



Impactos de la Covid-19 sobre la calidad del aire, la Temperatura de la Superficie Terrestre y la Isla de Calor Urbana sobre las Zonas Climáticas Locales de la ciudad de Granada (España)

David Hidalgo García¹

Recibido: 29 de diciembre del 2021 / Enviado a evaluar: 31 de enero del 2022 / Aceptado: 9 de diciembre del 2022

Resumen. El brote de Covid-19 y la situación de confinamiento ha generado un importante impacto negativo en la economía mundial, pero ha brindado una oportunidad única para comprender el impacto de la actividad humana en la contaminación ambiental y como esta afecta al clima urbano. Este estudio toma la ciudad de Granada (España) al objeto de realizar una evaluación de los parámetros ambientales (So₂, No₂, Co y O₃) obtenidos mediante imágenes Sentinel 5P y como estos repercuten en la Temperatura de la Superficie Terrestre (TST) y la Isla de Calor Urbana de Superficie (ICUS) obtenidas mediante imágenes Sentinel 3. Conocer la repercusión ambiental en la TST e ICUS de las distintas Zonas Climáticas Locales (ZCL) de la urbe repercutirá en la realización de futuros estudios de resiliencia urbana. Como resultado, y durante el periodo de confinamiento, se han obtenidos las siguientes variaciones con respecto a los contaminantes ambientales: So₂ (-24,0 %), No₂ (-6,7 %), Co (-13,2 %) y O₃ (+4,0%). La TST ha experimentado una reducción media de -8.7 °C (-38,0 %) mientras que la ICUS se ha reducido en -1.6 °C (-66,0 %).

Palabras clave: Ciudad de Granada; Zonas climáticas; Covid-19; Calidad del aire; Isla de Calor Urbana.

[en] Impacts of Covid-19 on air quality, Land Surface Temperature and Urban Heat Island on Local Climatic Zones in the city of Granada (Spain)

Abstract. The COVID-19 outbreak and the lockdown situation have generated a significant negative impact on the world economy but have provided a unique opportunity to understand the impact of human activity on environmental pollution and how it affects the urban climate. This study takes the city of Granada (Spain) in order to carry out an evaluation of the environmental parameters (So₂, No₂, Co and O₃) obtained through Sentinel 5P images and how they affect the Terrestrial Surface Temperature (TST) and the Surface Urban Heat Island (ICUS) obtained through Sentinel 3 images. Knowing the environmental impact on the TST and ICUS of the different Local Climate Zones (ZCL) of the city will have an impact on future urban resilience studies. As a result, and during the confinement period, the

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. Universidad de Granada (España).
E-mail: dhidalgo@ugr.es

following variations have been obtained with respect to environmental pollutants: So₂ (-24.0%), No₂ (-6.7%), Co (-13.2%) and O₃ (+4.0%). The TST has experienced an average reduction of -8.7 °C (-38.0%) while the ICUS has decreased by -1.6 °C (-66.0%).

Key words: City of Grenada; Climate zones; Covid-19; Air quality; Urban Heat Island.

[fr] Impacts de Covid-19 sur la qualité de l'air, la température de surface terrestre et l'îlot de chaleur urbain sur les zones climatiques locales de la ville de Grenade (Espagne)

Résumé. L'épidémie de COVID-19 et la situation de confinement ont généré un impact négatif important sur l'économie mondiale, mais ont fourni une occasion unique de comprendre l'impact de l'activité humaine sur la pollution de l'environnement et comment elle affecte le climat urbain. Cette étude prend la ville de Grenade (Espagne) afin de réaliser une évaluation des paramètres environnementaux (So₂, No₂, Co et O₃) obtenus à travers les images Sentinel 5P et comment ils affectent la température de surface terrestre (TST) et la surface urbaine. Îlot de Chaleur (ICUS) obtenu grâce aux images Sentinel 3. Connaître l'impact environnemental sur le TST et l'ICUS des différentes Zones Climatiques Locales (ZCL) de la ville aura un impact sur les futures études de résilience urbaine. En conséquence, et pendant la période de confinement, les variations suivantes ont été obtenues en ce qui concerne les polluants environnementaux : So₂ (-24,0 %), No₂ (-6,7 %), Co (-13,2 %) et O₃ (+4,0 %). Le TST a connu une réduction moyenne de -8,7 °C (-38,0 %) tandis que l'ICUS a diminué de -1,6 °C (-66,0 %).

Mots clés: Ville de Grenade ; Zones climatiques ; Covid19; Qualité de l'air; Îlot de chaleur urbain.

Cómo citar. Hidalgo García, D. (2022). Impactos de la Covid-19 sobre la calidad del aire, la Temperatura de la Superficie Terrestre y la Isla de Calor Urbana sobre las Zonas Climáticas Locales de la ciudad de Granada (España). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 42(2), 409-444.

Sumario. 1. Introducción. 2. Materiales y métodos. 2.1. Área de estudio y datos. 2.2. Metodología. 2.3. Imágenes Séntinel 3. 2.4. Imágenes Séntinel 5P. 2.5. Mapeo y clasificación de Zonas Climáticas Locales. 2.6. Estimación de la Temperatura de la Superficie Terrestre. 2.7. Estimación de la Isla de Calor Urbana de Superficie. 2.8. Verificación de datos satelitales. 2.9. Estrategia de análisis. 3. Resultados. 3.1. Contaminantes. 3.2. Temperatura de la Superficie Terrestre y Temperaturas ambientales. 3.3. Isla de calor urbana de superficie. 3.4. Análisis estadístico. 3.4.1 Validación de temperaturas satelitales. 3.4.2. TST e ICUS - situación de confinamiento. 3.4.3. Contaminantes versus situación de confinamiento. 3.4.4. TST e ICUS con los contaminantes. 4. Discusión. 5. Conclusiones. 5. Referencias bibliográficas.

1. Introducción

En Diciembre de 2019 se reportó por primera vez en la ciudad de Wuhan (China) el brote de una nueva enfermedad asociada con el síndrome respiratorio agudo severo Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). El 30 de Enero de 2020, y tras haber contabilizado 7.711 casos confirmados y 12.167 casos sospechosos (OMS, 2020), la Organización Mundial de la Salud (OMS) la declaró como emergencia internacional de salud pública con un alto riesgo para el sistema de atención de salud vulnerable (Mandal y Pal, 2020; Sohrabi et al., 2020). Ante esta situación, la mayoría de los países del mundo adoptaron la vía del confinamiento domiciliario de su población lo que provocó la paralización total de los sectores del turismo, industria y transporte y su

afección a la economía global mundial (He et al., 2020; Huang et al., 2021; Ray et al., 2020). No obstante, numerosos estudios reportan que esta circunstancia ha generado una reducción considerable de los efectos adversos que estas actividades producen sobre el medio ambiente (Ali et al., 2021; Ghosh et al., 2020; He et al., 2020; Huang et al., 2021; Maithani et al., 2020; Mandal y Pal, 2020; Ray et al., 2020; Toro et al., 2021). En España, el encierro domiciliario obligatorio decretado por el Gobierno estuvo comprendido entre el 15 de marzo y el 28 de Abril computando un total de 48 días.

Aunque esta situación de bloqueo mundial presentó importantes impactos negativos en la economía global (Huang et al., 2021; Ray et al., 2020) se ha convertido en una oportunidad excepcional para estudiar las posibles variaciones de las emisiones de contaminación atmosférica y como afectan estas a la TST y al fenómeno de alteración de clima urbano denominado Isla de Calor Urbano (ICU). A partir de la década de los años 1990 y al objeto de minimizar el coste económico que implican las mediciones sobre el terreno y la dificultad que conlleva realizarlas sobre grandes extensiones de superficie permitió que se produjera un auge en el empleo de la detección remota mediante imágenes satelitales. Los estudios de estos sistemas se han convertido en un importante campo de investigación (Li y Meng, 2018) y prueba de ello, es la amplia literatura existente de la materia (García-Santos et al., 2018; Jimenez-Munoz et al., 2014; Meng et al., 2019; Sekertekin y Bonafoni, 2020). En los últimos meses, son numerosos los estudios de teledetección que reportan mejoras en la calidad ambiental de las ciudades debido a la reducción en las emisiones y de contaminación generadas por la situación de bloqueo (Ali et al., 2021; Ghosh et al., 2020; Mandal y Pal, 2020; Nakajima et al., 2021; Pani et al., 2020; Srivastava et al., 2021; Toro et al., 2021). Así, las emisiones de Dióxido de Nitrógeno (No₂) y de Carbono (C) en China se han reducido entre un 25 y un 35 % (Lauri, 2020; Mandal y Pal, 2020). La Agencia Espacial Europea (AEE) indicó que se ha producido una reducción considerable en las emisiones de óxido nítrico en el valle del río Po (Norte de Italia) según las mediciones ambientales realizadas por el satélite Séntinel 5P adscrito al programa Copérnico (Mandal y Pal, 2020). En Nueva Delhi (India) se redujeron los niveles de las partículas en suspensión de 2,5 micras (Pm_{2.5}) y óxido de carbono (Co) un 71 % (Mitra et al., 2020); en Calcuta (India) la contaminación ambiental se redujo un 80 % (Das et al., 2021); en la cuenca del río Dwarka ubicado al este de la India se produjo una reducción del 74 % en los niveles de las partículas en suspensión de 10 micras (Pm₁₀) tras 18 días de encierro (Mandal y Pal, 2020). En la ciudad de Dehradun (India) se produjo una reducción del 46 % en los índices de No₂ y se mejoró un 27 % el índice de calidad ambiental (Maithani et al., 2020).

Paradójicamente, y aunque existen numerosos estudios que relacionan positivamente la contaminación ambiental con un aumento de la TST y de la intensidad de la ICU (Li et al., 2011; Logan et al., 2020; Schwarz et al., 2011; Venter et al., 2020) no se ha profundizado en el estudio de su posible variación por la situación de confinamiento generado por la pandemia. Para ello, la teledetección se presenta como un recurso de gran importancia, gratuito y accesible a la comunidad científica. Así, y en las escasas y recientes investigaciones se han reportado

disminuciones en la TST que oscilan entre 0.13 °C en la ciudad de Osaka (Nakajima et al., 2021); 0.49 °C en la ciudad de Tokio (Fujibe, 2020), 1 °C en la ciudad de Montreal (Canadá) (Teufel et al., 2021); 3 y 5 °C en la cuenca del río Dwarka (Mandal y Pal, 2020) o valores entre 5 y 8 °C en la bahía de San Francisco (Potter y Alexander, 2021). El estudio llevado a cabo sobre las ciudades de Mumbai, Delhi, Kolkata, y Chennai (India) ha reportado una disminución de la intensidad media de la ICU del 19.2 % (Ghosh et al., 2020) durante el periodo de confinamiento. Valores muy similares a los resultados obtenidos sobre nueve ciudades de Pakistán donde se han reportado reducciones medias de 19.5 % en cinco mega ciudades y del 8.7 % en cuatro ciudades mayores (Ali et al., 2021) o la reducción de entre -0.3 y -1.4 °C en Montreal (Canadá) realizada mediante simulaciones de alta resolución (Teufel et al., 2021). Teniendo en cuenta que las concentraciones de gases de efecto invernadero del tipo dióxido de azufre (So₂), No₂, Co y Pm₁₀ son consideradas como una de las causas dominantes del cambio climático y de un porcentaje alto de enfermedades (Andersson y Nässén, 2016; Pani et al., 2020) resulta de vital importancia su estudio en situaciones excepcionales como la generada por la COVID-19. Estos estudios permitirán a los planificadores urbanos y administraciones públicas la adopción de medidas de mitigación en las ciudades que permitan convertirlas en sitios resilientes al cambio climático que permitan mitigar los efectos perjudiciales de los incrementos de la TST y del fenómeno de ICU.

