

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA TIERRA Y ASTROFÍSICA (FTA)



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Código de TFG: FTA14

Análisis de contaminación lumínica mediante medidas de brillo de cielo

Light pollution analysis using sky brightness measures

Supervisor: Jaime Zamorano

Arturo Prieto Hellín

Grado en Física

Curso académico 2020-2021

Convocatoria 1^a

Resumen:

En el trabajo se presentan distintas observaciones y análisis de medidas del brillo del cielo nocturno en distintas zonas de Madrid. A modo introductorio se expone la problemática actual de la contaminación lumínica, así como la explicación de los principales objetivos del proyecto NixNox. A continuación, se explica la forma de trabajo que seguiremos durante nuestras medidas, así como el material empleado y como se va a enfocar principalmente los análisis y medidas. Posteriormente se plantea el posible impacto de las "zonas verdes" poco iluminadas de las ciudades en el brillo del cielo nocturno. Para ello, mediremos el nivel de brillo del cielo en el perímetro del Parque Juan Carlos I, en Madrid, y analizaremos mediante mapeados All-Sky las diferencias direccionales en el brillo nocturno, centrándonos en la dirección del parque y examinando el brillo del cielo sobre éste para tres mediciones, comprobando si la ausencia de alumbrado artificial en áreas amplias puede llegar a influir en un descenso del brillo del cielo. También estudiaremos el impacto en el brillo del cielo nocturno del confinamiento, sucedido de Marzo a Junio de 2020 debido a la pandemia de Covid-19, realizando medidas periódicas del cénit en Madrid, estudiando para las distintas fases las variaciones en el brillo del cielo nocturno. Por último, resumiremos la conclusión más relevante de nuestro estudio: la influencia de nuestro estilo de vida nocturno en la contaminación lumínica, que ha sido puesta de manifiesto durante el confinamiento, donde hemos podido observar un descenso en el brillo nocturno.

Abstract:

The following paper describes different observations and analysis of measurements of the night sky brightness in different areas of Madrid. Firstly, we expose the current problem around the light pollution, as well as the explanation of the main objectives of the NixNox project. Next, we'll show the way of working that we will follow during our measurements, alongside the material used and how the analysis and measurements will be mainly focused. Subsequently, we'll discuss about the possible impact of the "green areas" barely illuminated on the night sky brightness. To do this, we will measure the level of brightness in the perimeter of the Juan Carlos I Park in Madrid, analysing with full sky maps the directional variations in the night brightness, focusing on the direction of the park and examining the brightness of the sky over it, checking if the absence of artificial lighting in wide areas can induce a decrease in sky brightness. We also will study the impact on the sky brightness during the confinement, which happened from March to June 2020 due to the Covid-19 pandemic, with periodic measurements of the zenith in Madrid, studying for the different phases the variations in the brightness of the night sky. Finally, we will summarize the most relevant conclusion of our study: the influence of our nightly lifestyle on light pollution, influence that has been revealed during confinement, where we have been able to observe a decrease in night brightness.

Índice

| | |
|--------------------------------------------------|-----------|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Objetivos | 4 |
| 3. Metodología | 4 |
| 4. Medidas de brillo del cielo nocturno | 5 |
| 4.1. Parque Juan Carlos I (20/02/2020) | 5 |
| 4.2. Medidas durante el confinamiento | 7 |
| 5. Conclusiones | 14 |
| 6. Bibliografía | 15 |

1. Introducción

Es más que conocido que, desde el comienzo de la era industrial, la naturaleza ha mutado tal y como la conocíamos debido a la influencia de los seres humanos. Se han emitido numerosos agentes contaminantes de todo tipo desde el comienzo de ésta. Sin embargo en los últimos años hemos tenido la suerte de vivir un auge en la concienciación sobre este tipo de temas, tanto por parte del subconsciente colectivo, donde cada vez la sociedad está más concienciada al respecto; como por parte de las grandes esferas y gobiernos, donde tras la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [1] existen numerosas tendencias políticas y económicas que abogan por poner fin a la emisión masiva de contaminantes humanos.

A pesar de esto, un gran problema de naturaleza humana pero aparentemente invisibilizado a día de hoy, es la contaminación lumínica. La implantación de iluminación tanto pública como privada ha terminado por ser un problema para la contaminación de nuestros cielos nocturnos, considerado patrimonio de la humanidad por la UNESCO. De hecho en 2010, año en el que se ratificó definitivamente este título, se aprobó además la Declaración Mundial en Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas [2], el cual establece “el derecho a un cielo nocturno no contaminado debe considerarse como un derecho inalienable de la humanidad, equiparable al resto de los derechos ambientales, sociales y culturales”, además de otros 10 puntos igual de importantes. El principal problema reside en la mala eficiencia de estas fuentes luminarias, que deberían iluminar el suelo únicamente. Sin embargo, gran parte de esta luz emitida termina por disiparse residualmente en otras direcciones, provocando contaminación lumínica en ciudades o pueblos que no nos permiten las observaciones nocturnas, y, además, afectando notablemente a las migraciones de aves [3]. Con el tiempo esto ha acabado por convertirse en un importante problema a nivel mundial.

2. Objetivos

Desde el proyecto NixNox [4] buscamos la recuperación y preservación del brillo natural del cielo, a partir de la concienciación, acciones políticas sobre el alumbrado público, o a través de mediciones de brillo. Concretamente, nos centraremos en éste último punto. A través de medidas del brillo del cielo nocturno empleando fotómetros TESS-W, podemos estudiar el impacto de la contaminación lumínica en distintas áreas a lo largo de toda España, a través de la creación de mapeados. Así, mediante esta iniciativa colaborativa, el proyecto NixNox pretende construir el mapa de España sobre localizaciones óptimas para realizar observaciones astronómicas cómodamente, actividad que se está volviendo más inaccesible a medida que pasan los años.

