

# Gasto en alumbrado público y la contaminación lumínica asociada en España y Andalucía

Alejandro Sánchez de Miguel<sup>1,2,3</sup> y Susana Martín-Ruiz<sup>3</sup>

1. Environment and Sustainability Institute, University of Exeter, Penryn, Cornwall TR10 9FE, UK;
2. Dept. Física de la Tierra y Astrofísica, Instituto de Física de Partículas y del COSMOS (IPARCOS), Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain
3. Instituto de Astrofísica de Andalucía, Glorieta de la Astronomía, s/n, 18008 Granada, Spain

Versión 1.0

*Descargo de Responsabilidad: Los datos aquí referidos e interpretaciones son de acuerdo con la información actualmente disponible por los investigadores y puede sufrir cambios según se reciba retroalimentación por parte de diferentes actores. El único propósito del mismo es hacer más accesible información disponible para los investigadores, para una toma de decisiones basadas en la mejor información disponible. Cualquier error o falta de información relevante, será enmendada en futuras versiones del presente documento. O futuros documentos.*

## Introducción

La estimación del gasto en alumbrado público en España hasta hace 36 años era prácticamente trivial. El Ministerio de Industria realizaba estadísticas sobre este parámetro desde tiempo inmemorial. Los primeros registros que actualmente tenemos son del siglo XIX y en algunas capitales, como Madrid, podemos incluso remontarnos al siglo XVIII. Sin embargo, conocer este parámetro en los últimos 36 años se ha convertido en prácticamente un arte.

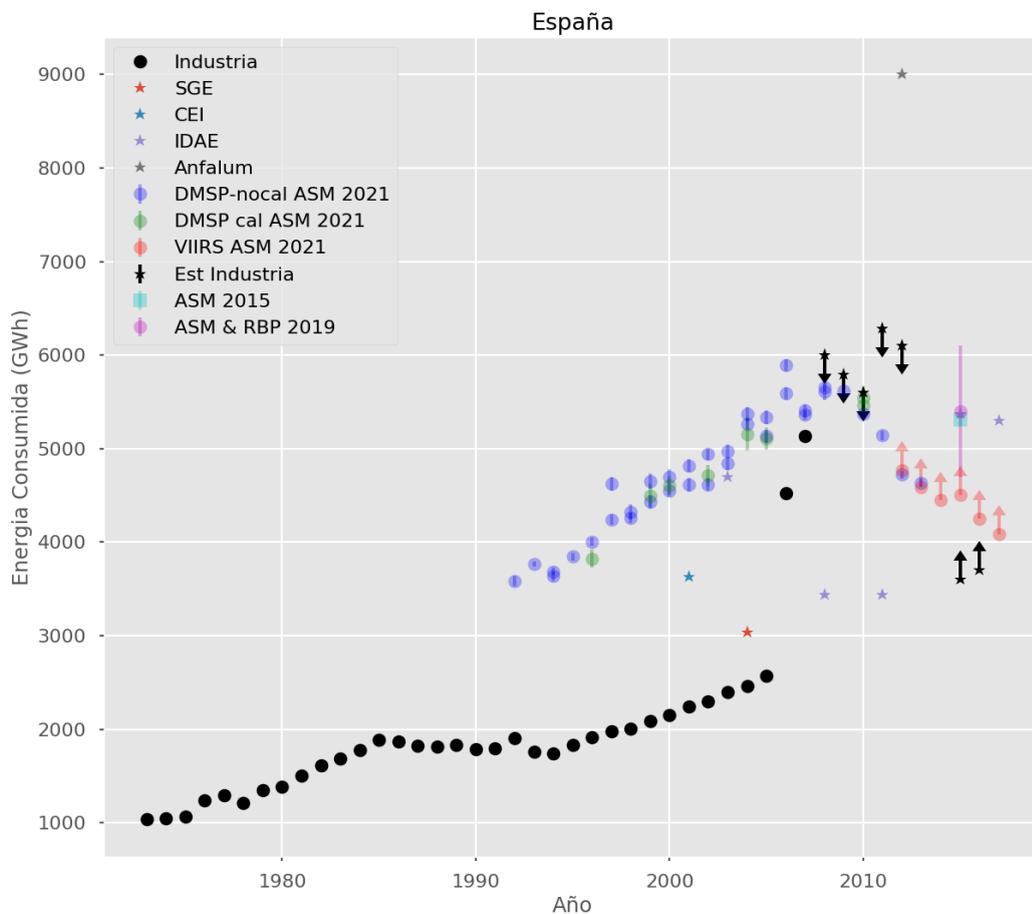


Figura 1: Resumen de estimaciones de gasto energético en alumbrado público. No se incluyen las estimaciones de Sánchez de Miguel y col. 2014 por simplicidad y ser redundantes con las del presente trabajo.

No disponemos de datos fiables nacionales a partir del año 1986, debido a que a partir de ese año los ayuntamientos empezaron a poder cambiar su regulada a una de libre mercado por volumen. En aquel momento, sin percatarse de ese problema, el sistema de encuestas del Ministerio de Industria empezó a fallar. Por fortuna, este cambio no se realizó en todo el país, solo afectó a algunas provincias.

Durante este tiempo, diferentes metodologías se usaron hasta 2009 para medir el gasto energético. Mientras que para el año 2001 el CEI publicó una estimación de 3.629 GWh (Sánchez Vera 2014), el IDAE en su “Propuesta de Modelo de Ordenanza Municipal de Alumbrado Exterior para la Protección del Medio Ambiente mediante la mejora de la Eficiencia Energética” elevaba este valor a 4.700 GWh. Por otro lado, la Secretaría General de la Energía, en su documento “La Energía En España 2004” estimaba el valor en 3.035 GWh. Más adelante, en 2008 el IDAE estima el gasto energético en 3.440 GWh y usa este dato por lo menos hasta 2011.

En el año 2007 desaparece la tarifa regulada de alumbrado público y, por tanto, hay una obligación de rehacer la encuesta del Ministerio de Industria al igual que revisar el dato de 2006 al alza. Los datos fueron publicados en 2009. En el año 2012 en el libro “La eficiencia energética en el alumbrado” de Javier Calonge se citan dos fuentes: la Universidad Complutense de Madrid y la Asociación de Fabricantes de Iluminación (ANFALUM), estimando esta última un gasto de 9000 GWh. Por desgracia, a partir de esta fecha, el Ministerio de Industria deja de publicar datos desagregados de gasto en alumbrado público y lo integra en el gasto de la administración, rompiendo una serie histórica de más de 100 años. Aun así, los datos siguen siendo útiles, ya que sustrayendo el gasto de las administraciones y más adelante también de los aeropuertos después de la privatización de AENA, es posible calcular algunas cotas superiores e inferiores.

Alejandro Sánchez de Miguel durante el 2007 realiza un análisis de imágenes de satélite para la conferencia Starlight, donde encuentra una anomalía en los datos disponibles de España proporcionados por el IDAE a la Comisión Europea (Van Tichelen et al. 2007). A partir del año 2008, Alejandro Sánchez de Miguel junto con Jaime Zamorano, detectan el error del Ministerio de Industria y dan por bueno inicialmente el dato de la Secretaría General de la Energía de 2004; pero es en el 2009 cuando descubren la corrección en los datos del Ministerio de Industria y publican una nota de prensa. En el documento, llamado “El derroche energético en el alumbrado público de España ya es oficial”, ya se cita el error de los datos del IDAE y del Ministerio de Industria. En 2010, se publica una actualización del trabajo de 2009, como “Contaminación lumínica en España 2010” en la correspondiente Reunión Científica de la Sociedad Española de Astronomía.

Más tarde, en 2011, se publica la nota de prensa “El alumbrado público español, el de mayor gasto eléctrico por habitante en Europa” del que se obtienen los muy conocidos datos comparativos entre el gasto en alumbrado público de España, Alemania y Francia.

En 2014 (disponible online desde el 10 de diciembre de 2013), se publica Sánchez de Miguel y col. 2014 donde realiza un análisis detallado de los datos del Ministerio de Industria de 2007 y encuentra algunas anomalías, pero valida la mayoría de los datos. Además, usando los datos no afectados del resto de la serie histórica, calcula la calibración empírica del satélite DMSP y del primer dato de VIIRS, calculando así un valor del gasto en alumbrado público de 2012.

En el año 2014, Sánchez de Vera, en el que estima el gasto en alumbrado público en 5.370 Gwh.

En principio, las metodologías de Sánchez Vera y Sánchez de Miguel son diametralmente diferentes, por tanto, aunque la coincidencia en fechas es muy poco probable, los resultados de uno y otro refuerzan la fiabilidad de los datos a esa fecha, si bien existen algunas discrepancias sobre la metodología.

Al año siguiente(2015), se publica un dato actualizado en la tesis doctoral “*Variación espacial, temporal y espectral de la contaminación lumínica y sus fuentes: Metodología y resultados*” por Sánchez de Miguel.

En el año 2017, Sánchez de Vera realiza una corrección de su estimación dejando el valor en 5.296 GWh.

Ese mismo año, Sánchez de Miguel y Benayas Polo, hacen una estimación usando una metodología mixta entre la metodología de Sánchez de Miguel 2015 y la de Sánchez Vera 2014, pero en vez de usar solo los datos de las Auditorias Energéticas del IDAE, como hace Sánchez Vera, usan los datos de la Encuesta de Equipamientos locales, los datos de los presupuestos de los Ayuntamientos y los datos del Satélite VIIRS de 2012. Este informe no será publicado hasta 2019.

No hay nuevas estimaciones del gasto en alumbrado público hasta el presente documento.

## Estimación del gasto actual en alumbrado público hasta 2017

Basándonos en el reciente artículo publicado por Sánchez de Miguel y col. 2021 en donde no se muestran estimaciones de gasto en alumbrado público sino potencia emitida, es posible poner cota inferior al gasto en alumbrado público de España. La razón de que no sea posible dar como buena esta estimación de manera directa, es debido al efecto producido por los LEDs blancos en las imágenes del instrumento VIIRS, en el que para un mismo nivel de iluminación, la señal de este satélite se puede ver reducida a un 50%. Esto fue demostrado en Sánchez de Miguel y col. 2019 para el caso de la ciudad de Milán.