Se encuentra demostrado que la ICU genera importantes problemas ambientales, climáticos y socioeconómicos que afectan a la calidad de vida de las personas que habitan en las zonas urbanas (Dwivedi y Mohan, 2018; Yang et al., 2020a). Entre ellos, destacar la degradación de la calidad del agua y del aire (Feizizadeh y Blaschke, 2013), la reducción de la biodiversidad (Čeplová et al., 2017), cambios en el balance energético (Arnfield, 2003), la degradación de la calidad del agua y del aire (Feizizadeh y Blaschke, 2013), efecto perjudicial sobre el clima regional (Sarrat et al., 2006), aumento del costo de la energía (Santamouris, 2020) e incluso aumento de la mortalidad (Arbuthnott y Hajat, 2017). Por tanto, la caracterización de este fenómeno y el conocimiento exhaustivo de sus propiedades y factores que lo intensifican es un problema cada vez más importante al que se enfrenta la población urbana.

Entre las distintas metodologías habitualmente empleadas para determinar la ICU se encuentra la teledetección. Esta ha permitido la posibilidad de realizar estudios urbanos de TST e ICUS a gran escala (Song et al., 2018) mediante imágenes con sensores (TIRS). En la actualidad, son numerosos los satélites que permiten obtener imágenes térmicas de la superficie terrestre: Goes (1978), Modis (1999), NOAA AVHRR (1999), Landsat 8 (2013), Séntinel 3 (2018) y Ecostress (2018). De todos estos, los tres últimos son considerados los más novedosos debido a que fueron puestos en órbita en fechas recientes e incluyen nuevos sensores TIRS de alta resolución. Landsat 8 permite obtener estimaciones de TST cada 16 días y a una resolución de 100 metros gracias a sus bandas térmicas 10 y 11. Mediante este satélite se ha determinado la ICUS de múltiples ciudades entre las que destacan: Changchun (China) (Yang et al., 2020), Bangladesh (India) (Roy et al., 2020), Barcelona, (España) (Lemus-Canovas et al., 2020), área olímpica de Beijing (China) (Hu et al., 2020),

Shanghai (China) (Li et al., 2011), Fuzhou (China) (Du et al., 2020), Xiamen city (China) (Hua et al., 2020), Cracovia (Polonia) (Walawender et al., 2014) o Lyon (Francia) (Diallo et al., 2015). El sensor térmico Ecostress se encuentra instalado en la Estación Espacial Internacional y cuenta con seis bandas espectrales de infrarrojo térmico con una resolución de 60 metros que permite obtener estimaciones de temperatura cada 4 días (Xue et al., 2020). Su uso para la determinación de la TST se encuentra documentado mediante los estudios de ciudades de Estados Unidos (Coleman et al., 2020). El último producto es la constelación Séntinel 3, compuesto por los satélites 3A, 3B y 3C. Los dos primeros fueron lanzados en febrero de 2016 y abril de 2018 respectivamente, mientras que el Séntinel 3C no dispone aún de fecha de lanzamiento. Todos los Séntinel dispone de 3 canales TIRS, bandas 7, 8 y 9 que proporcionan estimaciones de TST cada día y a una resolución de 1000 metros. Su uso se encuentra documentado en la literatura mediante los estudios de la ICUS sobre las ciudades de Huazhaizi (China) y Daman (India) (Yang et al., 2020b), Dahra (Senegal) y Oklahoma city (EE. UU) (Sobrino et al., 2016). Aunque el uso de los Séntinel 3 para determinar la TST y la ICU no es tan habitual como Landsat 8 y ECOSTRESS su utilización supone una importante ventaja en este tipo de estudios. Mientras que estos últimos orbitan una sola vez por cada punto del planeta cada 16 y 4 días respectivamente, Séntinel 3 lo hace dos veces al día, una en horario diurno y otra en horario nocturno. Por otra parte, Séntinel 3 determina la TST de forma directa mediante la descarga de productos satelitales de nivel 2. Por el contrario, la TST obtenida mediante Landsat 8 y ECOSTRESS requiere del empleo de algoritmos que transforman la radiancia espectral atmosférica en temperatura de brillo. Para ello, es necesario conocer de forma precisa la emisividad del suelo y la humedad de la atmósfera. Aunque estos algoritmos se encuentran ampliamente estudiados su empleo pueden resultar en un proceso engorroso u otorgar resultados erróneos o incorrectos (Li et al., 2011; Yang et al., 2020b).

El uso del satélite espacial Séntinel 5 Precursor (Séntinel 5P) de la Agencia Espacial Europea como herramienta de monitorización de los contaminantes ambientales ha sido ampliamente utilizado en la literatura reciente. Así, destacar los estudios ambientales sobre 8 ciudades de la India (Siddiqui et al., 2020), 4 ciudades de Pakistán (Mehmood et al., 2021), 19 ciudades de la India (Sur, 2021) y 11 ciudades de Europa y EE.UU. (Bar et al., 2021) obteniendo valiosos resultados de concentración de contaminantes.

Recientes estimaciones (Cramer et al., 2018; Ward et al., 2016) afirman que las temperaturas de las zonas ubicadas en la cuenca del mar Mediterráneo se están incrementando a un ritmo más rápido que las del resto del planeta siendo esta zona considerada como de alta vulnerabilidad al cambio climático. Por tanto, es fundamental investigar sobre nuevas metodologías y sistemas que permitan conocer de una manera rápida pero a la vez precisa la variabilidad espacio temporal de la TST y de la ICUS de las zonas urbanas mediterráneas en función de las condiciones ambientales y de contaminación, tales como la desarrollada durante la situación excepcional de confinamiento domiciliario generada por la COVID-19.

Nuestro estudio clasifica la ciudad en Zonas Climáticas Locales (ZCL) que fue propuesta por los autores Steward y Oke, (2009). Estas se definen como regiones de cobertura, estructura y actividad humana uniformes que se extienden una superficie variable. Por tanto, cada una de ellas presenta un régimen de temperaturas específico a sus propiedades (Stewart y Oke, 2012) que persisten a lo largo del tiempo ya que están asociados con los entornos y ecosistemas homogéneos de las ciudades. Las ZCL se reconocen en la literatura como un elemento importante para caracterizar la cobertura del suelo con imágenes satelitales (Qiu et al., 2020). Su uso en estudios sobre ICU se encuentra ampliamente documentado (Anjos et al., 2020; Emmanuel y Krüger, 2012; Khamchiangta y Dhakal, 2019; Wang y Ouyang, 2017). Los objetivos de utilizar esta clasificación en nuestra investigación son: permitir caracterizar el paisaje de la ciudad de Granada con un sistema global y habitualmente empleado y permitir extrapolar a cualquier otra ciudad nuestros datos de TST e ICUS obtenidos para cada ZCL.

El objetivo de esta investigación es determinar la incidencia que ha presentado la situación de confinamiento domiciliario establecida por el Gobierno en la variabilidad de la contaminación ambiental, TST e ICUS de la ciudad de Granada (España) mediante los datos satelitales Séntinel 3 y 5P. La ubicación de la urbe investigada en la cuenca del mar Mediterráneo considerada como de alta vulnerabilidad al cambio climático unido a la alta variabilidad térmica diaria que presenta y las altas tasas de contaminación ambiental hace que sea un sitio oportuno para llevar a cabo esta investigación. Con la ayuda del análisis estadístico, se ha determinado la correlación entre los datos obtenidos y las relaciones entre variables dando validez a los resultados. La técnica de análisis denominada Panel de Datos se presenta como un elemento novedoso con respecto a los métodos habitualmente empleados en las investigaciones sobre ICUS existentes en la literatura ya que permite la incorporación de un mayor número de datos y variables al admitir la inclusión de los efectos individuales de una determinada zona para obtener los resultados globales. También, permite incluir los valores residuales espaciales de los resultados y eliminar el problema de colinealidad tan habitual entre variables. Estos elementos son habitualmente descuidados por los métodos tradicionales y permiten obtener unos resultados más precisos y completos. Hasta donde sabemos, nuestra investigación es el primer estudio de estas características sobre una ciudad española.

Por tanto, las preguntas que nos planteamos responder con la presente investigación son las siguientes: 1. ¿Puede la situación de confinamiento domiciliario disminuir los niveles de contaminación ambiental? 2. ¿Qué influencia podría tener la disminución de contaminantes en la atmosfera sobre la TST y ICUS de la ciudad estudiada? 3. ¿Sería esta influencia igual en los valores de TST e ICUS diurna y nocturna de cada ZCL? 4. ¿Pueden ser importantes los resultados obtenidos en las futuras planificaciones urbanísticas? El progreso que presta esta investigación es el de proporcionar una metodología bajo un entorno de trabajo de código abierto que permita determinar la influencia de los contaminantes ambientales en la TST e ICUS en función de las ZCL de la ciudad de Granada. Esta circunstancia permite que nuestros resultados puedan ser extrapolados a cualquier otra urbe de similares

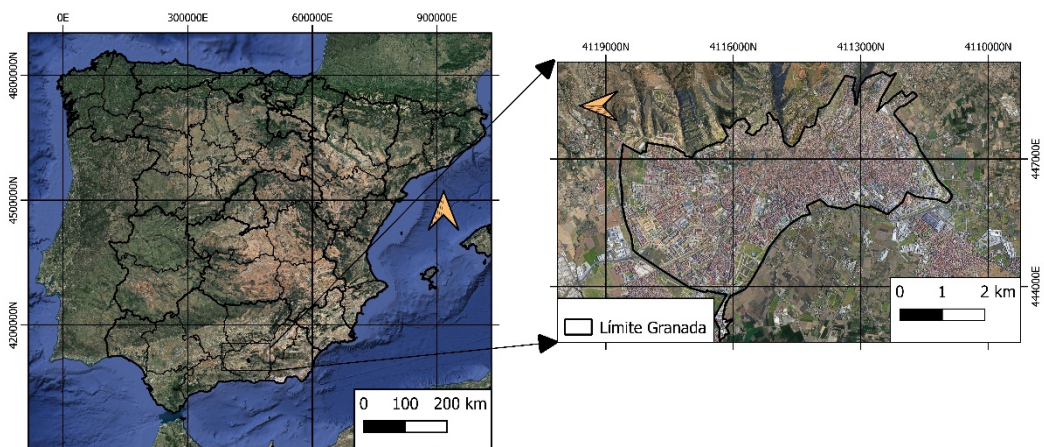
características. Teniendo en cuenta las características geográficas, climatológicas y de contaminación de la urbe nuestros hallazgos aportan una mayor evidencia empírica a los resultados obtenidos en estudios anteriores. Esto permitirá a las distintas administraciones públicas tomar decisiones futuras sobre medidas que permitan mitigar los efectos de aumentos de TST e ICUS convirtiendo estas zonas en entornos resilientes al cambio climático.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio y datos

El área objeto de estudio es la ciudad de Granada (Andalucía), ubicada en el sur de España (figura 1). Sus características de población, superficie, clima, pluviometría, altitud y coordenadas UTM se encuentran en la tabla 1.