3. Metodología

A través de fotómetros TESS-W (Telescope Encoder and Sky Sensor) [Figura 1] proporcionados por la Univerdad Complutense de Madrid, prepararemos un compendio de medidas del cielo nocturno en diversas zonas. Tomaremos medidas tanto de mapeado de la bóveda celeste (mapa All-Sky), que nos permitirá analizar las posibles direcciones donde el brillo nocturno se hace más notable; así como medidas a tiempos prolongados a lo largo de una noche, tomando una medida del cénit cada minuto, lo que nos permitirá ver la evolución del brillo nocturno durante la noche. También realizaremos medidas periódicas desde la misma localización, estudiando así el comportamiento más general de los focos de emisión y las variaciones de la magnitud aparente del cielo a lo largo del año.

El fotómetro TESS empleado es el modelo TAS, caracterizado por su posibilidad de autobarrido. Mediante la aplicación TESS-P (TESS Portable) para Android, guardaremos los datos directamente con nuestro móvil, para posteriormente estudiarlos con programas de análisis de datos. En nuestro caso emplearemos el lenguaje R para dicho análisis. Estas medidas serán tomadas en claros sin edificios ni otros elementos que pudieran interferir las observaciones, con un trípode que nos permita situar el fotómetro en posición horizontal y orientado hacia el Norte.

Así pues, con estos datos obtenidos podremos realizar diferentes estudios de las distintas zonas, problemáticas, focos de emisión lumínica, factores favorables y desfavorables para la realización de observaciones en las diversas zonas, y extraer conclusiones acerca de la problemática de la contaminación lumínica.



Figura 1: Fotómetro TESS modelo TAS, con posibilidad de autobarrido, empleado para las mediciones

4. Medidas de brillo del cielo nocturno

4.1. Parque Juan Carlos I (20/02/2020)

El objetivo de este conjunto de tres medidas es observar la influencia de zonas verdes dentro de ciudades en la contaminación lumínica. Es de esperar que, debido a la ausencia de emisiones, repercute en la magnitud aparente observada en el cielo y, por tanto, si la zona es lo suficientemente extensa, puedan ser posibles emplazamientos de observación astronómica urbana si el brillo disminuye lo suficiente. En concreto se han realizado en el perímetro del parque Juan Carlos I, al este de Madrid. Habría sido interesante medirlo desde dentro, pero casi todos los parques madrileños de cierto tamaño cierran a partir de medianoche. Aun así, tomando medidas All-Sky alrededor de éste, nos permite analizar si en las direcciones hacia el parque existe un descenso en el brillo nocturno. Este parque ha sido elegido por ser el tercer parque más grande de Madrid (sólo por detrás de La Casa de Campo y el Parque Forestal Felipe VI), contando con 160 hectáreas de superficie, por tanto es un buen lugar para analizar esta posible influencia de zonas sin ningún tipo de emisión lumínica en ciudades. Téngase en cuenta que las medidas no han sido simultáneas, por lo que al compararlas entre ellas es razonable que aparezcan leves descensos en el brillo nocturno ocasionados por el transcurso de la noche.

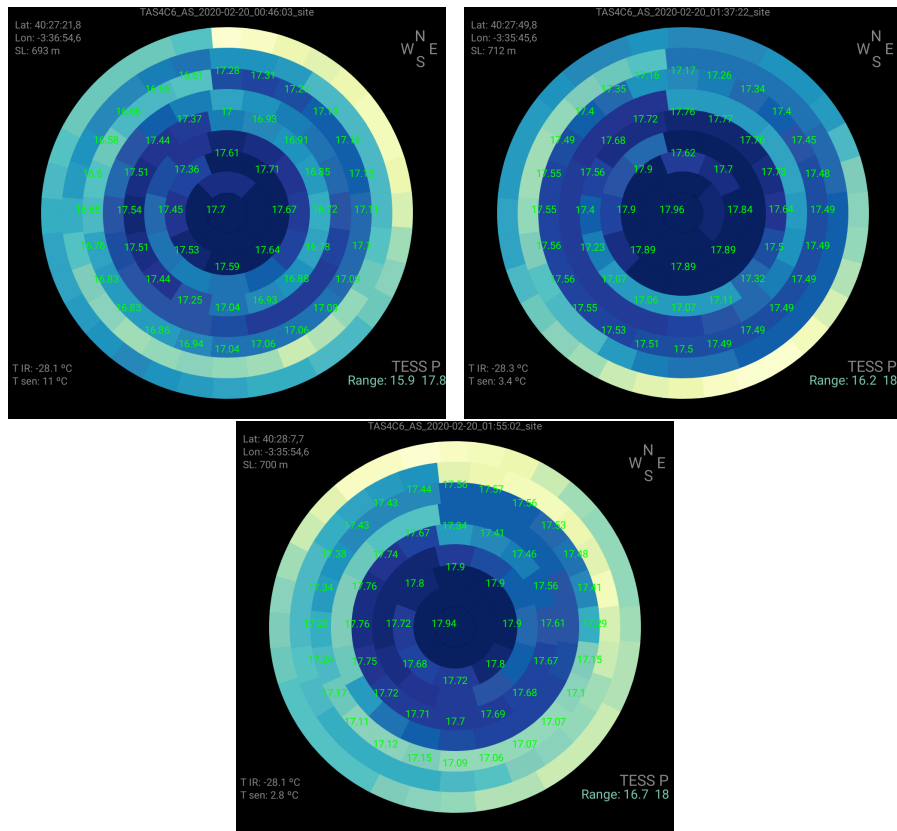


Figura 2: Mapeados del brillo nocturno para medidas en el parque Juan Carlos I

En la Figura 2 vemos los mapeados All-Sky para tres medidas cercanas en torno al parque Juan Carlos I. La idea era bordearlo para estudiar el efecto de apantallamiento lumínico provocado por la escasa presencia de focos lumínicos en el parque. Para poder situarlo con perspectiva y ver claramente así la influencia del parque, contruiremos un mapa situacional [Figura 3] de cada medida, superponiendo el mapa All-Sky construido en cada punto.