La caída de consumo, probablemente se deba a la implantación de iluminación LED blancos, pero no puede atribuirse solo a esta causa ya que algunos ayuntamientos importantes como Madrid (ver Robles y col. 2021) o A Coruña (Coque y Lucas 2020) han llevado a cabo reducciones de potencia muy importantes usando lámparas de sodio de alta presión. Así mismo, caso similar es el de algunos municipios de las Islas Canarias que han usado tecnología LED ambar.

Para la estimaciones mostradas en el presente documento, se han calculado las emisiones nacionales de luz usando la conversión inversa entre radiancia y consumo en alumbrado público de Italia además de multiplicarlo por un factor 0.9 debido a la mayor eficiencia de las lámparas españolas. Según Van Tichelen y col. 2007, España tenía un porcentaje sustancialmente mayor de lámparas de sodio de alta presión que Italia.

Las cuotas derivadas de las estadísticas energéticas del Ministerio de Industria se han obtenido restando las contribuciones de los aeropuertos y otras administraciones desde el año 2007, suponiendo que las otras administraciones no habían hecho cambios significativos. Esa metodología no es viable a partir del año 2012, ya que para los siguientes años se supone lo contrario, que todo el ahorro energético ha sido en el alumbrado público, dando una cota inferior.

Actualmente, no es posible hacer una estimación del gasto en alumbrado público a fecha de 2021 dado que si bien los datos del satélite VIIRS están disponibles, es necesario realizar un análisis de los cambios en la calibración del VIIRS realizados por NASA en 2017. Una herramienta que nos puede ayudar a tener una idea de las tendencias locales puede ser la

desarrollada por Jurij Stare y C.C. M. Kyba (<https://lighttrends.lightpollutionmap.info/>) si usamos la opción VIIRS (zero point correction).

## Contaminación lumínica en España

La situación de la contaminación lumínica en España, hasta el año 2000 estuvo asociada principalmente al tipo de luminarias españolas que permitían una gran emisión de luz en el hemisferio superior de las lámparas; un ejemplo de ello es la farola tipo esférica, muy habitual en España. Otro importante factor fue la existencia de lámparas de vapor de Mercurio. Sin embargo, tras la prohibición de estas y la irrupción de varias organizaciones de protección del cielo como el Grupo para la Protección del Cielo y Cel fosc, así como la tarea de muchos otros grupos de concienciación de las agrupaciones astronómicas (como AstroCantabria, la Asociación Valenciana de Astronomía o la Sociedad Malagueña de Astronomía entre otras) y de personas a título individual, como David Galadí Enríquez o Ramón San Martín, o como parte de otras organizaciones como el IAA, hacen que la contaminación lumínica empiece a ser un problema nacional y no solo un problema de las Islas Canarias. No podemos olvidar que en esta Comunidad Autónoma ya desde el año 1979 había gran preocupación con este tema e incluso se creó en 1993 una Oficina para la Protección del Cielo (instituto de Astrofísica de Canarias).

Ya en el año 1999 se aprueba la primera ordenanza municipal sobre alumbrado público en Córdoba y como resultado de estas acciones, se suceden diversas reacciones legislativas como la Ley Catalana en 2001, la propuesta de ordenanza municipal del IDAE en 2002, La ley Navarra, la Cantabra, la de Castilla León, etc. Ese mismo año se aprueba la pionera ley catalana que se verá impugnada por no perseguir en su reglamento el verdadero objetivo de la ley.

Desde el año 2006 se realiza el proyecto de ciencia ciudadana IACO de conteo de estrellas, organizado por la SMA. En 2020 este proyecto evoluciona a la actual 'Vigilantes del cielo'.

En el año 2007, dentro de la ley de calidad del aire se indica, en una disposición adicional, que las administraciones públicas deberán reducir la contaminación lumínica.

En 2008, se publica el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, que si bien tiene unos niveles de iluminación muy superiores a los de gran parte del país, por primera vez pone un límite máximo a los mismos y el flujo hemisférico superior. Ese mismo año, debido al Plan E, se instalan una gran cantidad de alumbrado público que más tarde será abandonado durante la crisis. Algunas iniciativas reducen la contaminación lumínica.

En el año 2010, se aprueba la ley Andaluza, si bien será derogada por defecto de forma y también se realiza la instalación de lámparas de sodio de alta presión en el municipio de Puente la Reina con Flujo Hemisférico superior 0%. La irrupción de miles de aerogeneradores con balizas estroboscópicas blancas producen un gran impacto en la comunidad.

Desde 2011 el Gobierno de España empieza una campaña de eficiencia en alumbrado público en la que en principio la iluminación LED es uno de los protagonistas aunque según

los datos de ANFALUM, las ventas de LED no despegaron hasta el año 2014. Paradójicamente en el mismo año 2011 se crea la Fundación Starlight que empieza a certificar los cielos oscuros y promover el alumbrado sostenible en España.

Años más tarde, la DGT realiza un estudio y concluye que gran parte del alumbrado de carreteras no reduce la siniestralidad, y por tanto, decide apagar gran parte del parque de carreteras, con unos criterios estrictos para su iluminación. En el año 2014, ANFALUM usa datos erróneos de accidentes de carretera de la Comunidad de Madrid para demandar una mayor cantidad de alumbrado de carreteras.

En el año 2012, por ejemplo, se realizaron algunas de las pruebas de LED en el ayuntamiento del Soto del Real. A pesar de que se avisa al ayuntamiento del posible impacto ambiental, a los dos meses nos indican que ya se ha decidido por el IDAE y el CEI usar el material de SOCELEC. La instalación es de una temperatura de color alta, igual o superior a 4000K.

En el año 2013, la Ley de Impacto Ambiental establece la contaminación lumínica como uno de los parámetros a tener en cuenta. Aunque no detalla en qué casos esto es obligatorio, si detalla que si cualquier tipo de contaminación, afecta directa o indirectamente una reserva de la red natura 2000, necesita un estudio de impacto ambiental simplificado al respecto. Este hecho es ignorado sistemáticamente.

En 2014 se realizó otro cambio importante en Rivas Vaciamadrid. El cambio masivo que se realiza en Madrid capital es a LED de temperatura de color de 3000K pero solo en el 33% del alumbrado de la ciudad ya que en el 66% restante las lámparas pasan de sodio de 250W a sodio de 150W, tal y como ya había solicitado el Grupo de Cielo Oscuro de la Agrupación Astronómica de Madrid en el año 2000.

En el año 2015, se aprueba la nueva ley Catalana.

Otros cambios muy importantes y/o masivos se realizan en muchas capitales de provincia, como son Santander, Jaén, Albacete, Granada, Ávila, o en provincia de Ávila... durante los siguientes años. Uno de los cambios más ambiciosos se realiza en Valencia, con los llamados LEDs de Rus que acabaría siendo una estafa.

También la entrada de fabricantes nuevos sin muchos escrúpulos y de mala calidad, provoca que el IDAE junto con el CEI redacten un documento de 'Requisitos mínimos para lámparas LED'. Este documento es enmendado posteriormente ya que no permite la instalación del tipo de lámparas que se necesitan para la protección de los cielos de Canarias. Uno de los parámetros exigidos sin ninguna justificación aparente, es que los LED deben tener un índice de reproducción de color mayor o igual de 70.

En 2018, el CEI publicó el estudio "Posibles riesgos de la iluminación LED". Apenas se le da publicidad.

A partir de 2019, Philips decide dejar de fabricar las lámparas de baja presión de sodio, de uso principal en La isla de la Palma en España, a pesar aún hoy, las lámparas de mayor eficiencia del mercado. En principio, se mantiene la producción de las lámparas de alta

presión de sodio. Ese mismo año, Alejandro Sánchez de Miguel ofrece sus datos al IDAE y avisa que las ayudas del IDAE no tienen en cuenta el impacto del CO2 en la fabricación de los LED, ni el impacto ambiental en la fauna y flora. No obtiene respuesta.

En el año 2021, varios municipios informan a Cel Fosc que no es fácil el suministro de lámparas de sodio de alta presión mientras no ocurre en las grandes capitales. En la publicación de Robles y col. 2021 se muestra que, a pesar del cambio positivo de iluminación del Ayuntamiento de Madrid en los años 2014 y 2015, la calidad del cielo del Observatorio de la Universidad Complutense de Madrid se degrada continuamente hasta la fecha.

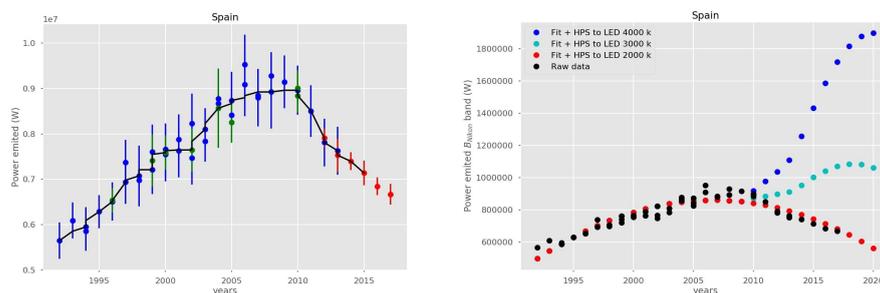


Figura 2. Dcha: En Verde los datos de DMSP calibrado, azul DMSP no calibrado, rojo VIIRS, negro estimación en base a gasto en alumbrado público. Izda: Evolución estimada según varios escenarios propuestos de tipos de LED.

## Los LED en alumbrado público en España

Una de las primeras referencias sobre alumbrado LED en cuanto a su impacto ambiental en España y su posible efecto rebote es de Sánchez de Miguel 2004. En la revista del CEI “Luces” se cita el alumbrado LED en varios números como una posibilidad, pero probablemente no se empieza a implementar de manera significativa hasta 2010. Algunas de las instalaciones realizadas en su inicio como las de Valdemaqueda, Quijorna o Dehesa de Guadix muestran graves defectos debido a que los LEDs no aguantan impactos o dejan de funcionar. Lo mismo ocurre con los LEDs de RUS.