Figura 1. Área objeto de Estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Su clima, al ubicarse en la falda de Sierra Nevada y su cercanía a la costa, se encuentra fuertemente condicionado. Cuenta con una altitud media de 2045 metros y máxima de 3482 metros sobre el nivel del mar en el pico Mulhacén. Este es el macizo montañoso de mayor altitud de toda Europa occidental, después de los Alpes. Según la clasificación climática de koppen-geiger, la urbe dispone de un clima de medio entre el clima mediterráneo (Csa) y el clima semiárido frío (Bsk) lo que implica veranos calidos y secos e inviernos húmedos y suaves (de Castro et al., 2007). La temperatura promedio anual fluctúa entre los 6,5 °C del mes de enero y los 25,3 °C del mes de julio con mínimas en invierno de -3 °C y extremas en verano de 43 °C. El número aproximado de horas de sol al año es de 2917 horas dando una media de 7.99 horas de sol al día.

Tabla 1. Características ciudad de Granada

Datos	Granada
Localización UTM	37.111N, -3.362O
Zona Climática	Csa y Bsk
T. media anual (°C)	15,5
Pluviometría media anual (mm)	450
Superficie municipio (km ²)	88,8
Superficie área urbana (km ²)	21,78
Población en 2020 (Hab)	232.462
Altitud (msnm)	680

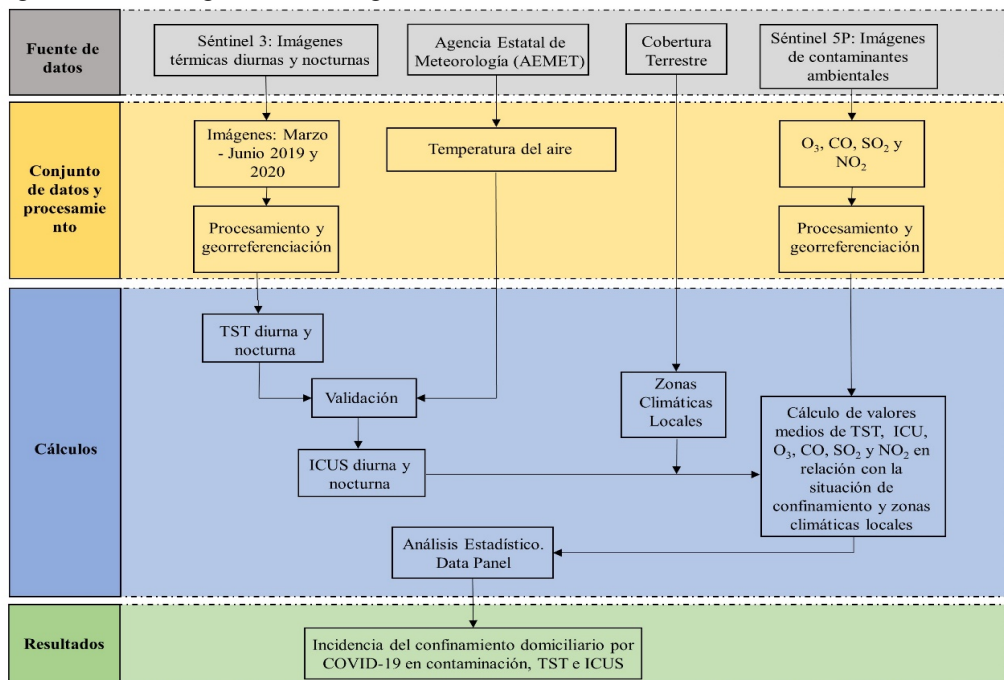
* Zonas climáticas: Csa: Clima Mediterráneo; Bsk: Clima frío semiárido.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Metodología.

La metodología llevada a cabo para el desarrollo de este trabajo de investigación se encuentra descrita en la figura 2. Ha sido necesario estimar la TST de las urbes mediante imágenes Séntinel 3A y 3B que han sido validadas con los datos de la temperatura ambiental obtenidas mediante la red de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Los valores de contaminación ambiental (SO₂, NO₂, Co y O₃) se han obtenido mediante imágenes Séntinel 5P.

Figura 2. Metodología de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de datos se ha empleado el método estadístico del Panel de Datos. Este permite, en comparación con otros métodos tradicionales de análisis, que los resultados obtenidos contengan un mayor número de datos ya que incluyen los efectos individuales de cada ciudad en el resultado global a la vez que elimina el problema de colinealidad entre variables muy habitual en este tipo de estudios. La utilización de este método en nuestra investigación ha permitido reflejar las posibles variaciones de las condiciones de cada ciudad contemplada en los resultados finales lo que lo convierte en un enfoque único y poderoso. Se encuentra validado por otras investigaciones (Alcock et al., 2015; Chen et al., 2011; Fang y Tian, 2020) similares a la realizada en este estudio donde se incluyen estudios de series temporales con múltiples ciudades o áreas y variables cuantitativas donde es posible que cambien las condiciones de las variables entre las ciudades analizadas.

2.3. Imágenes Séntinel 3

Los satélites Séntinel 3 disponen de un instrumento de barrido de alta resolución denominado radiómetro de la temperatura de la superficie terrestre con el que se pueden obtener las temperaturas de la superficie terrestre. Las imágenes constan de 6 bandas espectrales con resolución de 500 metros (bandas S1 a S6) y tres bandas térmicas TIRS que permiten determinar la TST, (bandas S7, S8 y S9) con resolución de 1000 metros. Los productos Séntinel 3 de nivel 2 incluyen de forma directa y automática la TST junto a otros parámetros asociados como el índice de vegetación normalizada (NDVI), tipo de vegetación (Bioma), fracción vegetal (PV) y el índice de diferencia normalizada (NDBI). La ciudad de Granada se encuentra bajo la ruta de los satélites Séntinel 3A y 3B. El horario habitual de paso del primero sobre la comunidad es entre las 10:00 y las 11:00 horas mientras que el horario del segundo es entre las 20:00 y las 22:00 horas. Las imágenes elegidas para el estudio se corresponden con veinte días distribuidos de forma homogénea entre los meses de Marzo y Junio del año 2020. De estas, cinco imágenes se corresponden con días en las que no existía confinamiento domiciliario y las otras cinco se corresponden con días en las que el confinamiento se encontraba vigente. Al objeto de corroborar las posibles variaciones de TST e ICUS durante los periodos de confinamiento y no confinamiento del año 2020 también se han descargado las imágenes de los mismos días pero del año 2019.

Tabla 2. Imágenes Séntinel 3A empleadas y adquiridas por el servicio Copernicus Open Acces Hub.

Número	Fecha (AAAAMMDD)	Hora (hhmm)	Nubosidad (%)
1	20190308	10:25	8
2	20190312	10:21	3
3	20190327	10:32	12
4	20190410	09:54	4
5	20190429	10:02	5
6	20190502	10:24	8
7	20190508	11:09	12
8	20190521	10:06	3
9	20190603	09:54	4
10	20190620	10:28	7
11	20200308	10:08	6
12	20200312	10:43	11
13	20200327	10:13	6
14	20200410	10:20	12
15	20200429	10:24	0
16	20200502	10:09	1
17	20200508	10:26	13
18	20200521	11:05	5
19	20200603	10:35	3
20	20200620	10:21	1

* Zonas climáticas: Csa: Clima Mediterráneo; Bsk: Clima frío semiárido.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Imágenes Séntinel 3B empleadas y adquiridas por el servicio Copernicus Open Acces Hub.

Número	Fecha (AAAAMMDD)	Hora (hhmm)	Nubosidad (%)
1	20190308	21:42	7
2	20190312	21:38	1
3	20190327	21:49	8
4	20190410	20:00	3
5	20190429	20:08	5
6	20190502	20:30	9
7	20190508	21:15	12
8	20190521	21:23	5
9	20190603	20:00	2
10	20190620	21:45	8
11	20200308	20:25	5
12	20200312	20:32	10
13	20200327	20:18	9
14	20200410	20:43	2
15	20200429	20:22	0
16	20200502	20:25	3
17	20200508	20:27	10
18	20200521	20:19	6
19	20200603	20:36	8
20	20200620	21:15	2

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, a lo largo de este intervalo de tiempo se han empleado un total de 40 imágenes, 20 correspondientes al Séntinel 3A y 20 al Séntinel 3B (Tablas 2 y 3). Todas ellas disponen de un índice de nubosidad inferior al 20 % al objeto de aumentar la exactitud en la obtención de la TST y el posterior cálculo de la ICUS. Las imágenes empleadas han sido adquiridas a través del Copernicus Open Acces Hub de la ESA para el nivel 2. Tras la descarga de las imágenes, la resolución espacial de las bandas 8 y 9 se reclasificaron a una resolución de 100 metros y se georreferenciaron utilizando el sistema de proyección ETRS89/UTM Zona 30N. Tanto la reclasificación como la corrección atmosférica en bandas se efectuó mediante el Toolbox (S3TBX) bajo el entorno de software de código abierto Séntinel Application Platform (SNAP), versión 7.0.0.