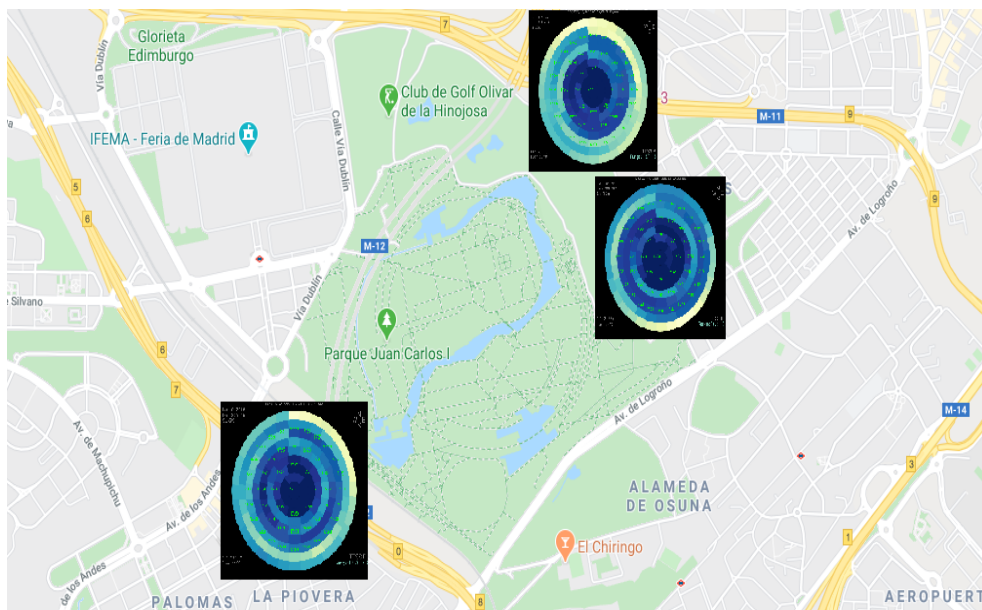


Figura 3: Mapa situacional de las medidas con mapeados All-Sky

Para las tres medidas encontramos alto nivel de brillo a ras de suelo. Es debido a que estamos en plena ciudad, y estos datos no serán muy útiles por la presencia constante de farolas emitiendo luz. Por ende, deberemos ascender por lo menos hasta los 40° para empezar a observar el cielo limpio de contaminantes puntuales cercanos y analizar así el efecto de la presencia del parque sobre el brillo nocturno.

La primera medida (esquina inferior izquierda) es bastante regular en cuanto a la distribución del brillo (descartando, como hemos comentado, en torno a 0°), no llegando a ser circunstancial la presencia del parque. Esto se debe a que de por sí se encontraba rodeada de una zona residencial de chalets bajos al sur y este, que no producen importante emisión lumínica. Aun así, si se observa una dirección privilegiada con menos brillo cuando nos acercamos al zénit.

Para la segunda (zona central del mapa), de nuevo descartando unas farolas al sur, sí se hace más notable la presencia del parque, reduciéndose de forma importante el nivel de brillo a partir de los 50° en la dirección noroeste. Habría que destacar también la presencia del aeropuerto de Barajas, que analizando la magnitud obtenida en el este y en el sur hay un claro aumento de brillo cuando alcanza los 40° de inclinación, es decir, cuando apuntaba directamente al cielo sobre el aeropuerto, situado a 3 km al este.

En la última medida (parte superior) también se hace presente este gran foco de contaminación lumínica que es el aeropuerto de Barajas, pues debido al empleo de potentes focos que iluminan directamente al cielo para orientar a los aviones, lo convierte en una fuente directa de contaminación lumínica.

Se observa, por tanto, grandes niveles de brillo nocturno en toda la zona este. Destaca también al norte, a ras de suelo, la presencia de la autovía M-11, que cuenta con un amplio despliegue de luminarias hacia la carrereta, que se harán notar en nuestras medidas durante los 10 primeros grados. Esta medida fue tomada desde lo alto de una loma, a diferencia de las otras dos, tomadas desde niveles más bajos. Por tanto el efecto del parque se hace notable únicamente apuntando al cielo sobre él, sobre los 50° de inclinación, donde observamos una caída en la magnitud hacia el sur.

Se ha observado por tanto un ligero decaimiento en el brillo nocturno en las direcciones del parque en los tres casos. Sin embargo, al estar tomadas las medidas dentro de la propia urbe de Madrid, es difícil que se aprecie realmente la influencia de zonas sin emisión lumínica, debido a las numerosas fuentes contaminantes cercanas, como el aeropuerto de Madrid-Barajas Adolfo Suárez, y a niveles bajos por la constante presencia de farolas.

4.2. Medidas durante el confinamiento

Debido a la pandemia del COVID-19, España fue declarada en estado de alarma, con un consiguiente confinamiento a nivel nacional para toda la población. Este hecho dificultó ciertos aspectos de este proyecto, como el mapeado de zonas exteriores alejadas de las grandes ciudades, pero surgió una rama interesante que analizar, y es que se trata de una ocasión sin precedentes anteriores para realizar un estudio sobre la contaminación lumínica en la propia urbe en confinamiento. Debido al cierre de negocios nocturnos, oficinas, carencia de tráfico, y no alumbrado de monumentos o edificios madrileños, hemos sido capaces de medir el impacto de estos factores en la contaminación lumínica. Cabe esperar una disminución del brillo del cielo nocturno durante esta temporada. Para ello, hemos analizado durante varias noches el cénit de la bóveda celeste desde mi azotea, situada en plena ciudad, lindando con la M30. Han sido medidas de larga duración para poder observar la evolución del brillo a lo largo de la noche. También, han sido comparadas con las medidas del TESS-stars1, situado en Coslada.