Posteriormente, productos LED de mayor calidad irrumpen en las grandes ciudades a precios muy altos y no es hasta que el IDAE empieza a subvencionar estos cambios, su instalación se dispara. Por otro lado, las ESE o Empresas de Servicios Energéticos ofrecen a muchos de sus clientes LEDs como parte de sus contratos. Esto supone, en muchas ocasiones, quejas de los técnicos municipales y de los vecinos ya que al ser los LEDs inicialmente menos eficientes desde el punto de vista lumínico que las lámparas de sodio, solo queda bajar la potencia y reducir el Flujo Hemisférico Superior. En general, la mayoría de las instalaciones son de 4000K, hay más cálidas de 3000K, pero también de temperatura más frías de 4500K e incluso 5000K.

En algunos lugares como Las Rozas de Madrid y en la provincia de Soria, los niveles de iluminación se regulan hasta solo el 10% mientras que en otros, como la ciudad de Madrid, bajan hasta el 60%.

Actualmente, según el IDAE solo hay un 20% del parque de alumbrado público es LED aunque las estimaciones de Alejandro Sánchez de Miguel, indica que debe rondar al menos el 34%.

## Casos singulares a Nivel Nacional

### Ávila

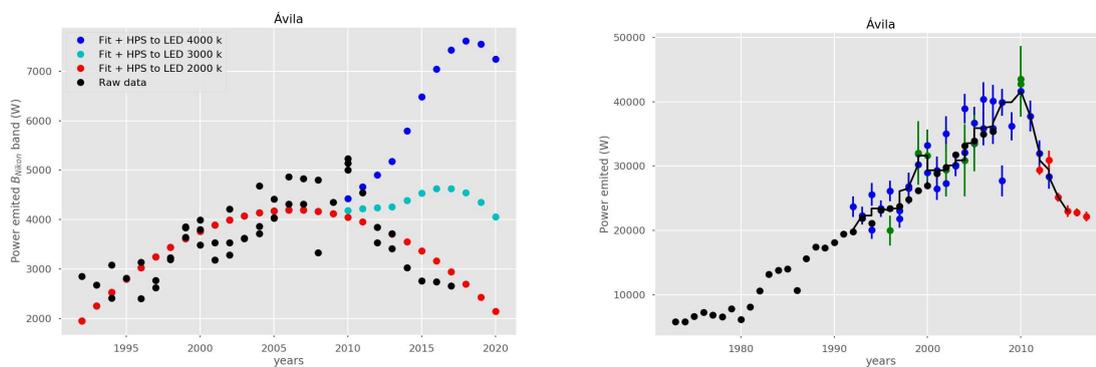


Figura 3. Dcha: En Verde los datos de DMSP calibrado, azul DMSP no calibrado, rojo VIIRS, negro estimación en base a gasto en alumbrado público. Izda: Evolución estimada según varios escenarios propuestos de tipos de LED.

La provincia de Ávila tiene una de las mayores caídas en los datos crudos de satélite. Esto se explica por la campaña masiva de transición a LED que se estableció en dicha provincia, empezando por su capital.

### La Palma

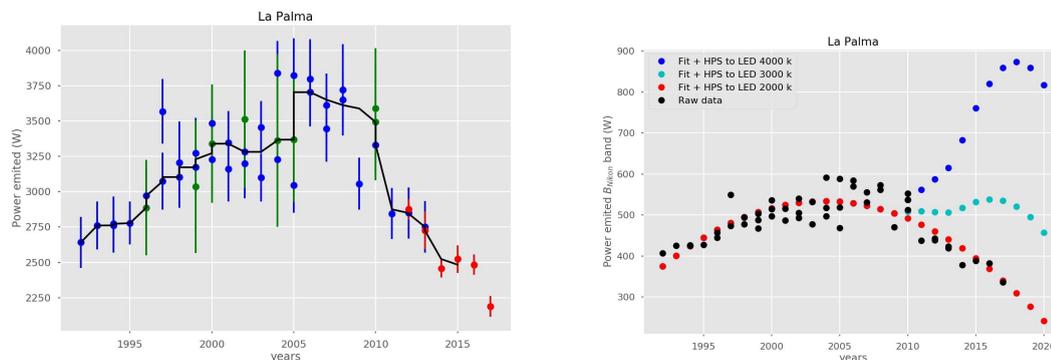


Figura 4. Dcha: En Verde los datos de DMSP calibrado, azul DMSP no calibrado, rojo VIIRS, negro estimación en base a gasto en alumbrado público. Izda: Evolución estimada según varios escenarios propuestos de tipos de LED.

Dado que en la Palma están prohibidos los LED de más de 2000K, es el único lugar de España en que está garantizada la reducción de luz azul emitida debido a la aplicación de la Ley del Cielo desde 1988.

## Soria

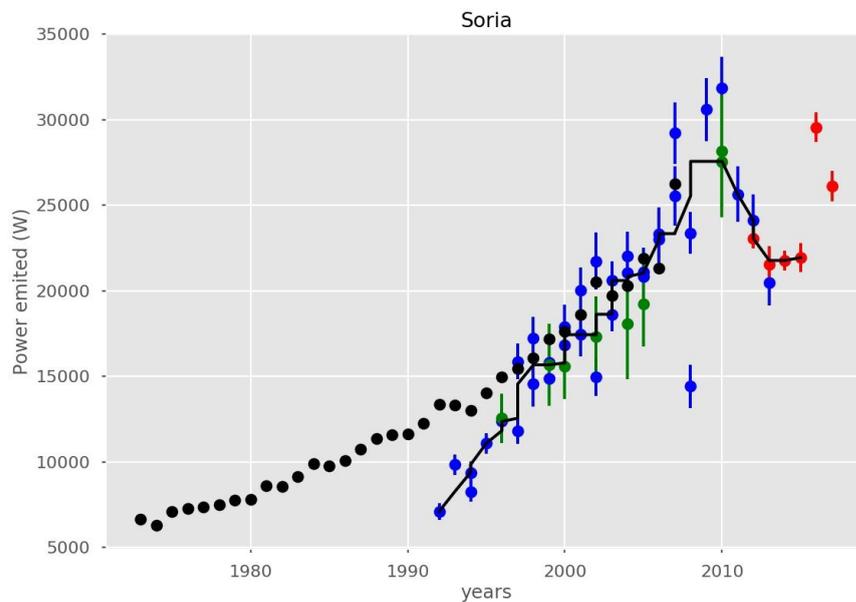


Figura 5: En Verde los datos de DMSP calibrado, azul DMSP no calibrado, rojo VIIRS, negro estimación en base a gasto en alumbrado público.

Probablemente con Teruel una de las provincias en las que hasta 2010 más creció la contaminación lumínica. Empezó a bajar en 2010 pero la instalación de un invernadero ha hecho subir la contaminación de manera muy notable en los últimos años.

## Andalucía

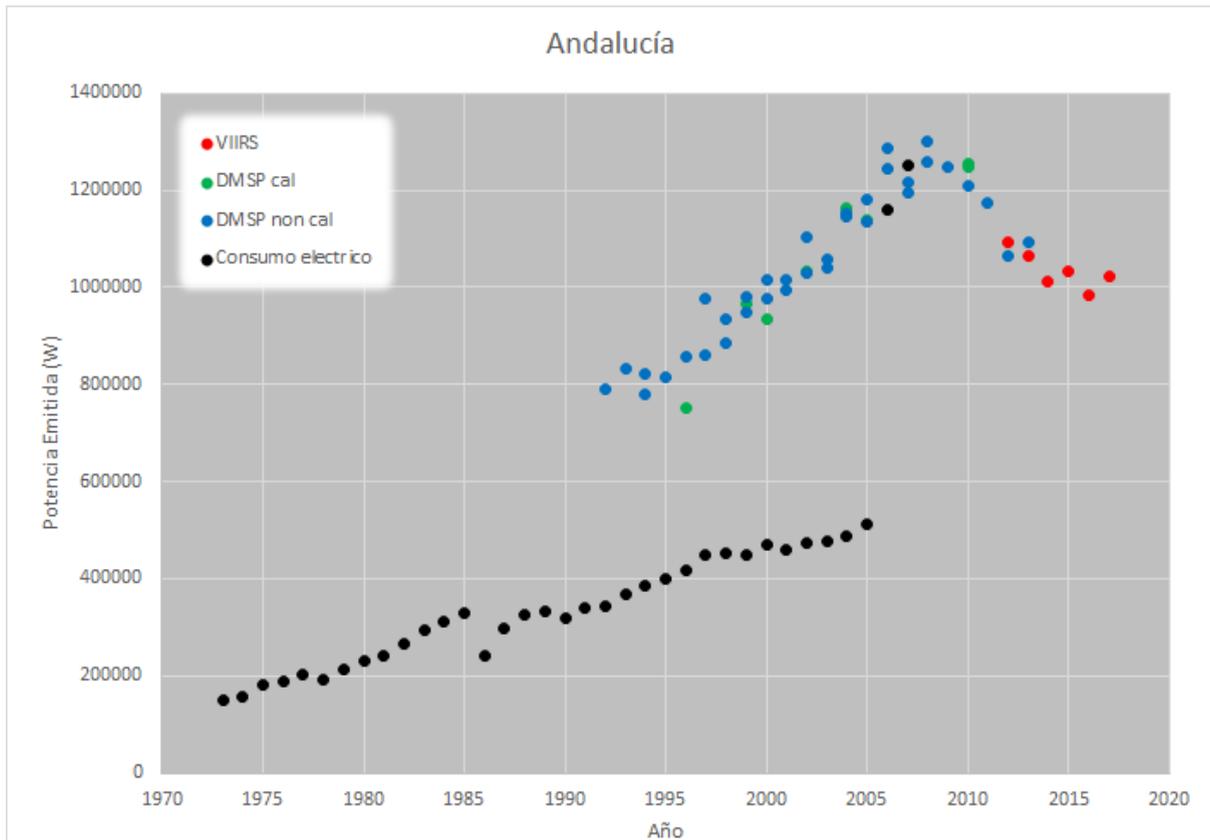


Figura. 6: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LEDs. (Créditos: Elaboración propia con datos de Sánchez de Miguel y col. 2021).

Desgraciadamente no hay datos fiables de gasto en alumbrado público en Andalucía en las estadísticas nacionales del Ministerio de Industria desde 1985 a 2006. La Figura 6 muestra una aparente bajada del consumo entre 2008 y 2012. A partir del 2012, los datos de emisiones no son fiables debido a los LEDs como se explica en Sánchez de Miguel y col. 2021.