2.4. Imágenes Séntinel 5P

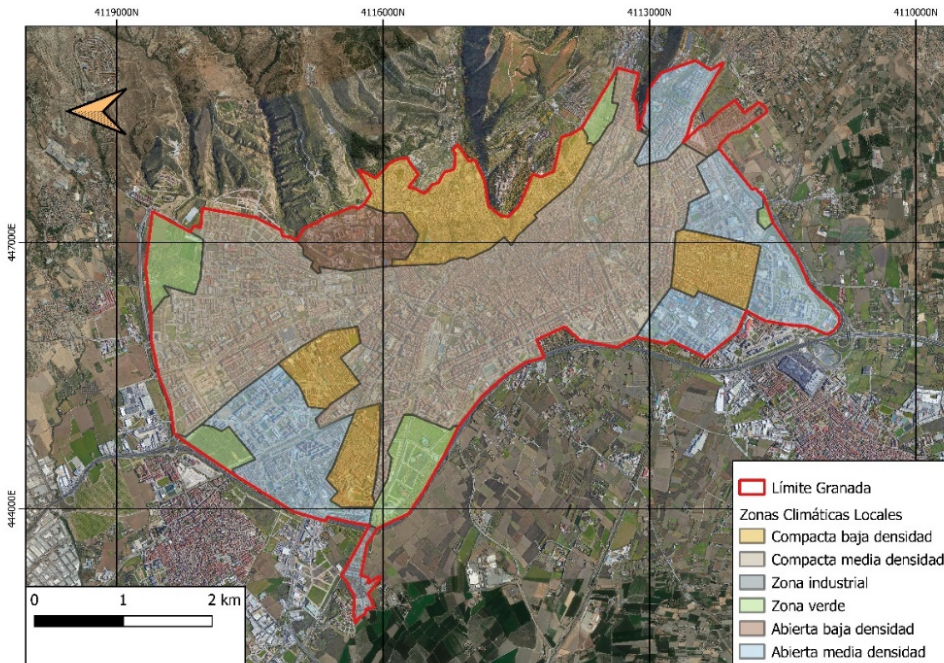
Los valores de las variables ambientales O₃, Co, So₂ y No₂ de las fechas seleccionadas y coincidentes con las fechas de las imágenes térmicas satelitales han sido obtenidas mediante el instrumento de monitoreo troposférico (TROPOMI) integrado en el satélite Séntinel 5P. Este fue lanzado en el año 2017 y escanea de forma diaria la superficie terrestre gracias a los cuatro espectrómetros de alta resolución. Tres cubren el infrarrojo cercano ultravioleta con dos bandas espectrales de 270-500 nm y 675-775 nm y un espectrómetro que cubre el infrarrojo de onda corta. La ciudad de Granada se encuentra bajo la ruta del satélite Séntinel 5P. El horario de paso sobre la ciudad se encuentra entre las 11:00 y las 12:00 horas. Las imágenes empleadas han sido adquiridas a través del Copernicus Open Acces Hub de la ESA para el nivel 2.

2.5. Mapeo y clasificación de Zonas Climáticas Locales.

Stewart y Oke introdujeron el uso de las ZCL en el año 2009 al objeto de clasificar las características del paisaje y así realizar una adecuada observación de los estudios del clima urbano (Stewart y Oke, 2009). A día de hoy son numerosos los autores que han llevado a cabo estudios de TST e ICU mediante una clasificación de ZCL con buenos resultados (Brousse et al., 2019; Equere et al., 2020; Khamchiangta y Dhakal, 2019; Oliveira et al., 2020; Wang y Ouyang, 2017).

Las ZCL se clasifican desde los puntos de vista de la cobertura del tipo de construcción, la cubierta de la superficie del terreno y el material de construcción utilizado (Stewart, 2011; Stewart y Oke, 2012). En esta investigación se han empleado 6 clases: Compacta de media densidad, compacta de baja densidad, abierta de media densidad, abierta de baja densidad, zona verde y zona industrial. La clasificación y las definiciones de las seis zonas se presentan en la figura 3. Tras un posterior análisis de las coberturas establecidas con las coberturas reales mediante Google Street View (Yang et al. 2019) se observó que el 99% de los puntos seleccionados presentó coincidencia con el inventario.

Figura 3. Zonas climáticas locales de la ciudad de Granada.



Fuente: Elaboración propia.

2.6. Estimación de la Temperatura de la Superficie Terrestre

Los productos Séntinel 3 con nivel de procesamiento 1 requieren del empleo de algoritmos de ventana dividida para la recuperación de la TST. Estos se basan en el concepto de absorción diferencial (McMillin, 1975) en el que mediante la diferencia entre las dos bandas TIRS en sus longitudes de onda permiten corregir los efectos atmosféricos producidos sobre la señal. Estos dependen de la emisividad de la superficie terrestre que se puede obtener de múltiples formas (Ruescas et al., 2016). El algoritmo empleado de forma interna por el producto oficial de Séntinel 3A y 3B nivel 2 es el siguiente (Remedios, J. y Emsley, 2012):

$$TST = a_{f,i,pw} + b_{f,i} (T_{11} - T_{12})^{\frac{1}{\cos\left(\frac{\theta}{m}\right)}} + (b_{f,i} + c_{f,i}) T_{12}, \quad (1)$$

donde TST es la temperatura de la superficie en grados Kelvin (K), a, b y c son coeficientes dependientes de la cubierta vegetal y el bioma, T11 y T12 son las tempe-

raturas de brillo de las bandas 8 y 9 de Sentinel 3, respectivamente. θ es el ángulo de visión cenital del satélite y m es una variable dependiente de θ (Remedios, J. y Emsley, 2012; Yang et al., 2020b).

En nuestra investigación se han empleado los productos Sentinel 3 con nivel de procesamiento 2. Estos permiten determinar la TST de forma directa ya que la aplicación del algoritmo (1) lo realiza internamente el software de código abierto Sentinel Application Platform (SNAP) versión 7.0.0.

2.7. Estimación de la Isla de Calor Urbana de Superficie

Según la literatura existente sobre el fenómeno de ICUS, esta se define como la diferencia de temperaturas entre las mediciones dentro del área urbana y las áreas rurales ubicadas en las zonas exteriores de la ciudad tomadas al mismo tiempo (Oke, 1987). Por tanto, la ICUS puede determinarse según la ecuación 2:

$$ICUS = TST_{\text{urbana}} - TST_{\text{rural}} \quad (2)$$

Con las imágenes de las TST de Sentinel 3A y 3B exportadas al software QGIS y con la ayuda del comando calculadora ráster se procedió a la determinación de la ICUS de las urbes investigadas empleando la ecuación 2.

2.8. Verificación de datos satelitales

Los valores obtenidos mediante imágenes satelitales requieren de un proceso de verificación que permita validar los resultados obtenidos. En las últimas décadas, y en relación a los valores de TST, el método de comparación de la LST con las temperaturas ambientales cerca del suelo (1-2 metros) está cogiendo importancia como sistema de validación (Avdan y Jovanovska, 2016; Liu y Zhang, 2011; Mukherjee y Singh, 2020; Rongali et al., 2018). En nuestra investigación, y al objeto de validar las TST obtenidas mediante imágenes satelitales Sentinel 3, se han adquirido los valores de temperatura ambiental de la estación rural de la AEMET ubicada en el aeropuerto de Granada durante las horas de paso de los satélites. Al objeto de minimizar el impacto del entorno rural en el posterior cálculo de la ICUS se ha seleccionado aquella que se encuentra ubicada en una zona rural y, por tanto, rodeada de tierras de cultivo y con escasa superficie impermeable. Este criterio de selección ha reportado impactos estadísticamente significativos en investigaciones similares llevadas a cabo por otros autores (Jiang et al., 2019; Wang et al., 2017). La estación rural de esta investigación se ha seleccionado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones (Wang et al., 2017): 1- El % de superficies impermeables alrededor de la estación debe ser inferior al 30% y el % de tierra de cultivo mayor a 65. 2- Las diferencias de elevación superficial entre las estaciones y las ciudades deben ser inferior a 30 m. 3- Las estaciones rurales deben estar fuera de las principales áreas urbanas. En este sentido y siguiendo las indicaciones establecidas se ha seleccionado la estación meteorológica rural del aeropuerto de Granada cuyas características y ubicación se pueden consultar en la tabla 4.

Tabla 4. Características de la estación meteorológica rural

Datos	Granada
Nombre de la estación	Aeropuerto
Distancia estación – centro de la ciudad (Km)	16
Superficie impermeable cercana (%)	10
Altitud (msnm)	567
UTM	37.11 N, -3.47 O

Fuente: Elaboración propia.

2.9. Estrategia de análisis

El análisis de los datos obtenidos en este estudio se ha realizado de manera estadística con la ayuda del software STATA, versión 15 mediante la técnica del Panel de Datos. Este es un método de uso habitual en la literatura que incluye modelos de relación multivariantes (Alcock et al., 2015; Chen et al., 2011; Fang y Tian, 2020) incluyendo un mayor número de datos en el análisis lo que incrementa los grados de libertad mientras que reduce el inconveniente de la colinealidad entre las variables (Smith y Hsiao, 1988). Al tener en cuenta los efectos individuales de cada individuo permite que la función final obtenida para el conjunto de individuos sea totalmente distinta a la que se hubiera obtenido mediante la utilización de otras técnicas de análisis estadístico (Labra, 2014) tales como regresión múltiple o ANOVA. Se encuentra especialmente indicado para estudios de series temporales con múltiples individuos y variables cuantitativas donde existe la posibilidad de que cambien las variables explicativas en las relaciones entre individuos (Seto y Kaufmann, 2003). Esta circunstancia hace que este sistema de análisis se adapte por completo con los datos obtenidos en nuestro estudio de investigación.

La implantación de este método de análisis estadístico en nuestro modelo ha conllevado dos fases (Chen et al., 2011): En primer lugar, y mediante la prueba de Hausman, se determinarán si los efectos del análisis son fijos o aleatorios. A continuación, se procederá a la estimación del modelo en base a los resultados obtenidos en los Test de Wooldridge y Wald. Existen tres métodos de cálculo: método de cuadrados ordinarios (MCO), mínimos cuadrados generalizados (MCG) y método de estimadores intragrupos (Labra, 2014).

El primero, y aunque ha sido utilizado años atrás de forma amplia, no permite el estudio de los efectos de cada individuo con el paso del tiempo por lo que los resultados pueden otorgar estimadores sesgados.

El segundo, es considerado como una extensión más eficiente del primero donde se asume que los efectos individuales no se encuentran correlacionados con las variables explicativas del modelo. En este caso, los efectos individuales se suman al término de error, siendo la expresión de cálculo la siguiente:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + (\alpha_i + \mu_{it}), \quad (3)$$

donde, α_i son los efectos individuales, μ_{it} es el error del modelo, X son las variables explicativas, i =individual y t =tiempo.

El último método asume que los efectos individuales se encuentran correlacionados con las variables explicativas por lo que trata el efecto individual de forma separada al termino de error, siendo la expresión de cálculo la siguiente:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \mu_{it}, \tag{4}$$

donde, α_i son los efectos individuales, μ_{it} es el error del modelo, X son las variables explicativas, i =individual y t =tiempo.

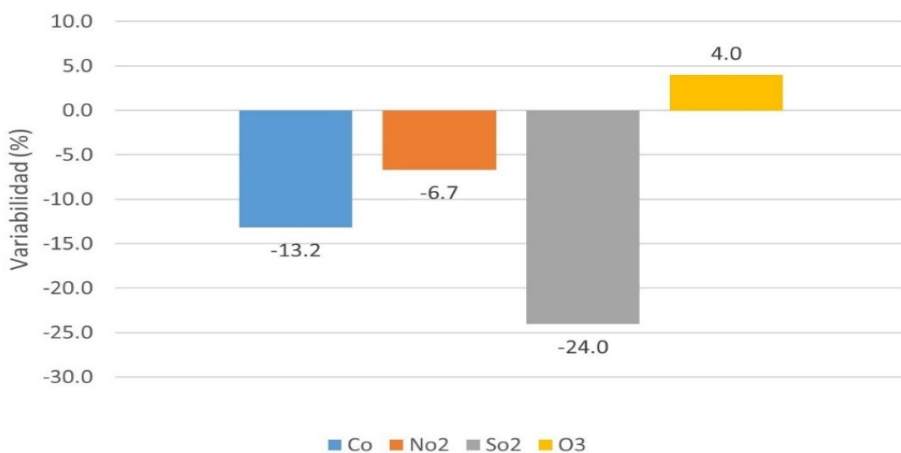
3. Resultados

3.1. Contaminantes

Los valores de contaminación atmosférica diaria de Granada que han sido tenidos en cuenta en nuestra investigación (So₂, No₂, Co) han experimentado reducciones significativas durante el periodo de confinamiento en comparación con los valores medios para los periodos de marzo a junio del año 2019 y del mismo periodo del año 2020 cuando no estuvo vigente el confinamiento.

