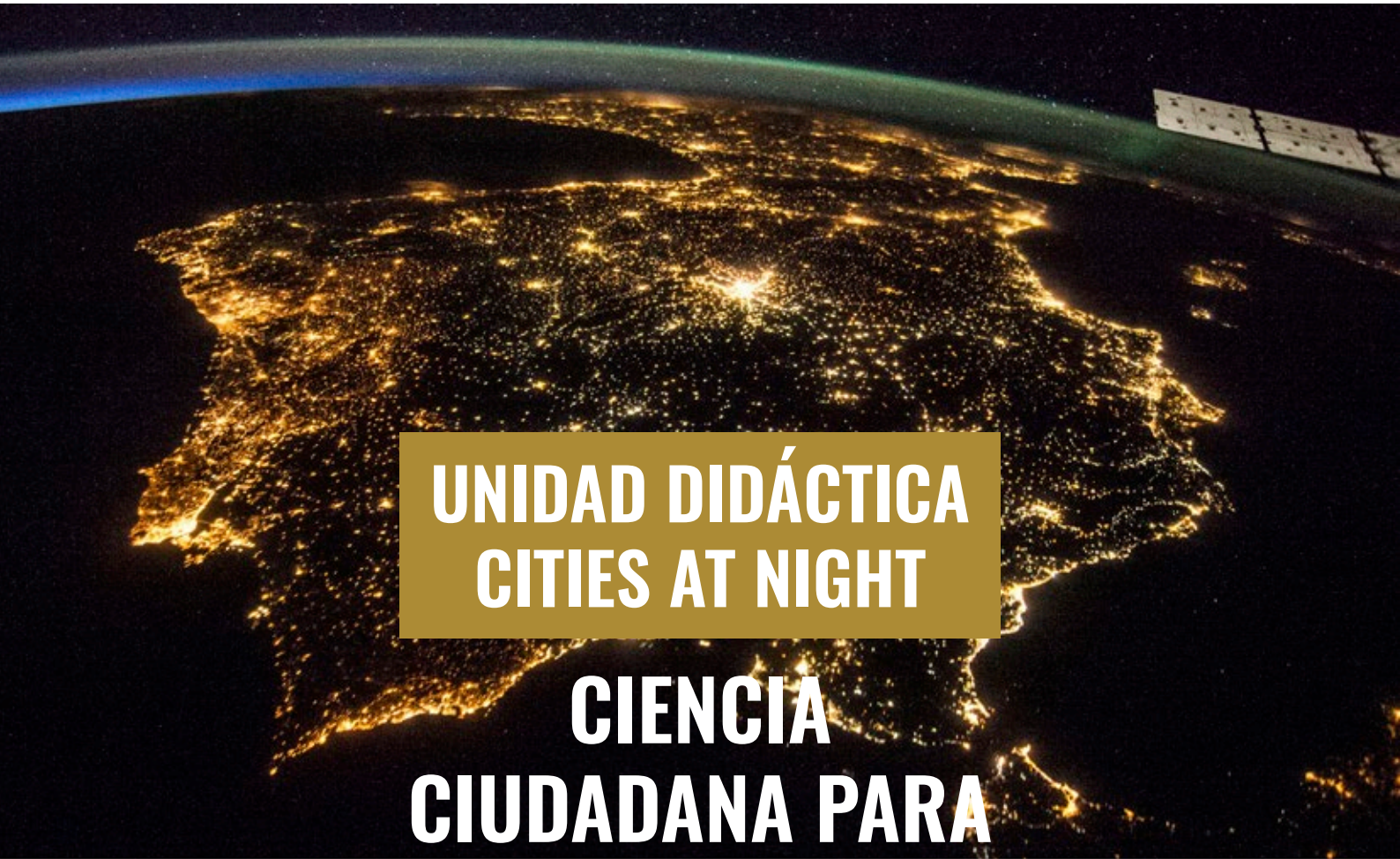
Berlín - JSC Earth Science & Remote Sensing Unit.
NASA Johnson Space Center
<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS035&roll=E&frame=17365>

Península contraportada - JSC Earth Science &
Remote Sensing Unit. NASA Johnson Space Center
<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS040&roll=E&frame=81320>

Berlín
<https://pixabay.com/nl/photos/berlin-tv-toren-skyline-alex-4001319/>

Paisaje nocturno de noche
<https://pixabay.com/es/photos/por-carretera-de-la-ciudad-403752/>

Estudiante
<https://pixabay.com/es/photos/chica-joven-estudiante-sentado-3718526/>



**UNIDAD DIDÁCTICA
CITIES AT NIGHT**

**CIENCIA
CIUDADANA PARA
LOCALIZAR LAS
FUENTES DE
CONTAMINACIÓN
LUMÍNICA**



<https://citiesatnight.org>