No se incluye proyección para Andalucía debido a la disparidad de implantación de LEDs en las diferentes provincias andaluzas, sin embargo, el crecimiento de la contaminación lumínica podría llegar a ser, teóricamente, hasta de un 200% en la banda azul. Esta estimación exagerada del límite superior, que esperamos que no se alcance, es debida a que en el pasado se ha subestimado el impacto de la contaminación lumínica inicial.

De manera general, la validación de esta tendencia está siendo evaluada actualmente por el IAA-CSIC usando imágenes de la Estación Espacial Internacional.

## Provincias andaluzas

Estudio por provincias:

# Jaén

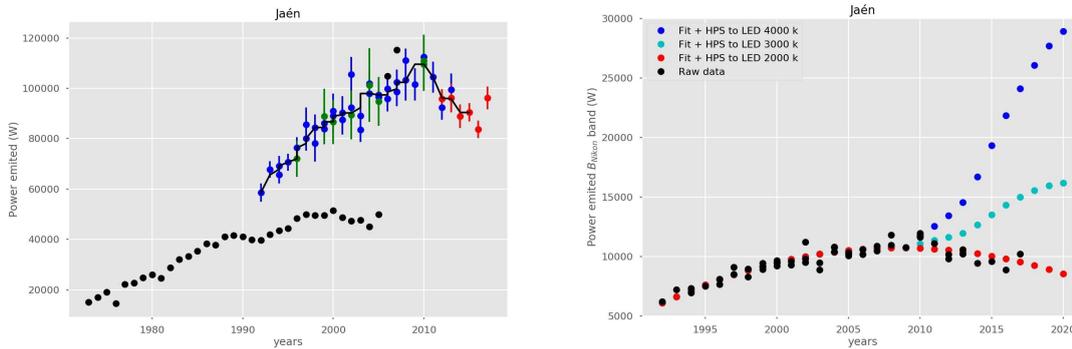


Figura 7. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LEDs.

Como se puede comprobar en la provincia de Jaén tiene una caída destacable de la intensidad entre el año 2010 y 2016, con un repunte en 2017. Sin embargo, en los datos de VIIRS de años siguientes no muestran tal incremento (Figura 8). Como muestra la Figura 9 la capital sufrió un cambio total de iluminación que potencialmente podría ser muy negativo por usar temperaturas de color superiores a los 3000 K (recomendados hasta 2020). En el resto de la provincia nos consta que ha intentado cambiar su política y los cambios se han producido usando LEDs de 3000K o inferior.

Tal y como se describe en Sánchez de Miguel y col. 2021, puede que esto sea insuficiente para compensar las emisiones azules y los nuevos datos de la ISS del área de Jaén provincia nos ayudarán a comprobar si efectivamente es así.

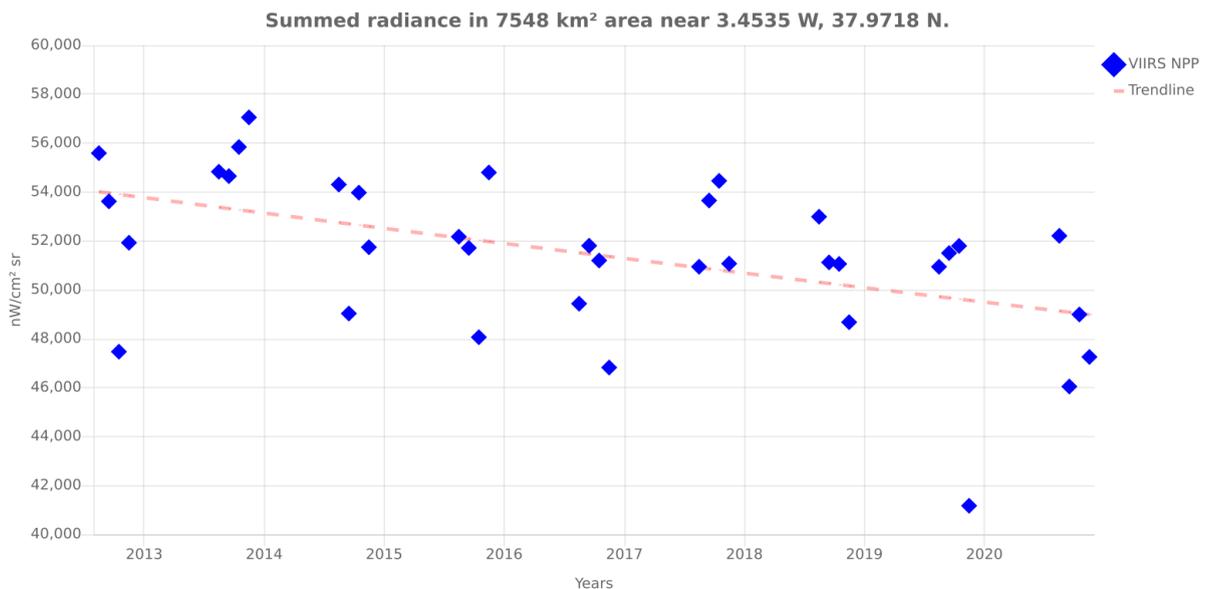


Figura 8. Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Jaén (Kyba y Stare 2021)

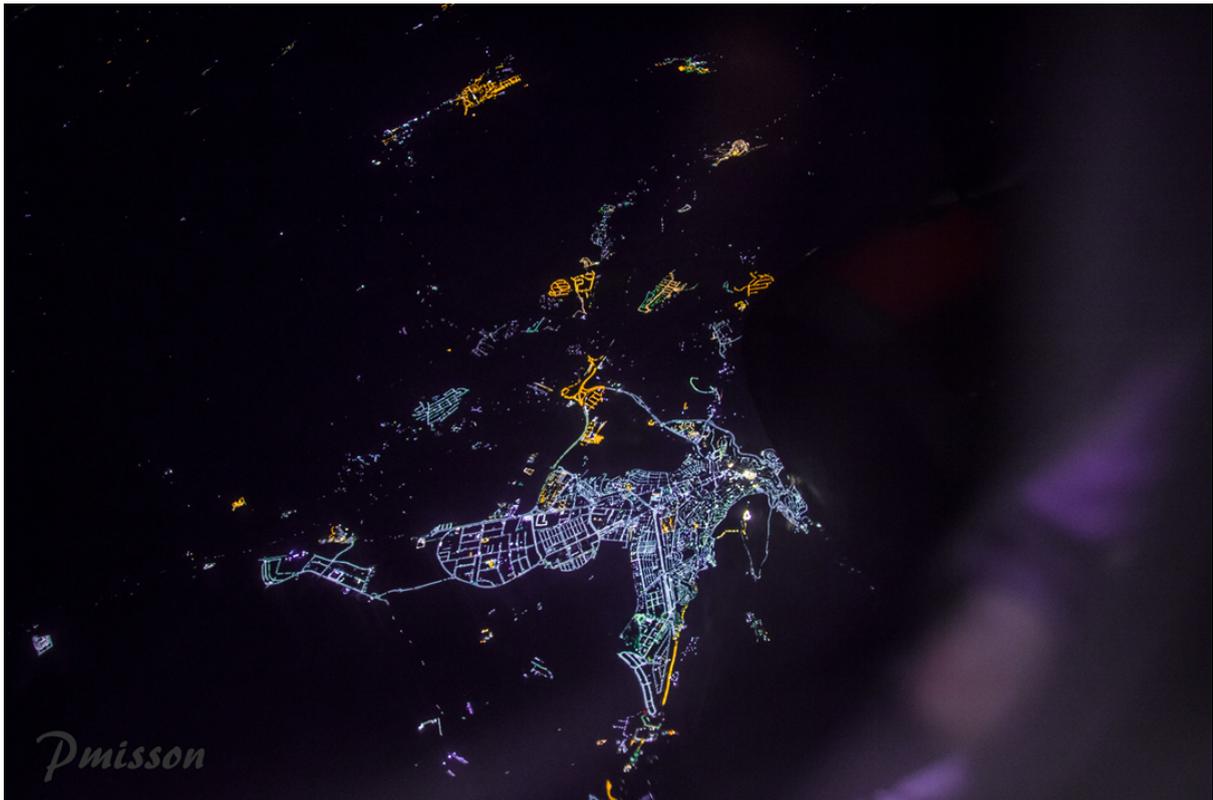


Figura 9: Imágen aérea de Jaén capital y alrededores. El color azulado de la capital, se debe a la instalación de LEDs blancos de temperatura de color superior a 3000K. (Créditos: Alejandro Sánchez de Miguel)

## Granada

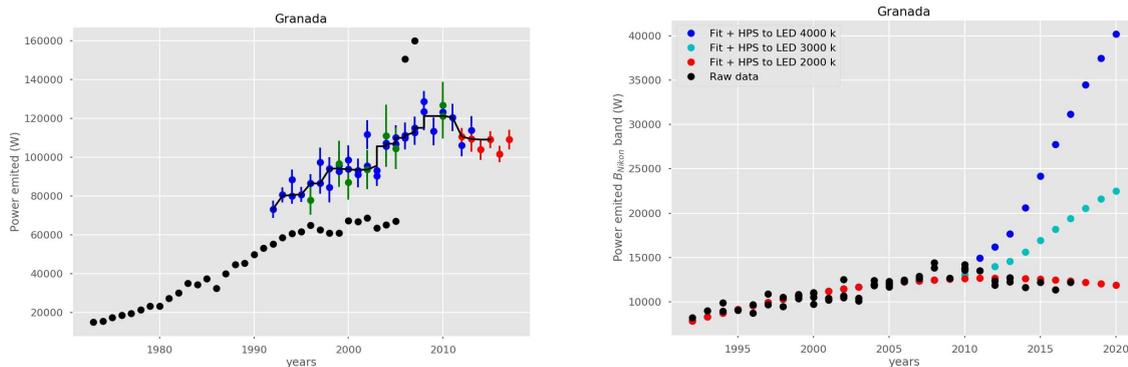


Figura 10. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

Gracias a la Figura 11, se puede ver que Granada en general se ha mantenido estable en los últimos años. Esta no tendencia, no es una buena noticia ya que tenemos constancia de instalación de tecnología LED en varias zonas de Granada de temperaturas de color entre 2700K y 5000K que solo contaminan más que las tecnologías actuales.