Por el contrario, los valores de O₃ han experimentado aumentos durante el mismo periodo. En la figura 4 se reportan los valores medios diarios de reducción de las variables investigadas. Se aprecia como las reducciones medias en la ciudad de Granada han sido de: So₂ (-24,0 %), No₂ (-6,7 %) y Co (-13,2 %). Por el contrario, el incremento de la variable O₃ ha sido del 4,0 %. Se observa que el contaminante que ha experimentado una mayor reducción es el So₂ mientras que el contaminante que menor reducción ha experimentado ha sido el No₂. No obstante, de los resultados obtenidos en la investigación se reporta una importante variabilidad entre las distintas ZCL empleadas con respecto a la reducción de los contaminantes.

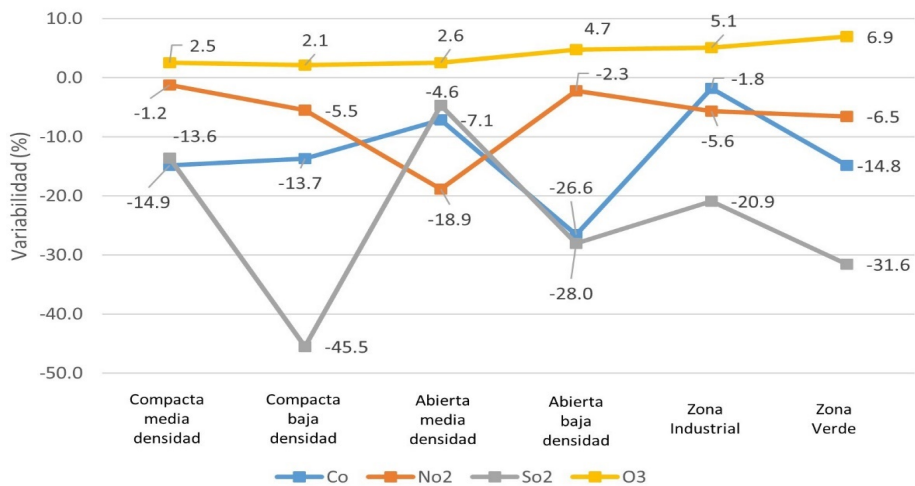
Figura 4. Variabilidad media de contaminantes en la atmosfera.



Fuente: Elaboración propia.

Así, en la figura 5 se reporta que la mayor reducción del contaminante Co se produce en las zonas abiertas de baja densidad (-26,6%) en contraposición con las zonas industriales donde la reducción es la más pequeña (-1,8 %). El No₂ presenta una mayor reducción en las zonas abiertas de media densidad (-18,9 %) en contraposición con las zonas compactas de media densidad donde la reducción es menor (-1,2 %). El So₂ presenta una mayor reducción en las zonas compactas de baja densidad (-45,5 %) en contraposición con las zonas abiertas de media densidad donde la reducción es menor (-4,6 %). El incremento mayor de la variable O₃ se produce en las zonas verdes (6,9 %) mientras que el menor crecimiento se produce en las zonas compactas de baja densidad (2,1 %).

Figura 5. Reducción de la concentración de contaminantes por zonas climáticas locales.

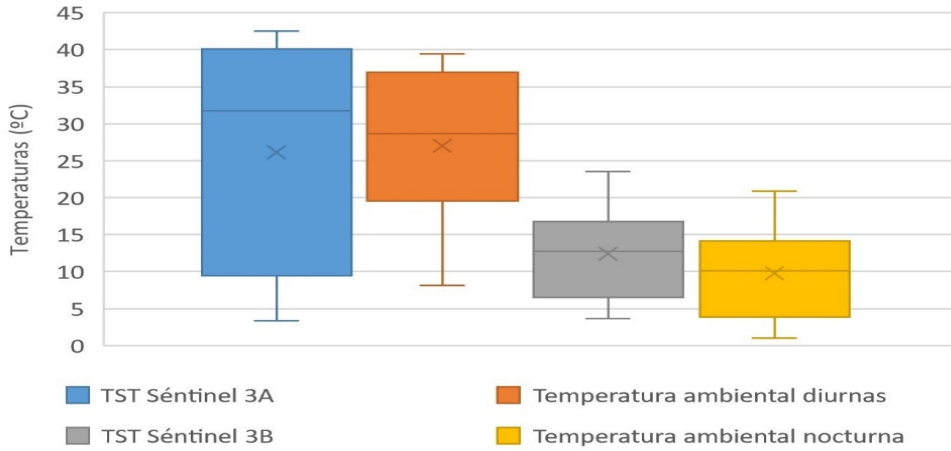


Fuente: Elaboración propia.

3.2. Temperatura de la Superficie Terrestre y Temperaturas ambientales.

Los estadísticos de la TST obtenidos mediante los productos Séntinel 3A y 3B y de la temperatura ambiental recuperada de la estación meteorológica de la AEMET se encuentran reflejados en la figura 6. En líneas generales, los productos Séntinel 3A y 3B presentan valores medios anuales más altos en la ciudad de Granada que los obtenidos de forma in situ mediante estaciones meteorológicas. En concreto, por la mañana los valores medios más altos de TST se obtienen mediante el producto oficial Séntinel 3A (31,8 °C) mientras que la temperatura ambiental ha sido más baja (28,7 °C). Por la noche, los valores medios más altos de TST vuelven a obtenerse mediante el producto oficial Séntinel 3B (12,7 °C) mientras que la temperatura ambiental media ha sido más baja (10,1 °C). Con respecto a las diferencias medias obtenidas entre la TST y la temperatura ambiental han sido de 3.1 °C para Séntinel 3A y de 2.6 °C para Séntinel 3B.

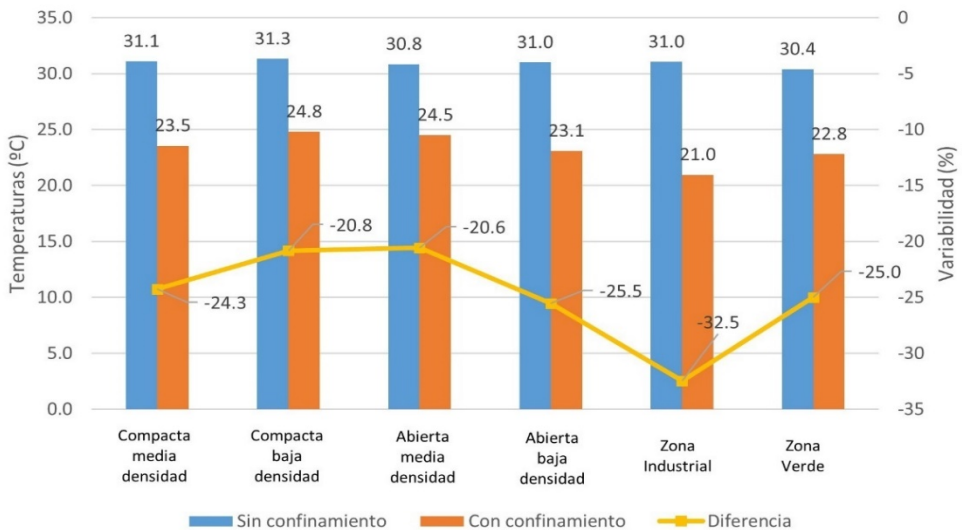
Figura 6. Estadísticos TST Séntinel 3A y 3B y temperaturas ambientales.



Fuente: Elaboración propia.

No obstante, en la figura 6 se puede observar cómo los datos de TST y temperatura ambiental diurnos presentan una asimetría positiva concentrándose los valores en el tercer cuartil. Por el contrario, los valores de TST y temperatura ambiental nocturna presentan una asimetría negativa concentrándose los valores en el primer cuartil.

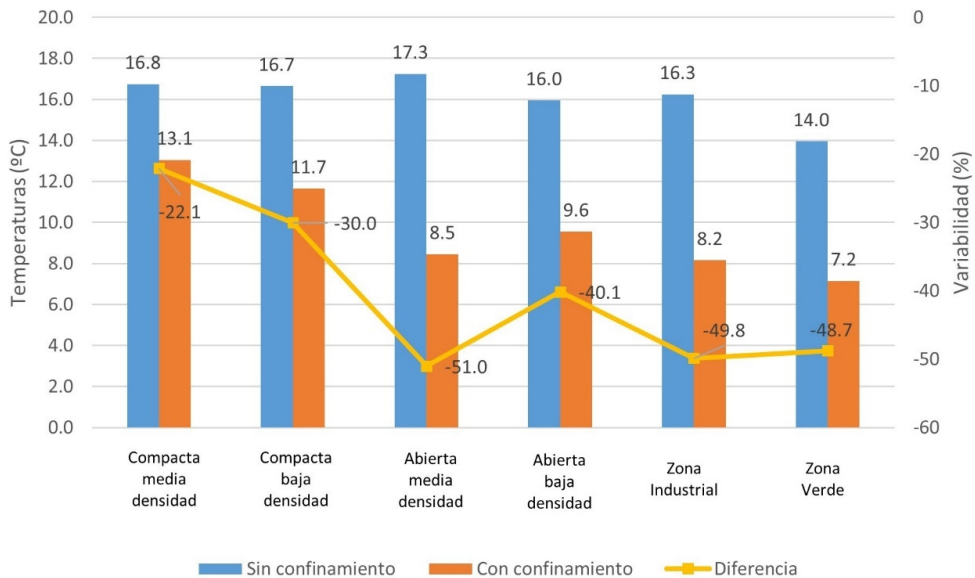
Figura 7. TST medias diurnas por ZCL y por periodo de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7 se pueden observar los valores de TST obtenidos mediante imágenes Séntinel 3A para los periodos de marzo a junio de los años 2019 y 2020 sin confinamiento domiciliario y los valores de TST obtenidos para el periodo de confinamiento domiciliario del año 2020. Se puede apreciar como los valores de TST diurnos durante el periodo de confinamiento fueron sensiblemente inferiores a los valores obtenidos durante los periodos sin confinamiento de los años 2019 y 2020. La disminución media diurna de la TST en la urbe fue de $-9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo que supone una reducción media del $-30,9\%$. Las mayores reducciones de temperatura diurna se producen en las zonas industriales ($-32,5\%$), zonas abiertas de baja densidad ($-25,5\%$) y zonas verdes ($-25,0\%$). Por el contrario, las menores reducciones de TST se producen en las zonas abiertas de media densidad ($-20,6\%$) y las zonas compactas de baja densidad ($-20,8\%$). Se observa que las reducciones son mayores en las ZCL abiertas que en las compactas.