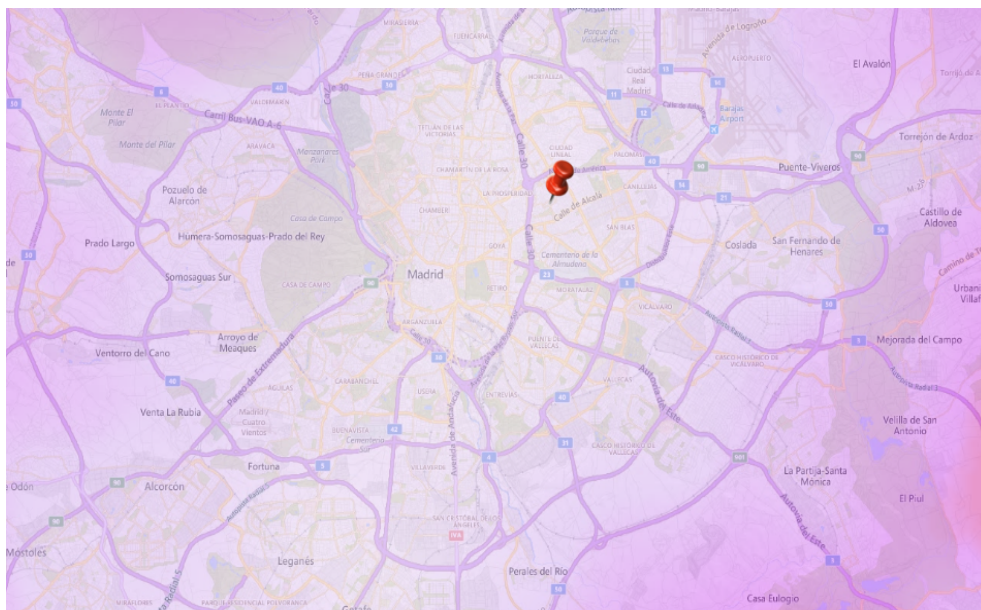


Figura 4: Localización de las medidas, en Barrio de la Concepción

Para tener perspectiva de la situación de mi azotea, en la Figura 4 vemos un mapa de contaminación lumínica de la ciudad de Madrid, obtenidas por World Atlas en 2015 [5]. Está indicada la situación de mi azotea, desde donde se tomarán todas las medidas durante el confinamiento. Vemos que está dentro de la zona de mayor brillo nocturno (zona del mapa más clara), con una magnitud de aproximadamente 17,60 a lo largo de esta extensa zona. Este será nuestro valor de referencia para la ciudad sin confinamiento.

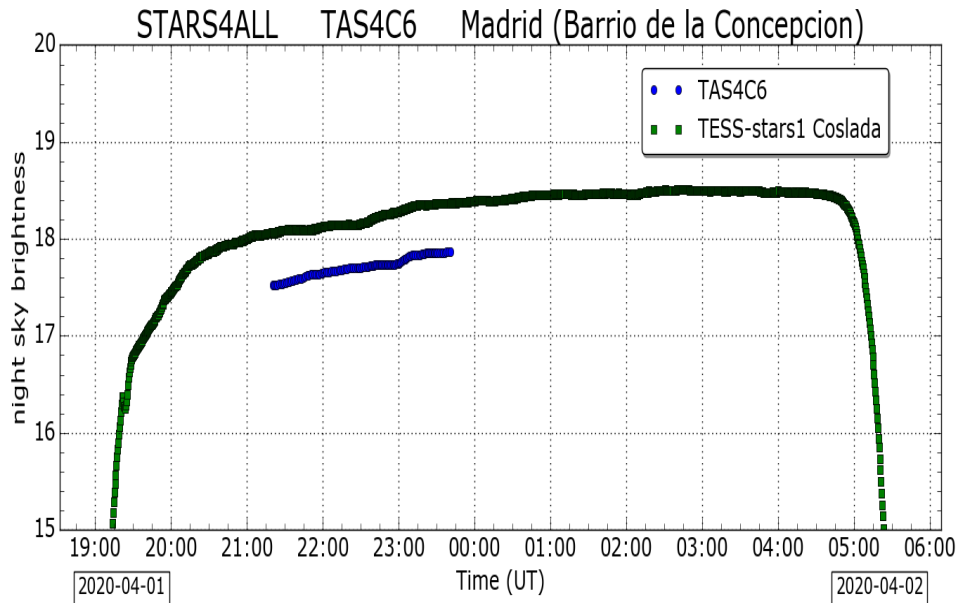


Figura 5: Barrio de la Concepción, 01/04/2020

Nuestra primera medida (Figura 5) fue 15 días tras comenzar el confinamiento. Observamos que para estas fechas tampoco es muy pronunciada la diferencia de brillos, pese a que ya se haya producido el apagón general. Al compararlo con Coslada, situada en el extrarradio de la urbe, es normal que sea más brillante en mi zona, tal y como podemos comprobar en la Figura 4, donde situamos a Coslada en una zona con aproximadamente medio orden de magnitud más.