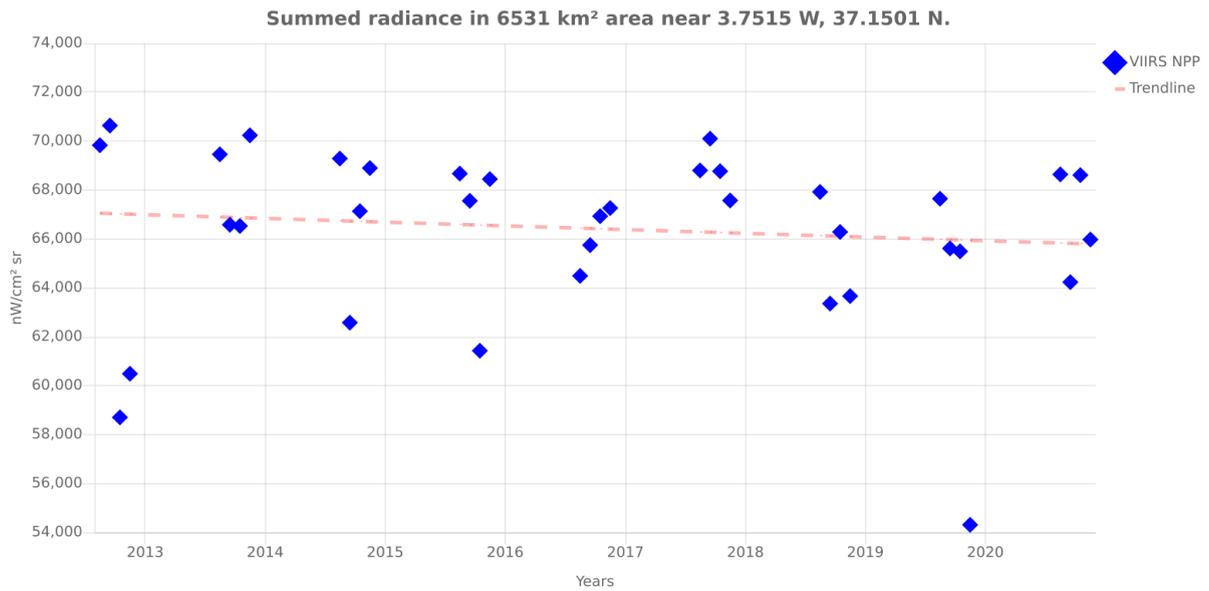


Figura 11: Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Granada (Kyba y Stare 2021)

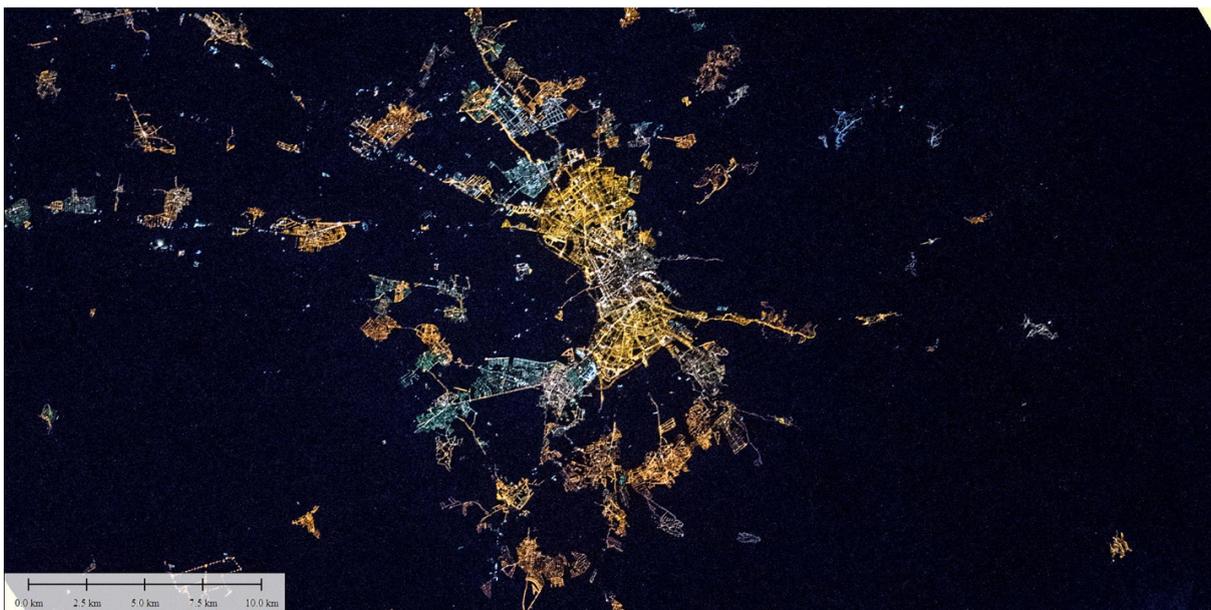


Figura 12: Imágen de Granada desde la Estación Espacial Internacional. Los detalles blancos y azulados muestran una transición a LED blancos importante en la ciudad de Granada y varios de sus municipios de su área metropolitana. (Créditos: A.Sánchez de Miguel/NASA/ESA).

## Almería

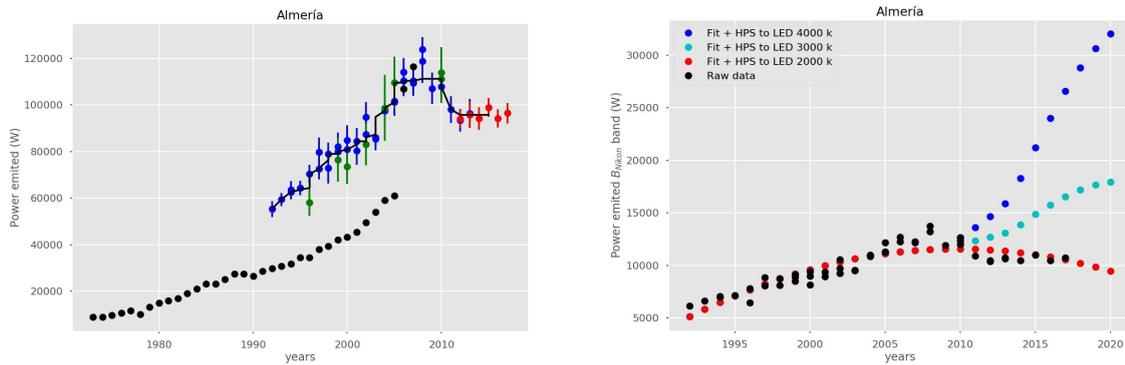


Figura 13. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

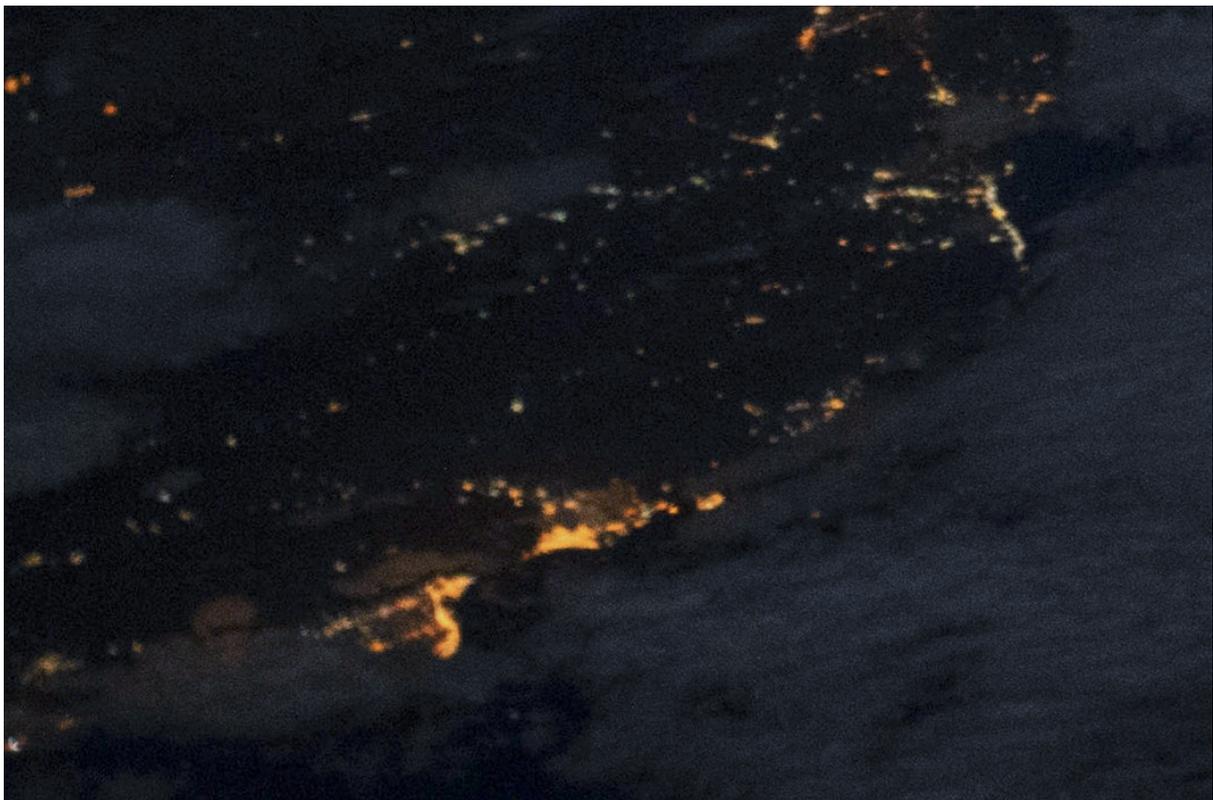


Figura 14: Imágen de Almería desde la Estación Espacial Internacional. Los detalles blancos y azulados muestran una transición a LED blancos importante en la costa este y centro de la provincia. Créditos: A.Sánchez de Miguel/NASA/ESA