Figura 8. TST medias nocturnas por ZCL y por periodo de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

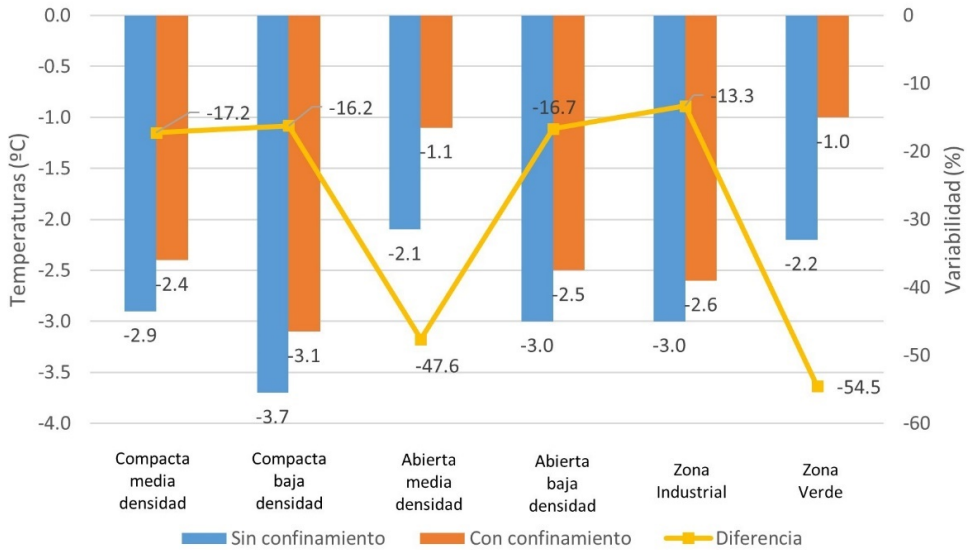
En la figura 8 se pueden observar los valores de TST obtenidos mediante imágenes Séntinel 3B para los periodos de marzo a junio de los años 2019 y 2020 sin confinamiento domiciliario y los valores de TST obtenidos para el periodo de confinamiento domiciliario del año 2020. Se puede apreciar como los valores de TST durante el periodo de confinamiento fueron sensiblemente inferiores a los valores obtenidos durante los periodos sin confinamiento de los años 2019 y 2020. La disminución media nocturna de la TST en la ciudad fue de $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo que supone una

reducción media del -45,0 %. Las mayores reducciones de temperatura nocturna se producen en las zonas abiertas de media densidad (-51 %), zonas industriales (-49,8 %) y zonas verdes (-48,7 %). Por el contrario, las zonas con menor disminución de la TST son las zonas compactas de media densidad (-22,1 %) y de baja densidad (-30,0 %). Se observa que las reducciones vuelven a ser mayores en las ZCL abiertas que en las zonas compactas.

3.3. Isla de calor urbana de superficie

Los resultados de la ICUS reportados en la presente investigación nos indican reducciones medias diarias significativas de este fenómeno con un valor medio de -1.60 °C (-66,0 %) durante el periodo de confinamiento domiciliario en comparación con el periodo sin confinamiento de los años 2019 y 2020.

Figura 9. ICUS medias diurnas por ZCL y por periodo de estudio.

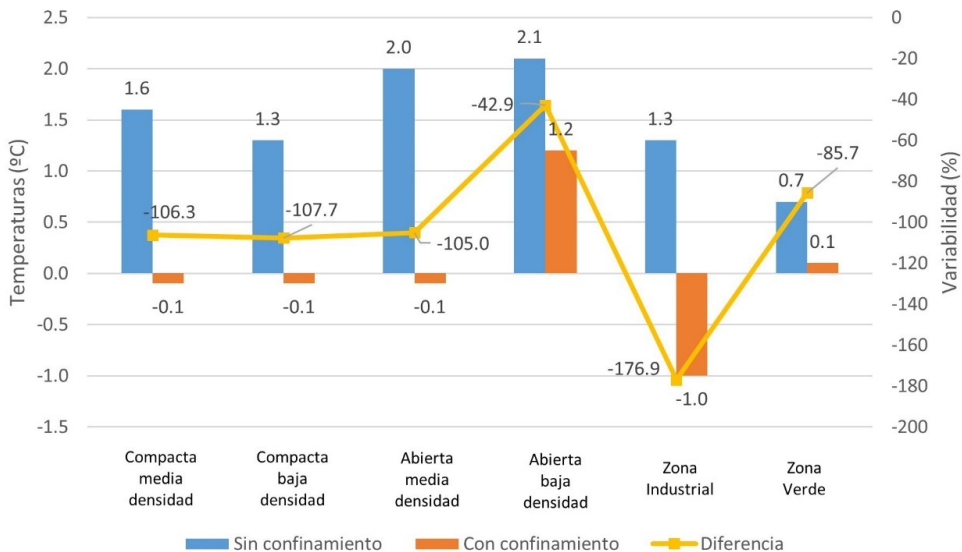


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se pueden observar los valores de ICUS diurnos obtenidos mediante imágenes Sentinel 3A para los periodos de marzo a junio de los años 2019 y 2020 sin confinamiento domiciliario y los valores de ICUS obtenidos para el periodo de confinamiento domiciliario del año 2020. La intensidad media diurna de la ICUS de la urbe investigada durante el periodo de los años 2019 y 2020 sin confinamiento fue de -3.3 °C y durante el periodo de confinamiento se redujo hasta un valor medio de -1.3 °C. Estos valores implican una reducción media de -2,0 °C (-63,6 %). Las mayores reducciones en la intensidad de la ICUS se han producido en las zonas verdes (-54,5 %) y en las zonas abiertas de media densidad (-47,6 %). Por el contrario, las

menores reducciones se han producido en las zonas industriales (-13,3 %) y en las zonas compactas de baja densidad (-16,2 %) y media densidad (-17,2 %). Se observa que las reducciones son mayores en las ZCL abiertas que en las zonas compactas. La detección de ICUS con valores negativos ha sido estudiada anteriormente por otros autores llegando a identificarla como isla de enfriamiento urbano (Saaroni et al., 2018; Wu et al., 2019; Yang et al., 2020a). Durante las primeras horas de la mañana la radiación solar es mayor en estas zonas en contraposición a las del interior de la ciudad debido a las sombras que generan los edificios y árboles, al sistema heterogéneo de paramentos impermeables y gran absorción térmica y a las tasas de enfriamiento que experimentan las zonas con vegetación y las tasas de calentamiento de las zonas con escasez de vegetación y suelos desnudos (Fang y Tian, 2020; Song et al., 2018; Yang et al., 2019, 2020a).

Figura 10. ICU medias nocturnas por ZCL y por periodos de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10 se pueden observar los valores de ICUS nocturnos obtenidos mediante imágenes Sentinel 3B para los periodos de marzo a junio de los años 2019 y 2020 sin confinamiento domiciliario y los valores de ICUS obtenidos para el periodo de confinamiento domiciliario del año 2020. La intensidad media nocturna de la ICUS de las urbes investigadas durante el periodo de los años 2019 y 2020 sin confinamiento fue de 1,9 °C y durante el periodo de confinamiento se redujo hasta un valor medio de 0,7 °C. Estos valores implican una reducción media de -1,3 °C (68,4 %). Las mayores reducciones en la intensidad de la ICUS se han producido en las zonas industriales (-176,9 %) y zonas compactas de media densidad (-106,3 %) y

baja densidad (-107,7). Por el contrario, las menores reducciones se han producido en las zonas abiertas de baja densidad (-42,9 %) y zonas verdes (-85,7 %). Se observa que las reducciones vuelven a ser mayores en las ZCL abiertas que en las zonas compactas. Obtener ICUS con valores positivos revela que durante las noches la ciudad analizada se encuentra a temperaturas mayores que las zonas rurales circundantes. Esto es debido a que una vez que se oculta el sol las zonas rurales tienden a enfriarse rápidamente mientras que en las zonas urbanas el calor se conserva. El empleo de materiales de construcción impermeables de alta absorción térmica en el interior de las urbes hace que estas, tras ocultarse el sol, desprendan el calor absorbido durante el día. Esta situación ha sido estudiada anteriormente por otros autores llegando a identificarla como isla de calor urbano (Saaroni et al., 2018; Wu et al., 2019; C. Yang et al., 2020).

3.4. Análisis estadístico

3.4.1 Validación de temperaturas satelitales

Al objeto de validar los datos satelitales obtenidos se ha procedido a determinar los coeficientes de ajuste lineal R^2 entre la TST obtenida mediante Séntinel 3A y 3B y las temperaturas ambientales adquiridas en la AEMET. Los resultados alcanzados se consideran adecuados ya que presentan valores por encima de 0,98, ($R^2=0,99$ y $0,98$ para Séntinel 3A y 3B respectivamente). Los valores de desviación estándar (SD), sesgo medio del error (MBE) y el error medio cuadrático (RMSE) obtenidos para el conjunto de datos de Séntinel 3A ha sido de: SD=8,9 °C; MBE=-0,143 °C y RMSE=3,8 °C; mientras que para los datos de Séntinel 3B los valores obtenidos ha sido de: SD= 6,6 °C; MBE=-0,213 °C y RMSE=3,1 °C. Estos valores indican una buena relación entre los valores investigados considerándose estadísticamente significativos al presentar valores por encima del 98 %.

3.4.2. TST e ICUS - situación de confinamiento

Se procede a realizar el análisis estadístico mediante el método del Panel de Datos para determinar si la situación de confinamiento domiciliario afecta a la TST e ICUS obtenida en la ciudad de Granada. En primer lugar, es necesario determinar si el procedimiento de cálculo debe realizarse mediante efectos fijos o aleatorios. Para ello, se ha implementado la prueba de Hausman obteniendo que es necesario utilizar el panel de datos de efectos aleatorios robustos para los datos. Para el desarrollo del Panel de Datos se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) mediante la ecuación 3. Los resultados del análisis de los datos de TST e ICUS diurna y nocturna obtenidos mediante Séntinel 3A y 3B, respectivamente se indican en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Resultados TST confinamiento Panel de Datos Séntinel 3 datos diurnos y nocturnos.

Satélite	Séntinel 3 datos diurnos			Séntinel 3 datos nocturnos		
	ρ	β	sd	ρ	β	sd
Confinamiento	0,000***	-7,6643	0,5516	0,000***	-6,4743	0,7809
Constante	0,000***	311,75	0,5646	0,000***	295,77	0,8955

β : Coeficiente; sd: Desviación estándar; Errores estándar robustos: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ y *** $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resultados ICU confinamiento Panel de Datos Séntinel 3 datos diurnos y nocturnos.