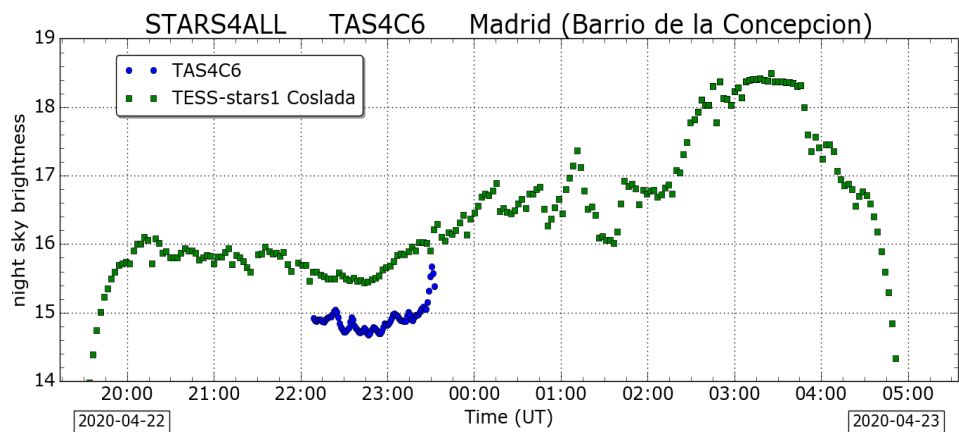


Figura 6: Barrio de la Concepción, 23/04/2020

En la Figura 6, 22 días después de la primera medida, vemos como fue una noche mucho más irregular, tanto desde Madrid como en Coslada. En comparación con la medida anterior, se observa mucho más brillo, obteniendo un máximo de magnitud 14,68 y un mínimo en brillo de 15,67. Esto hace una variación total entre el máximo y el mínimo de 0,99 magnitudes, que si comparamos con la medida del 01/04/2020, donde obtuvimos un intervalo de 0,34 entre el máximo y mínimo, es notablemente superior. Estos fenómenos se deben a la presencia de nubes medias y bajas, que provocan una importante reflectancia (con una caída en la magnitud de hasta tres magnitudes comparadas con una noche despejada) y por tanto mayor brillo nocturno. El efecto de las nubes también es notable con las importantes variaciones de magnitud a lo largo de la noche, pues cuando el cénit está despejado, el brillo en ese punto será menor, y de ahí que los intervalos más oscuros no coincidan en Coslada con los de Barrio de la Concepción. Sería improbable que se tratase de una fuente artificial de luz dado que los dos fotómetros están separados aproximadamente por 7 km, por lo que sí que pueden surgir claros diferenciados en el cielo a partir de nubes pequeñas que no cubran el cielo desde mi azotea hasta Coslada. Sin embargo, una fuente lumínica tan potente que haga en nuestro caso aumentar hasta casi una magnitud entre las 01:00 (tiempo local) y las 01:30, se notaría en cierta medida en Coslada, viéndose un ascenso también en la magnitud. Además, el hecho de que sea un aumento progresivo nos corrobora que se trata de claros en el zénit de mi azotea.

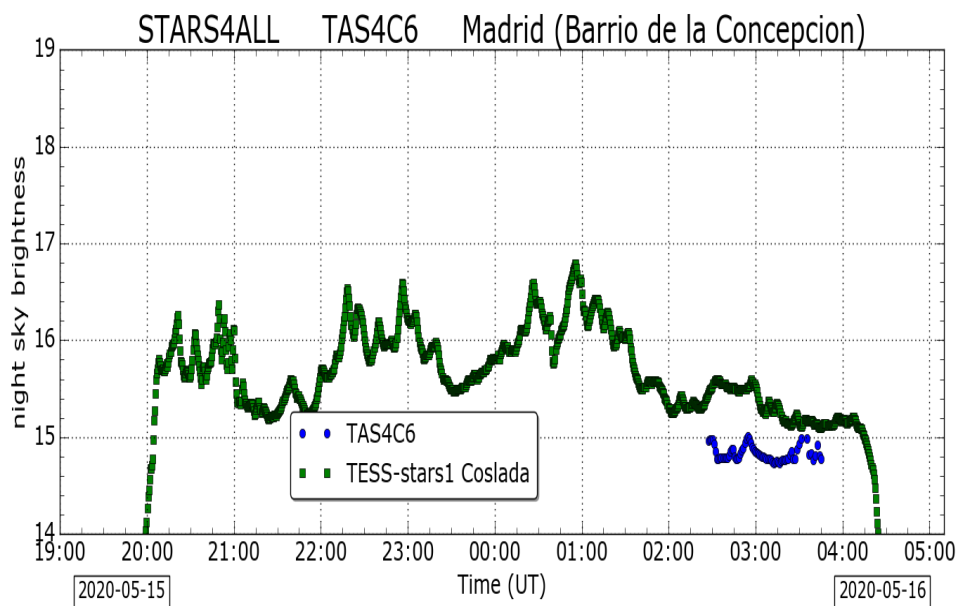


Figura 7: Barrio de la Concepción, 16/05/2020

En esta ocasión [Figura 7] hemos tomado medidas al final de la noche, en horas próximas al amanecer. De nuevo noche nublada, por lo que el nivel de brillo nocturno será bastante elevado, con una media durante mis medidas de 14.84 pero con importantes variaciones precisamente debido al efecto de las nubes. Comparándolo con las mediciones del TESS-stars1 de Coslada, de nuevo se nota la influencia de la centricidad de Madrid, aunque debido a efectos climatológicos llega a tener prácticamente el mismo nivel de brillo avanzada la noche.