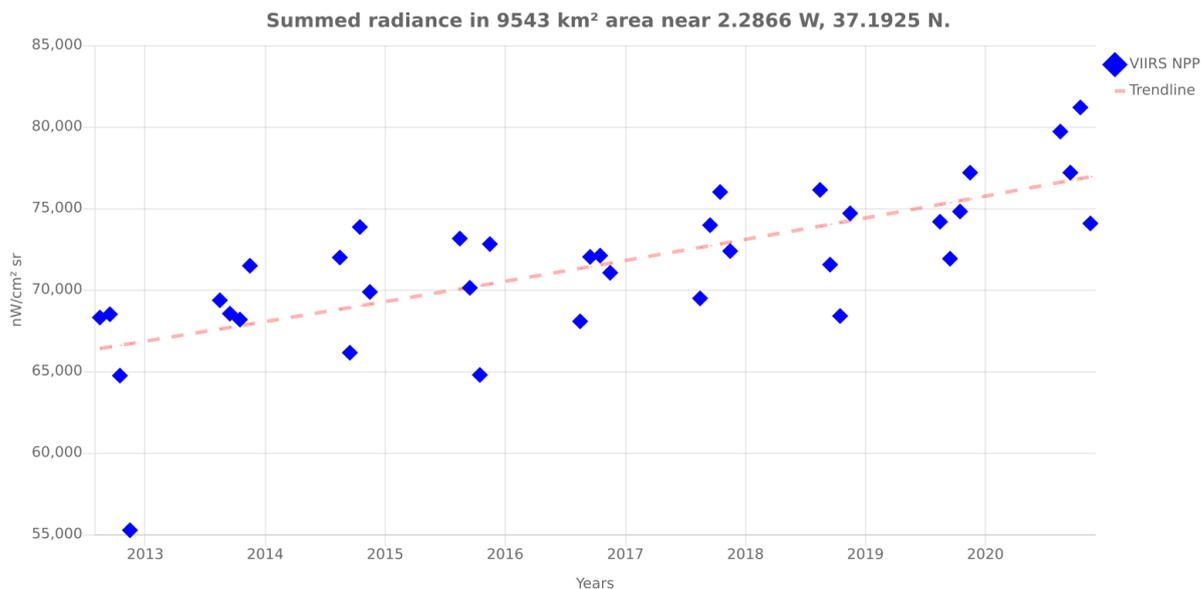


Figura 15: Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Almería (Kyba y Stare 2021).

Los datos de Almería son muy preocupantes ya que, aunque no se han detectado hasta la fecha afecciones significativas en el Observatorio de Calar Alto, la tendencia es negativa. No solo por que es la única provincia que aparentemente sigue creciendo en los últimos años, sino que también presenta una cantidad importante de alumbrado de color blanco en áreas como el parque natural de Cabo de Gata y otras reservas naturales (Figura 14).

## Córdoba

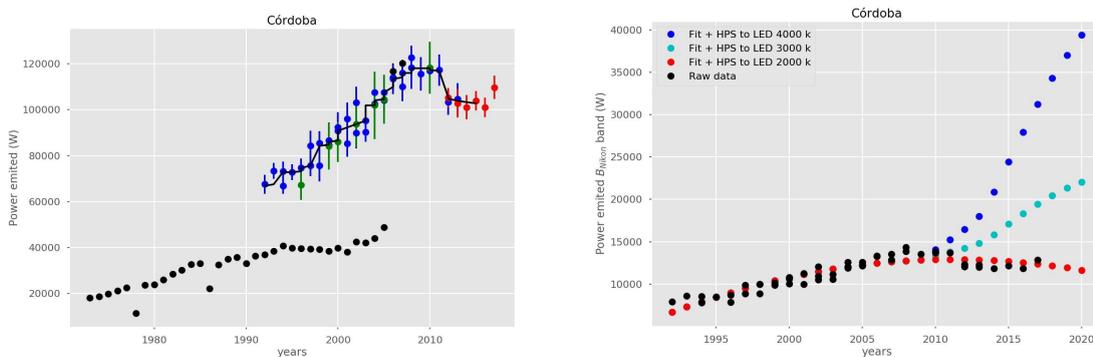


Figura 16. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

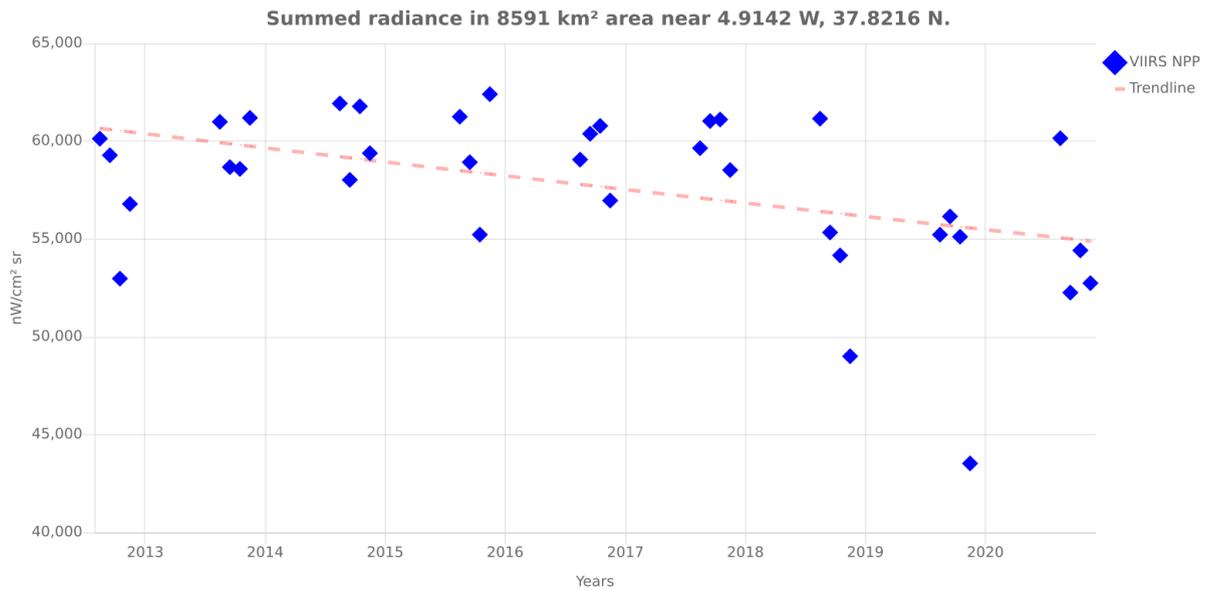


Figura 17. Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Córdoba (Kyba y Stare 2021)

Los datos de Córdoba son esperanzadores, ya que presentan una caída reciente de la contaminación lumínica, aunque esta puede ser falsa y debe verificarse con los datos de la ISS.



Figura 18: Imagen aérea de Córdoba capital y alrededores (Créditos: Alejandro Sánchez de Miguel)

## Huelva

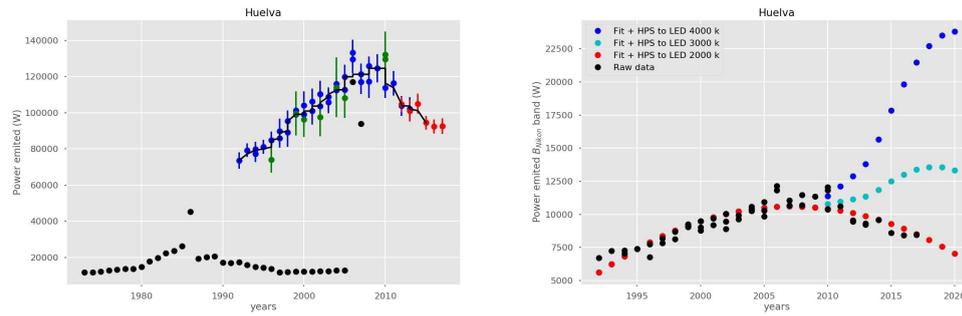


Figura 19. Izda.: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha.: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.



Figura. 20 Imágen de Huelva desde la Estación Espacial Internacional. Créditos: A.Sánchez de Miguel/NASA/ESA

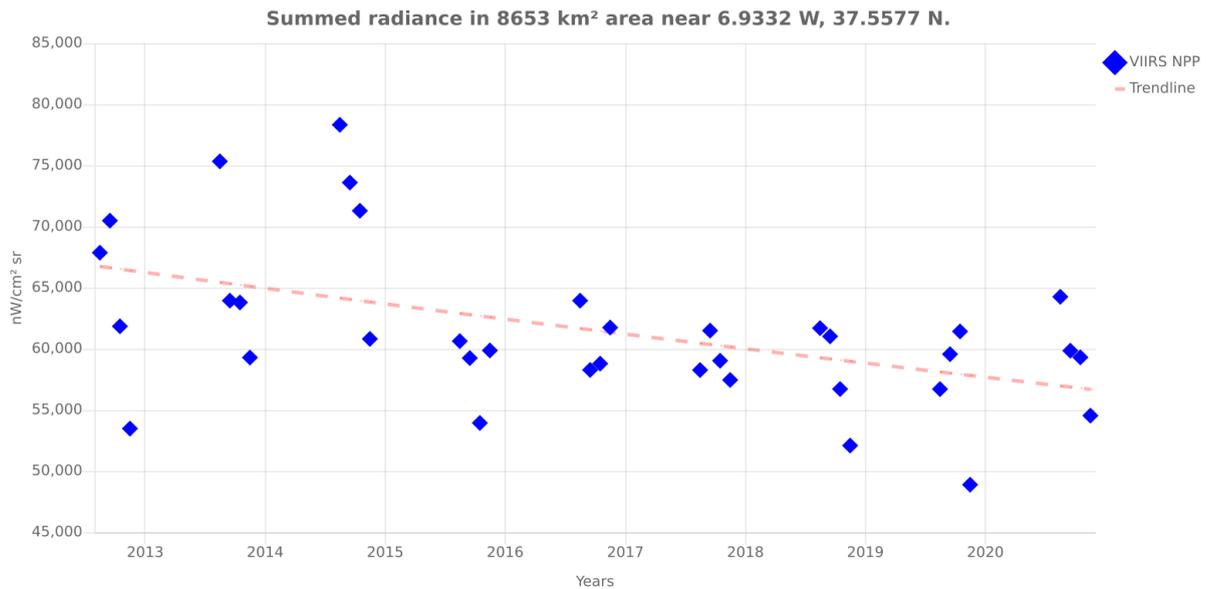


Figura 21. Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Huelva (Kyba y Stare 2021).