Satélite	Séntinel 3 datos diurnos			Séntinel 3 datos nocturnos		
	ρ	β	sd	ρ	β	sd
Confinamiento	0,000***	-0,6875	0,13098	0,000***	-1,6425	0,2460
Constante	0,000***	3,5146	0,8962	0,000***	3,0107	0,3969

β : Coeficiente; sd: Desviación estándar; Errores estándar robustos: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ y *** $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis estadístico de los datos de TST e ICUS relacionados con la situación de confinamiento domiciliario obtenidos mediante Séntinel 3A y 3B indican que se produce una relación estadísticamente significativa y negativa por encima del 99 % entre las variables TST e ICUS y el confinamiento domiciliario. Los valores obtenidos de R^2 , el estadístico F de los datos y la $\text{Prob} > \text{Chi}^2$ obtenidos para la TST mediante Séntinel 3A han sido: $R^2 = 0,81$; $F = 193,02$ y $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,000$. Los valores obtenidos para la ICUS han sido: $R^2 = 0,84$; $F = 27,56$; $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,000$. Los valores obtenidos de R^2 , el estadístico F de los datos y la $\text{Prob} > \text{Chi}^2$ obtenidos para la TST mediante Séntinel 3B han sido: $R^2 = 0,69$; $F = 68,73$ y $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,000$. Los valores obtenidos para la ICU han sido: $R^2 = 0,49$; $F = 44,55$; $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,040$. Se observa que estos datos indican una buena concordancia entre la variable dependiente y la independiente elegida mediante el método empleado con un nivel de ajuste elevado al 99 % de significancia ya que $\text{Prob} > \text{chi}^2 = 0,000$. Esta situación refleja una buena concordancia entre los valores de ICUS y TST y la situación de confinamiento tanto con las imágenes del Séntinel 3A como del 3B.

3.4.3. Contaminantes versus situación de confinamiento

Se continua con el análisis estadístico mediante el método del Panel de Datos para determinar si la concentración de contaminantes se ve afectada por la situación de confinamiento domiciliario. Al igual que en el apartado anterior, en primer lugar, es necesario determinar si el procedimiento de cálculo debe realizarse mediante efectos fijos o aleatorios. Para ello, se ha implementado la prueba de Hausman obteniendo

que es necesario utilizar el panel de datos de efectos aleatorios robustos para los datos. Para el desarrollo del Panel de Datos se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) mediante la ecuación 3. Los resultados del análisis de los datos de los contaminantes con la situación de confinamiento se expresan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados contaminantes versus confinamiento Panel de datos.

Satélite	Séntinel 3 datos diurnos			Séntinel 3 datos nocturnos		
	ρ	β	sd	ρ	β	sd
O ₃	0,000***	-1,0150	1,6102	0,674	10,5615	25,106
Co	0,005**	-43,410	15,3620	0,763	71,760	238,36
So ₂	0,376	286,20	323,477	0,079	8419,5	4791,20
No ₂	0,202	6161,9	4832,20	0,008**	-172805	64706
Constante	0,000	2,6077	0,4703	0,000	272,306	8,068

β : Coeficiente; sd: Desviación estándar; Errores estándar robustos: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ y *** $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis estadístico de los datos diurnos de contaminación relacionados con la situación de confinamiento domiciliario indican que se produce una relación estadísticamente significativa y negativa por encima del 99 % entre la variable O₃ y la situación de confinamiento domiciliario y del 99% entre la variable Co y la situación de confinamiento. En relación a los datos nocturnos se observa una relación estadísticamente significativa y negativa del 99 % con la variable No₂. Los valores diurnos obtenidos han sido los siguientes: $R^2 = 0,82$; $F = 9,79$ y $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,004$. Los valores nocturnos han sido: $R^2 = 0,56$; $F = 12,33$; $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,001$. Se observa que estos datos indican una buena concordancia entre la variable dependiente y la independientes elegidas mediante el método empleado con un nivel de ajuste elevado al 95 % de significancia ya que $\text{Prob} > \text{chi}^2 < 0.005$. Esta situación refleja una buena concordancia entre los valores de ICU y TST y la situación de confinamiento.

3.4.4. TST e ICUS con los contaminantes

Tras determinar en los apartados anteriores que se produce una relación estadísticamente significativa entre la TST e ICUS y la situación de confinamiento y los contaminantes, se continua con el análisis estadístico para determinar que contaminantes son los que condicionan la TST e ICUS diurna y nocturna. Al igual que en el apartado anterior, en primer lugar, es necesario determinar si el procedimiento de cálculo debe realizarse mediante efectos fijos o aleatorios. Para ello, se ha implementado la prueba de Hausman obteniendo que es necesario utilizar el panel de datos de efectos aleatorios robustos para los datos. Para el desarrollo del

Panel de Datos se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) mediante la ecuación 3. Los resultados del análisis de los datos de los contaminantes con la TST diurna y nocturna se expresan en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados TST e ICUS - contaminantes Panel de datos.

Satélite	TST-contaminantes ambientales						ICUS- contaminantes ambientales					
	Séntinel 3 datos diurnos			Séntinel 3 datos nocturnos			Séntinel 3 datos diurnos			Séntinel 3 datos nocturnos		
	ρ	β	sd	ρ	β	sd	ρ	β	sd	ρ	β	sd
O ₃	0,012*	75,477	29,960	0,674	10,561	25,106	0,094	7,009	4,1880	0,009**	6,3543	2,4321
Co	0,000***	-1557,4	202,16	0,763	71,7609	238,36	0,726	-36,91	105,44	0,858	9,387	52,344
So ₂	0,449	-3840,6	5073,3	0,079	8419,5	4791,2	0,555	-1018	1723,5	0,038	-1175,5	565,17
No ₂	0,046*	-16827	84138,7	0,008	172805	64706	0,070	23671	13063	0,669	5350,12	12504
Constante	0,000***	258,58	8,1218	0,000***	272,30	8,068	0,391	-3,023	3,527	0,748	-0,4728	1,4732

β : Coeficiente; sd: Desviación estándar; Errores estándar robustos: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ y *** $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis estadístico de los datos diurnos nos reportan que durante las mañanas se producen relaciones estadísticamente significativas entre la TST y los contaminantes. Por el contrario, no se han encontrado relaciones estadísticamente significativas entre la variable ICUS y los contaminantes. En concreto se evidencia una negativa y estadísticamente significativa por encima del 99 % entre la TST diurna y la variable Co, negativa y del 95 % entre las variables TST y No₂ y positiva y del 95 % entre las variables TST y No₂. Los valores diurnos de la TST y los contaminantes ambientales han sido los siguientes: $R^2 = 0,75$; $F = 141,70$ y $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,000$. Se observa que estos datos indican una buena concordancia entre la variable dependiente y la independientes elegida mediante el método empleado con un nivel de ajuste elevado al 99 % de significancia ya que $\text{Prob} > \text{chi}^2 = 0,000$. Esta situación refleja una buena concordancia entre los valores de contaminantes y la TST diurna.

Los resultados del análisis estadístico de los datos nocturnos no reportan relaciones estadísticamente significativas entre la TST y los contaminantes. Por el contrario, si se ha reportado una relación positiva y estadísticamente significativa del 99 % entre la ICUS y la variable O₃. Los valores nocturnos de ICUS y los contaminantes ambientales han sido los siguientes: $R^2 = 0,48$; $F = 59,05$ y $\text{Prob} > \text{Chi}^2 = 0,000$. Se observa que estos datos indican una buena concordancia entre la variable dependiente y la independiente elegida mediante el método empleado con un nivel de ajuste elevado al 99 % de significancia ya que $\text{Prob} > \text{chi}^2 = 0,000$. Esta situación refleja una buena concordancia entre los valores de contaminantes y la ICU nocturna.

4. Discusión

Los resultados reportados en la presente investigación nos indican reducciones significativas de los contaminantes ambientales analizados motivado por el periodo de confinamiento domiciliario decretado por el Gobierno de España y motivado por la situación de COVID-19. Los contaminantes SO_2 , NO_2 y CO han presentado reducciones medias diarias de -24,0 %, -6,7 % y -13,2 %, respectivamente. Estos datos se encuentran en concordancia con otras investigaciones similares llevadas a cabo por otros autores en otras ciudades o territorios que también han dispuesto de periodos de confinamiento domiciliario (Ali et al., 2021; Alqasemi et al., 2021; Das et al., 2021; Jiang et al., 2021; Mandal y Pal, 2020; Siddiqui et al., 2020) otorgando validez a los resultados obtenidos en esta investigación. Por tanto, se corrobora que la situación de confinamiento motivada por la COVID -19 ha repercutido de forma positiva en la reducción de contaminantes ambientales vertidos a la atmosfera. Se reporta que la variable O_3 ha presentado un incremento medio diario del 4,0 % durante el periodo de confinamiento domiciliario. Esta situación ha sido puesta de manifiesto en investigaciones similares sobre otras zonas urbanas (Li et al., 2016; Zhao et al., 2020; Zou et al., 2019) estando motivada por la reacción fotoquímica provocada por una elevada reducción de las emisiones de NO_2 en la atmosfera.

Con respecto a la variabilidad espacial de la reducción de los contaminantes se observan diferencias entre las distintas zonas climáticas locales. Así, la mayor reducción de la variable CO se ha producido en las zonas abiertas de baja densidad mientras que las menores reducciones se han producido en las zonas industriales. Con respecto a la variable NO_2 las mayores reducciones se han producido en las zonas abiertas de media densidad mientras que en las zonas abiertas de baja densidad se han detectado las menores reducciones. El SO_2 ha experimentado mayores reducciones en las zonas compactas de baja y media densidad en contraposición con las menores reducciones reportadas en las zonas abiertas de media y baja densidad. Por último, la variable O_3 ha experimentado un mayor crecimiento en las zonas verdes en contraposición con el menor crecimiento reportado en las zonas compactas de baja y media densidad. El análisis estadístico mediante la técnica del Panel de Datos reporta relaciones estadísticamente significativas y negativas por encima del 99 % entre las variables TST e ICUS y la situación de confinamiento tanto por la mañana como por las noches. Estos valores se encuentran en concordancia con otras investigaciones similares llevadas a cabo por otros autores en otras ciudades o territorios que también han dispuesto de periodos de confinamiento domiciliario (Ali et al., 2021; Alqasemi et al., 2021; Das et al., 2021; Jiang et al., 2021; Mandal y Pal, 2020; Siddiqui et al., 2020; Srivastava et al., 2021; Toro et al., 2021) otorgando validez a los resultados obtenidos en esta investigación. Con respecto al % de reducción del contaminante SO_2 nuestra investigación reporta resultados inversos a las investigaciones llevadas a cabo sobre 9 ciudades de Pakistán (Ali et al., 2021) o sobre el país de Corea del Sur (Ju et al., 2021) donde no se reportaron variaciones sobre este contaminante durante el periodo de confinamiento domiciliario.