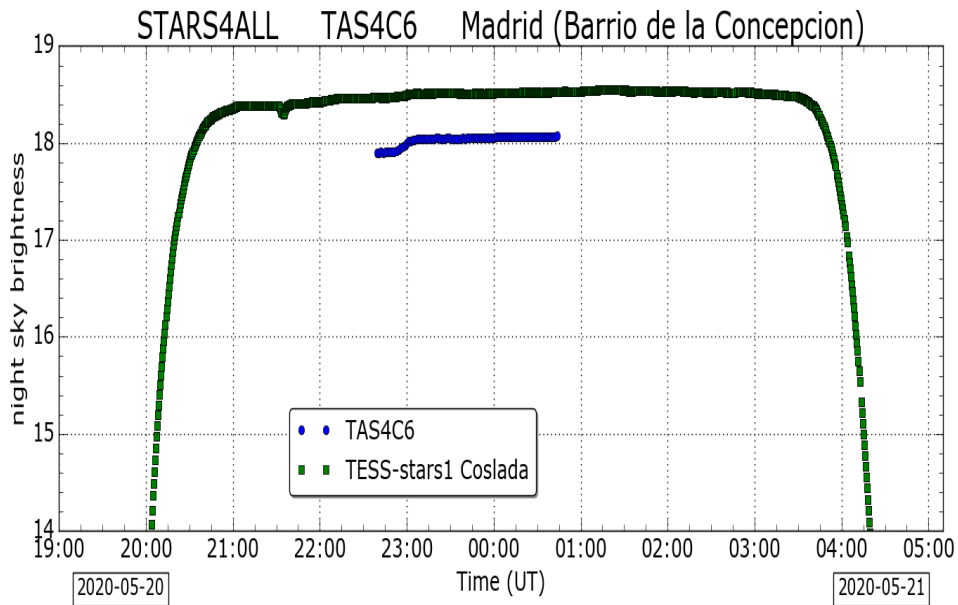


Figura 8: Barrio de la Concepción, 21/05/2020

En las medidas de la Figura 8 la cuarentena ya está más estabilizada, se puede apreciar definitivamente el descenso general en el brillo nocturno. Era una noche despejada, y por tanto encontramos unas medidas mucho más estables, únicamente alteradas por la propia profundidad de la noche, haciéndose progresivamente más oscura. Rebase la magnitud 18, pudiéndose apreciar un aumento más pronunciado sobre las 23:00, probablemente, y dada las características de la noche, provocado por el apagón de alguna fuente cercana, pues no se aprecia en Coslada y supone un incremento de 0.1 magnitudes. Además, al suceder en una hora tan concreta, como las 23:00, podríamos deducir que se trata de la hora del cierre de algún edificio de oficinas cercano, que acostumbran a dejar las luces encendidas un tiempo aunque estén vacías, probablemente por motivos de seguridad. Al noroeste de mi casa, a apenas 700 metros, se sitúa un complejo de oficinas en la Calle de Albacete, colindante con la M30 con edificios notablemente grandes. Podría provenir de esa zona esta pequeña variación.

La Figura 9 data del 10/06/2020, ya en Fase 2, con el desconfinamiento levantado. Desde mi barrio, varias fuentes lumínicas han estado operativas desde entonces, en especial el complejo de oficinas de la calle de Albacete comentado anteriormente, por lo que cabría esperar cierto aumento en el brillo nocturno. Esta noche fue especialmente nublada, así que la compararemos con los datos de la noche del 23/04/2020 (Figura 6), también nublada. Gráficamente observamos los mismos fenómenos en ambos días producidos por las nubes, explicados anteriormente. Sin embargo, existen destacables diferencias a nivel de brillo general medido. Para comparar ambos días de forma manejable, construimos una tabla en la que mostramos algunos parámetros que pueden resultar interesantes, como son la media, el máximo de magnitud obtenido, el mínimo y el intervalo total de variación de magnitud a lo largo de nuestras medidas.

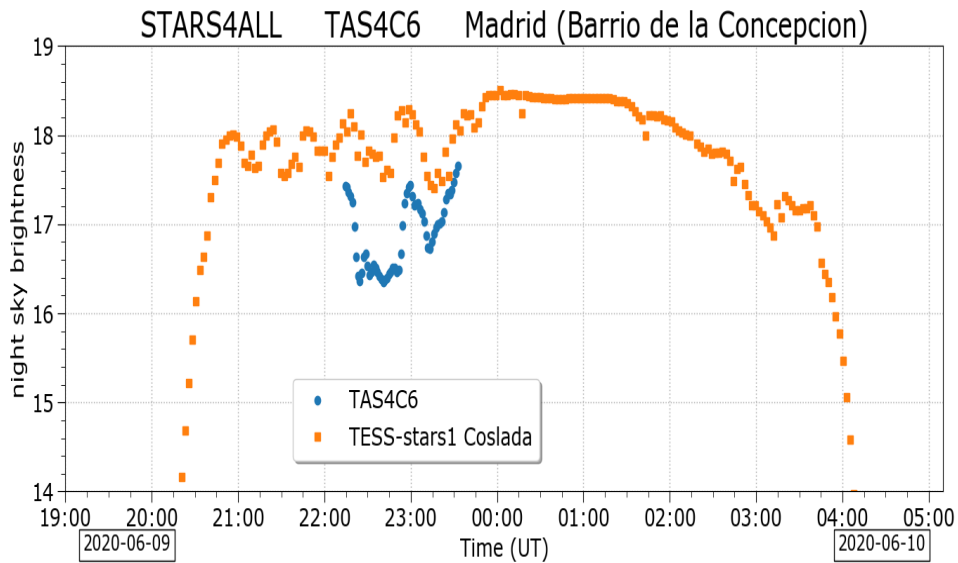


Figura 9: Barrio de la Concepción, 10/06/2020

| Día | Estado | Media | Máximo | Mínimo | Incremento |
|------------|---------------|-------|--------|--------|------------|
| 23/04/2020 | Confinamiento | 14.90 | 15.67 | 14.68 | 0.99 |
| 10/06/2020 | Fase 2 | 16.90 | 17.66 | 16.35 | 1.31 |

Cuadro 1: Comparativa entre mediciones de dos días nublados, durante y tras el confinamiento

A la vista de la media, el máximo y el mínimo, la magnitud ha aumentado considerablemente, entorno a 2 magnitudes, pudiéndose deber al efecto de la contaminación lumínica. También nos encontramos con un incremento entre máximo y mínimo mayor. Esto se puede deber a que al haber más contaminación lumínica, cuando se nubla el cenit esta reflejará más luz.

Sin embargo, debido a que el estudio de las nubes es muy complejo, no resulta muy concluyente comparar estos dos días, pues depende de muchos factores intrínsecos a la física de las nubes de ese día. Por ejemplo, el aumento tan considerable de brillo podría ser consecuencia tanto de la reactivación de industrias (es decir, a la contaminación lumínica) como de la presencia de nubes mucho más bajas o más reflexivas en un día que en otro. Por tanto, la situación más justa para realizar un estudio sobre como ha afectado la cuarentena a nuestros cielos, será en la situación imparcial del cielo completamente despejado.