En la Figura 21 se ve una tendencia similar a Córdoba, aunque en los últimos años no ha bajado demasiado y eso solo puede ser malo como en el caso de Granada. Pero en este caso desconocemos el impacto de los LEDs.

## Málaga

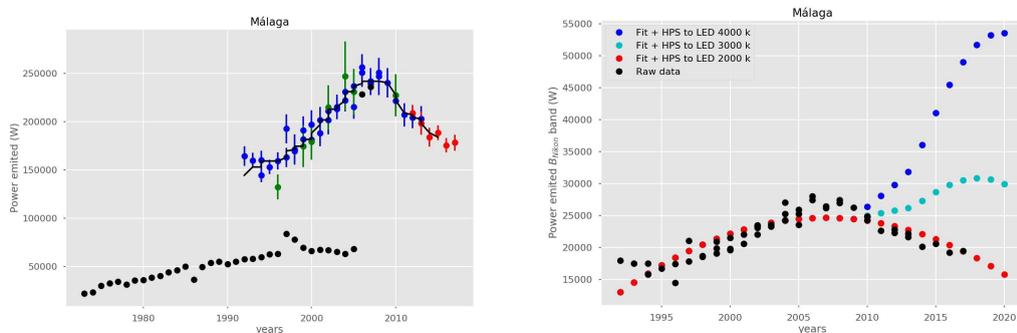


Figura 22. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

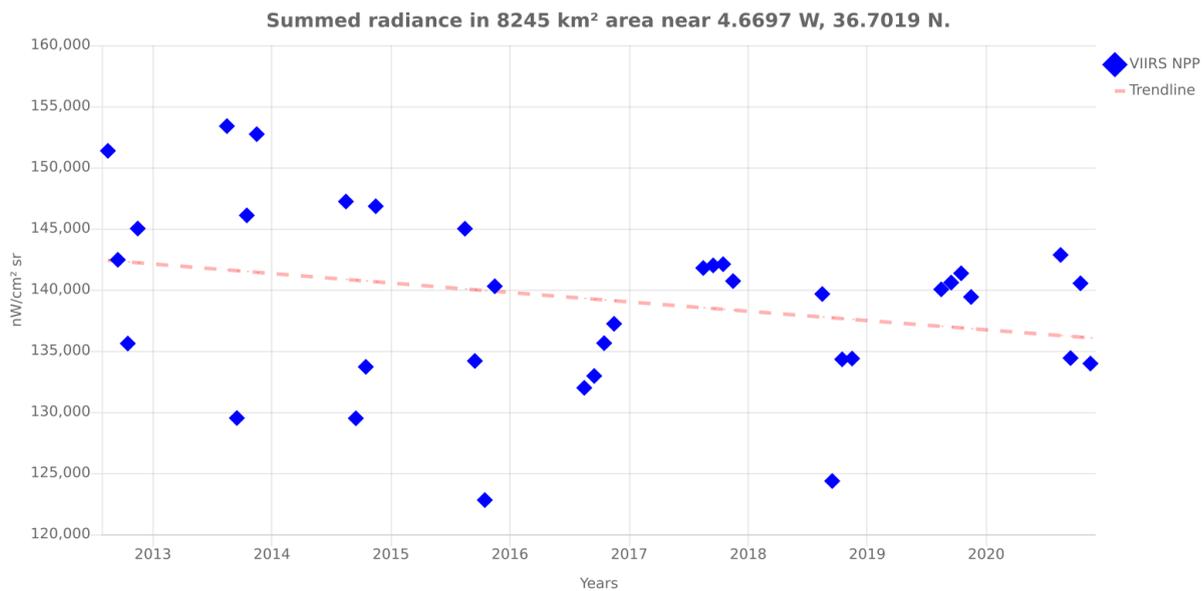


Figura 23: Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Málaga (Kyba y Stare 2021).



Figura 24. Imagen aérea de Málaga capital y alrededores (Créditos: Alejandro Sánchez de Miguel).

Como se muestra en la Figura 23, Málaga parece que tiene una tendencia positiva, sobre todo por la caída entre 2009 y 2012. Los datos siguientes podrían ser positivos o negativos dependiendo de lo que indiquen los datos de la ISS.

## Sevilla

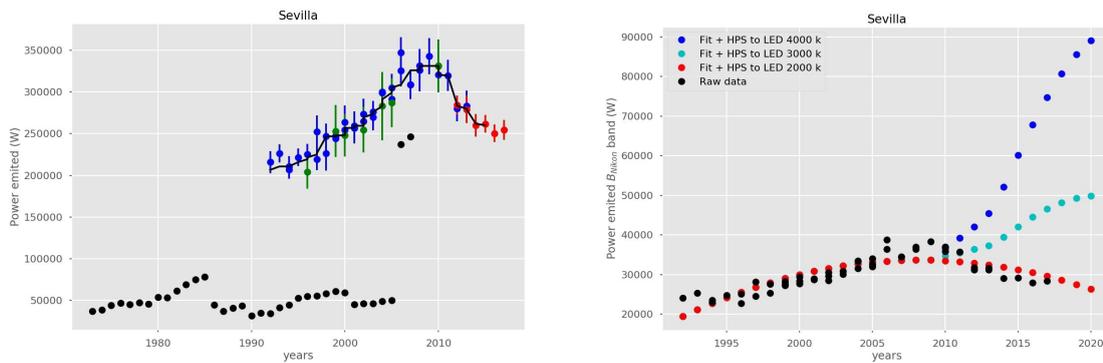


Figura. 25 Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

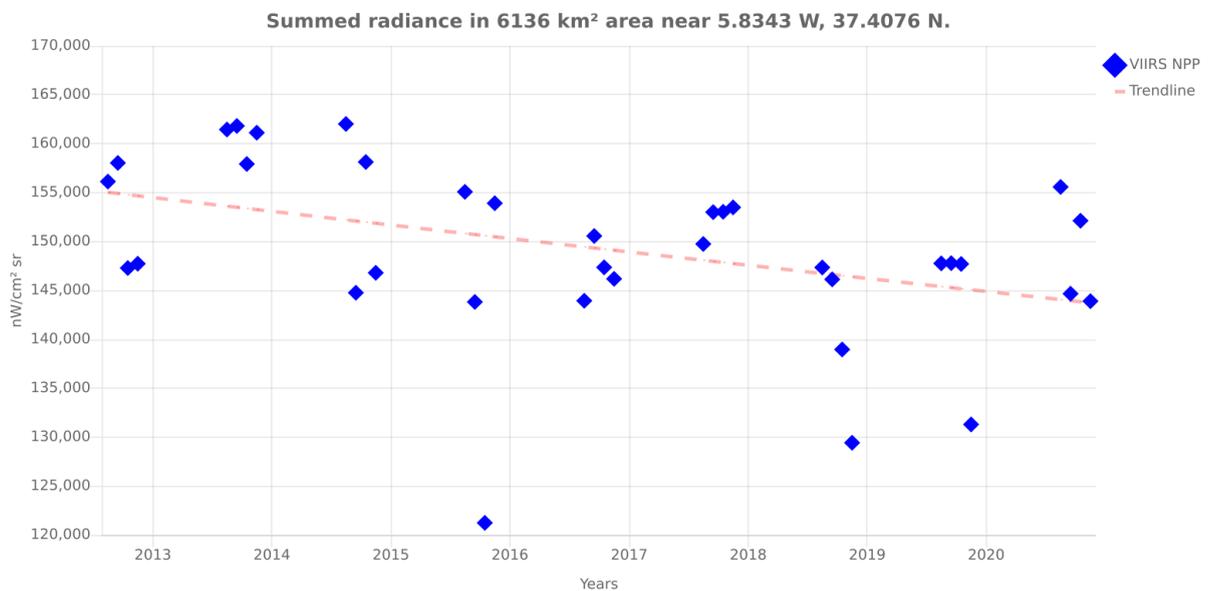


Figura 26. Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Sevilla (Kyba y Stare 2021).

Como se puede ver en la Figura 26, hay una tendencia positiva pero en los últimos años desaparece como le sucede a otras provincias como Granada. No hay evidencia clara de los LEDs.



Figura. 27 Imágen de Sevilla desde la Estación Espacial Internacional (Créditos: A.Sánchez de Miguel/NASA/ESA).

## Cádiz

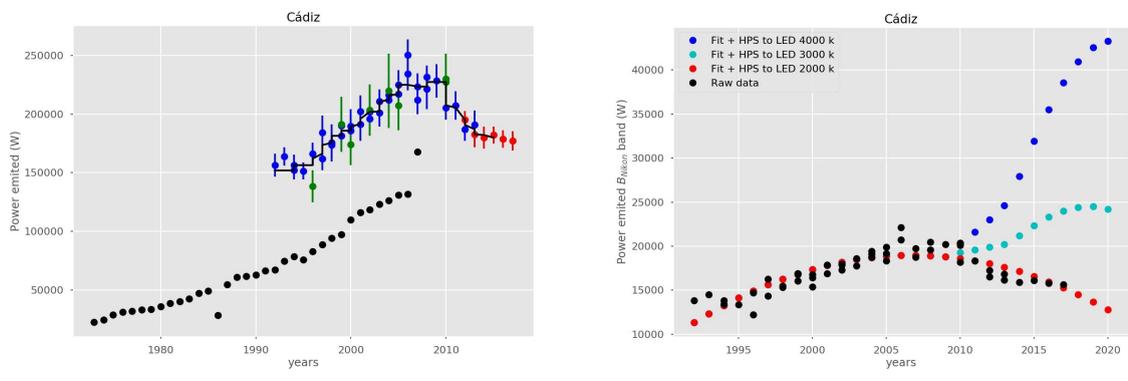


Figura 28. Izda: Evolución de la potencia emitida según diferentes satélites y estimada en base a los datos de alumbrado público del Ministerio de Industria. Datos no corregidos del efecto de los LED. Dcha: Evolución de emisiones de luz azul basado en un escenario simplista de transición a LED.