En la Figura 10 tenemos una noche despejada y con Luna Nueva. Los datos están tomados al final de la noche y al amanecer. Vemos por tanto regularidad de brillo con la característica caída en magnitudes al amanecer, con apenas variaciones de entorno a las 18 magnitudes en un descenso progresivo y lento hasta que aparecen los primeros rayos de Sol, donde la caída es muy pronunciada, descendiendo hasta un cuarto de magnitud por minuto. Vemos también como en general Coslada tiene 0.5 magnitudes más, que de acuerdo con el mapeado de la Figura 4, que mide 17.62 magnitudes en Barrio de la Concepción y 18 magnitudes en Coslada, esta diferencia de aproximadamente media magnitud es la ocasionada según te vas alejando de Madrid Centro, donde se encuentran principalmente los focos de emisión lumínica. Por tanto, esta distancia comentada anteriormente de 7 kilómetros, es suficiente para disminuir en media magnitud el brillo celeste.

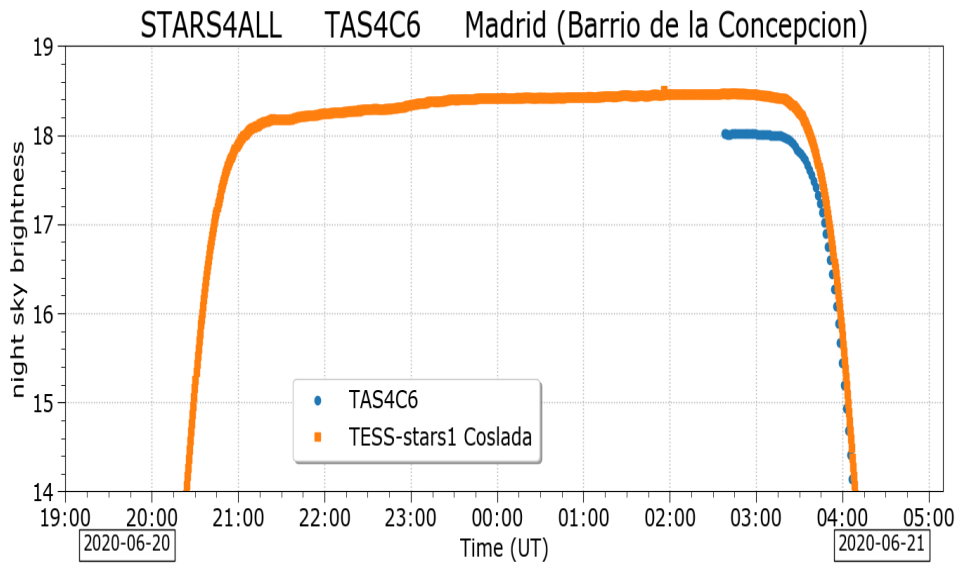


Figura 10: Barrio de la Concepción, 21/06/2020

De acuerdo a nuestro mapa de la Figura 4 habría que alejarse más allá de San Fernando de Henares (12,5 kilómetros aproximadamente) para disminuir el brillo en una magnitud completa desde Barrio de la Concepción; y unos 24 kilómetros para disminuir en dos magnitudes, alcanzando 19.76 magnitudes. Esta cantidad de brillo es incluso insuficiente para realizar observaciones de alto nivel, con motivo científico por ejemplo. Por tanto, esto nos pone en situación sobre la importancia de mantener nuestro cielo libre de emisiones lumínicas innecesarias, teniéndonos que alejar hasta más de 35 kilómetros del centro de Madrid para vislumbrar un cielo limpio de contaminación lumínica, y aun así existirían direcciones de observación (concretamente hacia Madrid) donde el cielo tomaría altos niveles de brillo debido a las emisiones de la propia ciudad, impidiendo la libre observación del cielo en esa región de la bóveda.

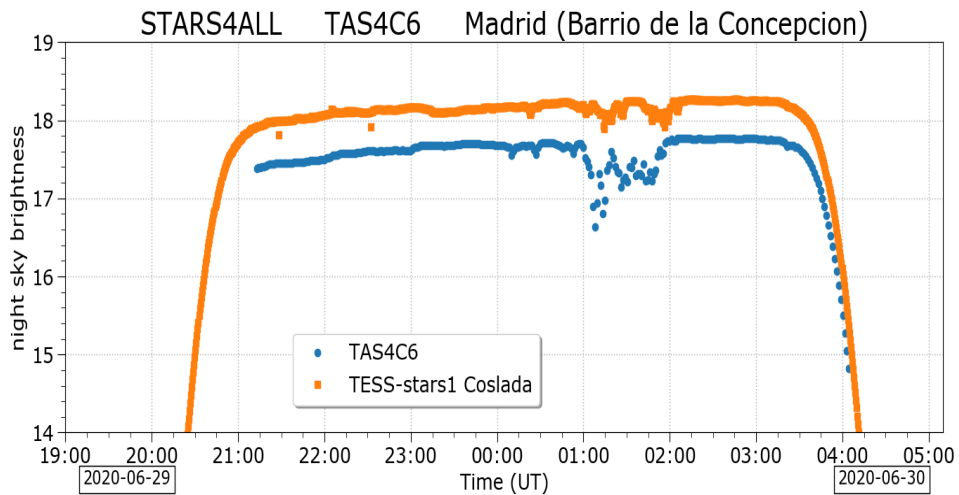


Figura 11: Barrio de la Concepción, 21/06/2020

Por último, en la Figura 11 tenemos medidas durante la Nueva Normalidad. Se trata de una noche despejada. Pese a que no esté la ciudad nocturna operativa tal y como lo estaba antes del confinamiento, pues ciertas medidas de la Nueva Normalidad implican el descenso de la vida nocturna, emplearemos estas medidas para sacar nuestras conclusiones sobre el impacto de un confinamiento para la contaminación lumínica. Vemos que aparece una caída importante en la magnitud alrededor de la 1:00 (UT), pero debido a que también se produce en Coslada no podemos descartarlo como fenómeno humano (por ejemplo, la iluminación directa del fotómetro).

Para comparar definitivamente todos los datos recopilados, construiremos de nuevo una tabla de valores, pero esta vez tomaremos las de los días despejados durante todas las etapas, pues no depende de factores que resultan muy variables como comentamos anteriormente para el aumento o descenso del brillo.

| Día | Estado | Media | Máximo | Mínimo | Incremento |
|------------|----------------------------|-------|--------|--------|------------|
| 01/04/2020 | Inicios del confinamiento | 17.72 | 17.87 | 17.53 | 0.34 |
| 21/05/2020 | Confinamiento estabilizado | 18.03 | 18.07 | 17.9 | 0.17 |
| 21/06/2020 | Fase 2 | 17.94 | 18.02 | 17.55 | 0.47 |
| 27/06/2020 | Nueva Normalidad | 17.59 | 17.77 | 16.63 | 1.14 |

Cuadro 2: Comparativa entre mediciones de días despejados, durante y tras el confinamiento y después del confinamiento.

Nótese que para los valores del 21/06/2020 hemos descartado los valores a partir de las 05:34, pues los efectos del propio Sol amaneciendo falsean la media, así como el mínimo e incremento de magnitudes obtenido. También descartamos los valores del comienzo del amanecer de la medida del 27/06/2020.

Como podemos apreciar del Cuadro 2, existe una disminución del brillo nocturno durante el confinamiento. En nuestra medida en los inicios del confinamiento ya se apreciaba una magnitud menor que la obtenida vía satélite (Figura 4) de 17.60. Aun así, esa diferencia es bastante leve de unas 0.12 magnitudes. Con el confinamiento estabilizado hemos obtenido la medida de brillo más oscura de todas, que difiere esta vez de 0.43 magnitudes, una cantidad considerable teniendo en cuenta que el mayor foco de emisión lumínica de la ciudad realmente es el alumbrado de la vía pública, como comentamos anteriormente. En la Fase 2 resultó un brillo del cielo bastante parecido al de un mes atrás, un poco menos oscuro. Y finalmente, con la Nueva Normalidad, y la reimplantación de actividades típicas de ocio nocturno, así como la vuelta al alumbrado de edificios emblemáticos, oficinas y el aumento de tráfico, volvemos a caer a los 17.59 magnitudes de media, muy similar a la mostrada en nuestro mapa de polución, y por tanto los niveles normales de contaminación lumínica para esta zona de Madrid.

En definitiva, asumiendo que hemos vuelto a estabilizarnos en las 17.60 magnitudes, hemos podido apreciar a lo largo del confinamiento como ha afectado a nuestros niveles de contaminación lumínica, donde en nuestro máximo medido hemos llegado a sobrepasar las 18.00 magnitudes, que de acuerdo a las mediciones de la Figura 4, se obtienen más allá de la M40 en la zona Este de Madrid, distando de mi localización más de 5 kilómetros, tratándose por tanto de una más que notable disminución del brillo nocturno.

5. Conclusiones

Si de algo ha podido servir este confinamiento aparte de frenar la propagación del COVID-19, es para darnos cuenta de la influencia directa del día a día que llevamos a cabo los seres humanos en la naturaleza. Hemos podido contemplar desde nuestras casas la repercusión más directa de nuestro estilo de vida en el entorno. Desde el comienzo de éste, han circulado multitud de imágenes, en las que en apenas unas semanas de confinamiento, parques urbanos se poblaban de animales, en carreteras y paseos brotaban hierbas de cada resquicio del suelo, la calidad del aire en la ciudad aumentando a niveles nunca vistos, y así podríamos seguir viendo la repercusión humana en nuestro entorno.

Desde el Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica de la Universidad Complutense hemos querido ahondar en este tema desde nuestro prisma, mirando al cielo y observando el brillo nocturno. Hemos descubierto que pese a que el confinamiento no significara un apagón en la ciudad, pues la iluminación de las vías públicas de la urbe continuó operativa, siendo el principal agente emisor de contaminación lumínica en Madrid, sí que hemos podido notar y medir estas posibles variaciones en el cielo provocadas directamente por los ciudadanos de Madrid. Esto quiere decir que nuestro estilo de vida en condiciones normales atenta directamente a nuestro propio derecho de observar el cielo nocturno. Por tanto, pese a que las grandes medidas que se puedan tomar al respecto deben ser impulsadas por ayuntamientos, como la implementación de lámparas de LED en vez de Sodio y la optimización en el alumbrado de las vías públicas, hemos visto que a lo largo de estos meses nuestro propio estilo de vida nocturno, que conlleva alumbrado de negocios como discotecas o bares, iluminación de monumentos, estadios o edificios de oficinas, implica de por sí un aumento en el brillo nocturno. Por tanto, si queremos un cielo limpio y libre de brillo innecesario, deberemos empezar por concienciarnos nosotros mismos al respecto, el ciudadano de a pie. Pese a que las diferencias no sean muy pronunciadas, al final, como cualquier cambio de paradigma como lo fue la tendencia climática, este debe realizarse localmente para actuar globalmente. Los gobiernos igual que se mostraron reticentes a las medidas contra el Cambio Climático en un principio, hasta que el problema de la contaminación lumínica no sea interiorizado en el subconsciente social, los propios que tienen mayor poder de solución en el tema, aquellos que se negaban a aceptar el Cambio Climático, no tomarán las medidas necesarias y exigibles, las medidas que nuestros cielos, Patrimonio de la Humanidad, necesitan, y cada día más.

6. Bibliografía

Referencias

- [1] *[En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>*
- [2] *[En línea]. Disponible en: <https://www.meteogalicia.gal/datosred/infoweb/caire/pdfs/DeclaraciondeIaPalma>*
- [3] FRANK A LA SORTE, DANIEL FINK, JEFFREY J. BULER, ANDREW FARNSWORTH y SERGIO A CABRERA-CRUZ, *Seasonal associations with urban light pollution for nocturnally migrating bird populations.*
- [4] *[En línea]. Disponible en: <https://nixnox.stars4all.eu/>*
- [5] *[En línea]. Disponible en: <https://www.lightpollutionmap.info/>*