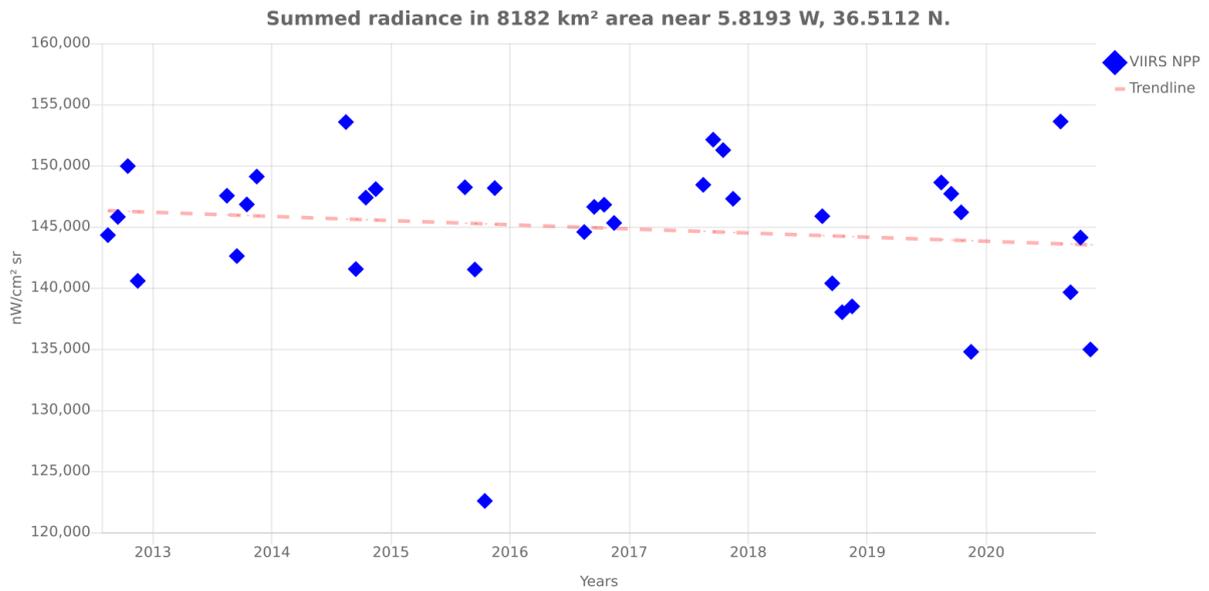


Figura 29: Evolución de los datos de VIIRS para una muestra de la provincia de Cádiz ( Kyba y Stare 2021)

La Figura 29 muestra que hay una posible mejoría, incluso en los últimos años, pero hay que descartar que no sea efecto de los LED.

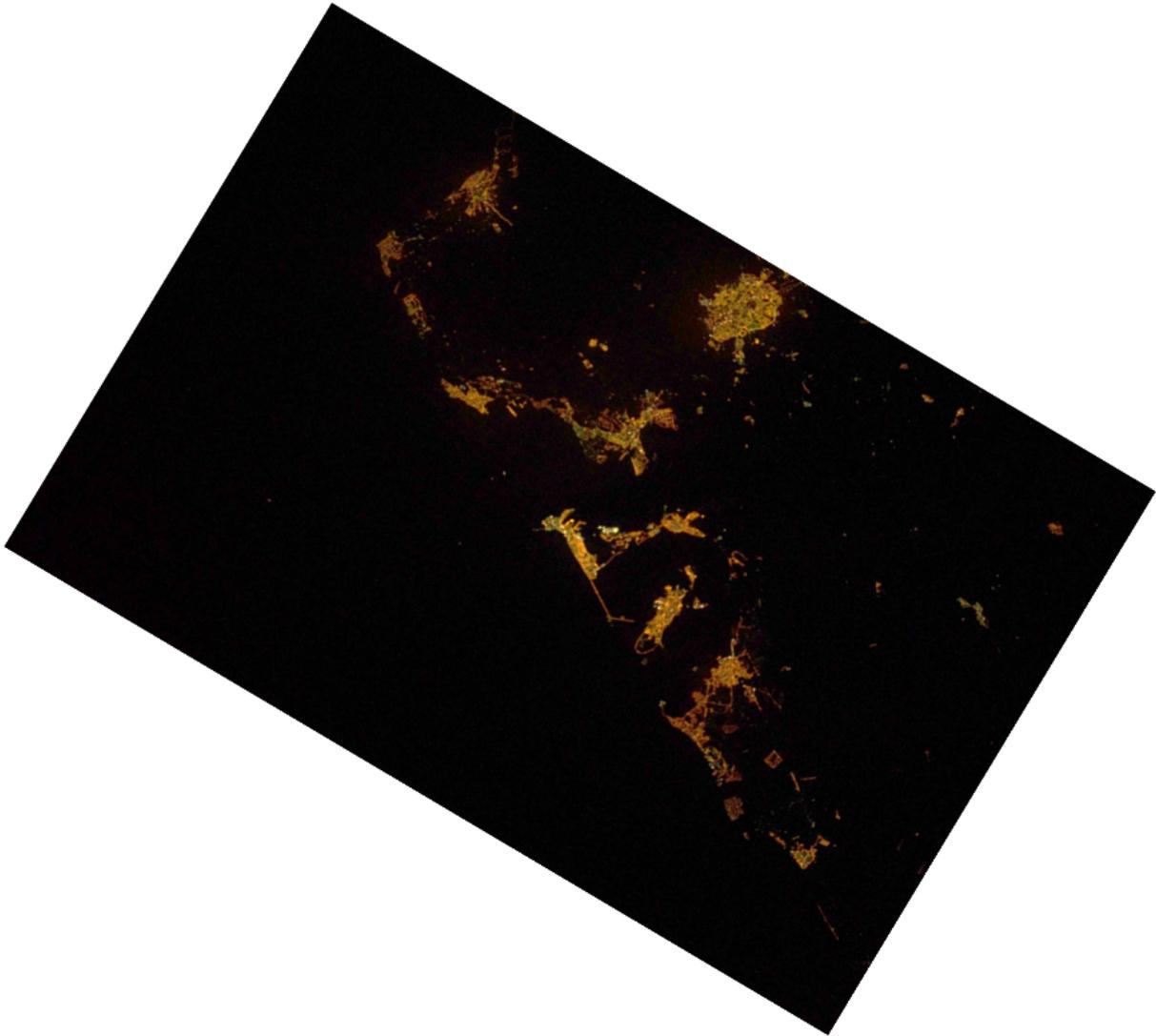


Figura.30: Imágen de Cádiz desde la Estación Espacial Internacional (Créditos: A.Sánchez de Miguel/NASA/ESA).

## Conclusiones

La contaminación lumínica en España y en Andalucía tiene tendencias similares y problemática similar. Aunque aparentemente los datos pudieran parecer que indican una caída de la contaminación lumínica y el gasto energético, la realidad puede ser bien distinta.

El modelo de transición simplista de lámparas de sodio de alta presión a LED de tres temperaturas de color mostrados en las diferentes figuras indica que probablemente, con los datos actuales, la transición a tecnología LED de 4000K como ha recomendado IDAE hasta la fecha, solo incrementa la contaminación lumínica debido a que no una bajada de la intensidad suficiente. Un escenario basado en lámparas de LED de 3000K, tampoco sería satisfactorio si se llevara a cabo de manera generalizada tal y como se está realizando en la actualidad. Solo con una mayor bajada de niveles de iluminación, en el caso particular de España, sí podría contribuir a una estabilización de la contaminación lumínica. Una política que apostara por lamparas de menor temperatura de color como lamparas de sodio alta

presión (ver caso de Madrid), LEDs de 2200K y lámparas PC-ambar, podría producir una bajada generalizada de la contaminación lumínica con los niveles de iluminación actuales.

Fotografías desde la ISS además de medidas continuas del brillo del cielo tomadas en tierra en diferentes filtros son necesarias para obtener información tanto del color de las lámparas, así como para estudiar y comprobar las diferentes tendencias que se pueden apreciar en los diferentes gráficos.

## Referencias

Calonge, J. (2012), Fundación Gas Natural Fenosa. ISBN - 978-84-614-6173-8

Coque, A.; Lucas, A. Datos asociados a la atenuación de Alumbrados públicos en A Coruña durante confinamiento Covid 2020. Zenodo 2020.

IDAE (2002), Propuesta de modelo de Ordenanza Municipal de alumbrado exterior para la protección del medio ambiente mediante la mejora de la eficiencia energética

Kyba, C.C.M. and Stare, J.(2021), <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/>

MITyC,(2004), La Energía en España 2004

Robles, J., Zamorano, J., Pascual, S., Sánchez de Miguel, A., Gallego, J., & Gaston, K. J. (2021). Evolution of brightness and color of the night sky in Madrid. *Remote Sensing*, 13(8), 1511.

Sánchez de Vera Quintero (2014) V1, Consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España

Sánchez de Vera Quintero (2014) V2, IDAE, Consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España

Sánchez de Vera Quintero (2017) V2, IDAE, Inventario, consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España

Sánchez de Miguel, A. y Zamorano, J. (2008), Contaminación lumínica en España.

Sánchez de Miguel A, Zamorano, J, OTRI-UCM. 2009, El derroche energético en el alumbrado público de España ya es oficial, Nota de prensa.

Sánchez de Miguel, A., Zamorano, J., Pila-Díez, B., Jiménez, J. R., Carmona, R. R., Herranz, I. R., & Pérez, A. G. (2010). Contaminación lumínica en España 2010 (Doctoral dissertation, Sociedad Española de Astronomía).

Sánchez de Miguel, A. , Zamorano, J., Castaño, J. G., & Pascual, S. (2014). Evolution of the energy consumed by street lighting in Spain estimated with DMSP-OLS data. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139, 109-117.

Sánchez de Miguel, A., Zamorano J., “El derroche energético en el alumbrado público de España ya es oficial” – Nota de prensa de la Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación, Universidad Complutense de Madrid, septiembre 2009, 2 pp.

Sánchez de Miguel, A. (2015). Variación espacial, temporal y espectral de la contaminación lumínica y sus fuentes: Metodología y resultados (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).

Sánchez de Miguel, A. & Benayas Polo., R. (2019). Ranking de la Contaminación lumínica en España 2015. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2616957>

Sánchez de Miguel, A., Bennie, J., Rosenfeld, E., Dzurjak, S., & Gaston, K. J. (2021). First Estimation of Global Trends in Nocturnal Power Emissions Reveals Acceleration of Light Pollution. *Remote Sensing*, 13(16), 3311.