Los resultados presentados sobre los productos de nivel 2 de Séntinel 3 para la obtención de la TST y la ICUS en la ciudad de Granada presentan unos rendimientos adecuados que son consistentes entre sí y similares a los aportados por otras investigaciones similares (Chiang e Ivan, 2020; Hu et al., 2020; Li et al., 2011; Prikaziuk y van der Tol, 2019; Sobrino et al., 2016; Tan y Li, 2015; Yang et al., 2019; Ye et al., 2020). En otras investigaciones ya realizadas el método ha reportado precisiones que oscilan entre los 0.2 y 7.8°C (Avdan y Jovanovska, 2016; Gallo et al., 2011; Liu y Zhang, 2011; Mukherjee y Singh, 2020; Rongali et al., 2018). No obstante, estas importantes diferencias de temperaturas dependen de si se han incluido solo zonas urbanas o zonas mixtas: urbanas y rurales. Así, los autores Avdan y Jovanovska, (2016), Liu et al., (2011) y Mukherjee y Singh, (2020) presentan diferencias de entre 0.7 y 2.7 °C pero se encuentran aplicados a zonas urbanas. Por el contrario, los estudios de los autores Gallo et al., (2011) y Rongali et al., (2018) presentan mayores diferencias de temperatura que los anteriores. Estas oscilan entre 4 y 7 °C pero se encuentran aplicados a grandes superficies mixtas que incluyen zonas rurales y urbanas. Las TST medias obtenidas en nuestra investigación con productos Séntinel 3 son mayores a las temperaturas ambientales de las estaciones meteorológicas. Estos valores se encuentran en concordancia con las investigaciones de los autores Avdan y Jovanovska, (2016); Liu et al., (2011) y Mukherjee y Singh, (2020) teniendo en cuenta que nuestra área de estudio incluye solo zonas urbanas. Los coeficientes de determinación R^2 , SD, MBE y RMSE denotan una buena concordancia de los valores y un rendimiento general adecuado. Estos datos se encuentran en concordancia con otras investigaciones similares llevadas a cabo por otros autores en otras ciudades o territorios (Chiang e Ivan, 2020; Coppo et al., 2010; Prikaziuk y van der Tol, 2019; Ruescas et al., 2016; Sobrino et al., 2016; Yang et al., 2020b) otorgando validez a los resultados obtenidos en esta investigación.

Los resultados de TST reportados en la presente investigación nos indican reducciones significativas de esta durante el periodo de confinamiento domiciliario en comparación con el periodo sin confinamiento de los años 2019 y 2020. En concreto la TST media diurna de la ciudad investigada ha presentado una reducción media de 9,6 °C (-30,9 %) mientras que la TST media nocturna ha presentado una reducción media de 7,7 °C (-45,0 %). Con respecto a la variabilidad espacial, indicar que durante las mañanas las mayores reducciones de TST se han detectado en las ZCL industriales (-10,1 °C), abiertas (-7,1 °C) y verdes (-7,6 °C). Por el contrario, las menores reducciones se han reportado en las zonas compactas (-7,0 °C). Con respecto a los valores nocturnos, se han reportado mayores reducciones en las zonas abiertas (-7,6 °C) e industriales (-8,1 °C) en contraposición con las zonas compactas (4,4 °C) donde se han reportado los menores descensos de TST. Estos valores se encuentran en consonancia con los resultados obtenidos en otras investigaciones similares sobre la Cuenca del río Dwarka (India) donde se obtuvieron reducciones de TST de entre 3 y 5 °C (Mandal y Pal, 2020); en la Bahía de San Francisco (EEUU) con una reducción de TST de entre 5 y 8 °C (Potter y Alexander, 2021) o con las reducciones detectadas en siete ciudades de Arabia Saudí (Alqasemi et al., 2021). Esta circunstancia, nos indica que la paralización de los sectores del turismo, industria y el transporte

motivado por la situación de confinamiento mejora la temperatura de la superficie terrestre de forma significativa. No obstante, nuestros resultados se encuentran muy por encima de los valores reportados sobre la ciudad de Tokio (Fujibe, 2020) que presentó valores de entre -0.2 y -0.51 °C obtenidos mediante estaciones meteorológicas, los de Osaka (Nakajima et al., 2021) con un valor medio de -0.13 °C obtenidos mediante simulaciones numéricas con el sistema Advanced Research WRF y de Montreal (Canadá) (Teufel et al., 2021) con un valor medio de -1.0 °C obtenido mediante simulaciones de alta resolución. No obstante, y aunque estos últimos valores por simulación se encuentran por debajo de nuestros resultados, no han sido obtenidos de mediciones reales por lo que podrían diferir de los resultados reales.

Los resultados de ICUS reportados en la presente investigación nos indican reducciones significativas de esta durante el periodo de confinamiento domiciliario en comparación con el periodo sin confinamiento de los años 2019 y 2020 con un valor medio de -1.6 °C (66,0 %). En concreto la ICU media diurna de la urbe investigada ha presentado una reducción media de $-2,0$ °C (63,6 %) mientras que la ICUS media nocturna ha presentado una reducción con un valor medio de $-1,2$ °C (68,4 %). Con respecto a la variabilidad espacial, indicar que durante las mañanas la reducción mayor de ICUS se ha detectado en las ZCL verdes ($-1,2$ °C) seguidas de las zonas abierta ($-0,7$ °C) en contraposición con las zonas compactas ($-0,5$ °C) y las zonas industriales ($-0,4$ °C) donde las reducciones han sido menores. Las mayores reducciones nocturnas se han producido en las zonas industriales ($-2,3$ °C), abiertas ($-2,1$ °C) y las menores reducciones se han reportado en las zonas compactas ($-1,5$ °C). Estos valores se encuentran en consonancia con los resultados obtenidos en otras investigaciones similares en siete ciudades de Arabia Saudí (Alqasemi et al., 2021) donde obtuvieron reducciones de la ICUS nocturna comprendidas entre el 12.3 % y 28.6 % con un valor medio de 19.2 %, los estudios sobre nueve ciudades de Pakistán donde se obtuvieron reducciones medias de ICU de entre -0.1 °C (-8.7 %) y -0.4 °C (-19.5 %) para ciudades mayores y megacities, respectivamente o las simulaciones de alta resolución llevadas a cabo sobre la ciudad de Montreal (Canadá) que reportaron reducciones de entre -0.3 y -1.4 °C (Teufel et al., 2021). Estos resultados no solo otorgan validez a los resultados obtenidos en nuestra investigación sino que juntos a los reportados nos indican que la paralización de los sectores del turismo, industria y el transporte motivado por la situación de confinamiento presenta un importante efecto minimizador en el fenómeno de alteración del clima urbano ICUS.

5. Conclusiones

La situación mundial generada por la COVID-19 ha supuesto la paralización completa de los sectores del transporte, industria y turismo durante el periodo de confinamiento domiciliario decretado por los distintos gobiernos. Esta situación junto a los beneficios de la teledetección ha brindado una oportunidad única para comprender el impacto de la actividad humana en la contaminación ambiental y su afección al clima urbano sobre todo en uno de los fenómenos de mayor relevancia

como es la ICUS. Su conocimiento y caracterización ante situaciones extraordinarias resulta de gran interés al objeto de establecer medidas de mitigación y resiliencia en las futuras propuestas de planificación y desarrollo urbanístico de las ciudades.

Se puede concluir que la situación de confinamiento domiciliario ha propiciado una reducción importante de los contaminantes ambientales (So₂, No₂ y Co) mientras que el contaminante O₃ ha presentado un incremento. Asociada a esta reducción de contaminantes se ha reportado una reducción en la TST e ICUS de la urbe en la situación de confinamiento en comparación a las mismas fechas del año 2019 y 2020 sin confinamiento domiciliario. La reducción media de TST ha sido de -8,7 °C (-38 %) siendo mayor en las mediciones diurnas en contraposición con las nocturnas. La mayor reducción diurna y nocturna se ha experimentado en las zonas industriales de la ciudad en contraposición a la menor reducción que se ha producido en las zonas compactas. La reducción media de ICUS reportada ha sido de -1.6 °C (-66,0 %) siendo mayor en las lecturas diurnas en contraposición con las nocturnas. La mayor reducción diurna se ha producido en las zonas verdes mientras que la mayor reducción nocturna se ha producido en las zonas industriales.

En el ámbito de la práctica, nuestros hallazgos proporcionan una comprensión integral del impacto de la paralización de la actividad humana en la reducción de los contaminantes ambientales y su afección a la TST e ICUS. Esta permitirá a los planificadores urbanísticos y administraciones públicas encargadas de gestionar las futuras zonas de crecimiento la toma de decisiones sobre las medidas de mitigación más adecuadas para minimizar los efectos de la intensificación de la TST e ICU. Se corrobora que estas deberían ir enfocadas en la línea de minimizar las concentraciones de contaminantes vertidos a la atmosfera lo que revertirá también en un efecto positivo en el calentamiento global del planeta. Estas medidas, tras los estudios previos pertinentes, podrían ser extrapolables a otras ciudades de la Cuenca del Mediterráneo que presenten similares características y ZCL a la investigada teniendo en cuenta que el empleo de imágenes satelitales Séntinel 3 y 5P se encuentra al alcance de toda la comunidad científica y su uso para la determinación de la TST e ICU resulta sencillo.

6. Referencias bibliográficas

- Alcock, I., White, M. P., Lovell, R., Higgins, S. L., Osborne, N. J., Husk, K., y Wheeler, B. W. (2015). What accounts for “England’s green and pleasant land”? A panel data analysis of mental health and land cover types in rural England. *Landscape and Urban Planning*, 142, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.05.008>
- Ali, G., Abbas, S., Qamer, F. M., Wong, M. S., Rasul, G., Irteza, S. M., y Shahzad, N. (2021). Environmental impacts of shifts in energy, emissions, and urban heat island during the COVID-19 lockdown across Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125806. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125806>
- Alqasemi, A. S., Hereher, M. E., Kaplan, G., Al-Quraishi, A. M. F., y Saibi, H. (2021). Impact of COVID-19 lockdown upon the air quality and surface urban heat island intensity over

- the United Arab Emirates. *Science of the Total Environment*, 767, 144330. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144330>
- Andersson, D., y Nässén, J. (2016). Should environmentalists be concerned about materialism? An analysis of attitudes, behaviours and greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Psychology*, 48, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.08.002>
- Anjos, M., Targino, A. C., Krecl, P., Oukawa, G. Y., y Braga, R. F. (2020). Analysis of the urban heat island under different synoptic patterns using local climate zones. *Building and Environment*, 185(September). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107268>
- Arbuthnott, K. G., y Hajat, S. (2017). The health effects of hotter summers and heat waves in the population of the United Kingdom: A review of the evidence. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(Suppl 1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0322-5>
- Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23(1), 1–26. <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- Avdan, U., y Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Bar, S., Parida, B. R., Mandal, S. P., Pandey, A. C., Kumar, N., y Mishra, B. (2021). Impacts of COVID-19 lockdown on NO₂ and PM_{2.5} levels in major urban cities of Europe and USA. *Cities*, 117(2), 103308. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103308>
- Bashir, M. F., Ma, B., Bilal, Komal, B., Bashir, M. A., Tan, D., y Bashir, M. (2020). Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Science of the Total Environment*, 728, 138835. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138835>
- Brousse, O., Georganos, S., Demuzere, M., Vanhuysse, S., Wouters, H., Wolff, E., Linard, C., van Lipzig, N. P. M., y Dujardin, S. (2019). Using Local Climate Zones in Sub-Saharan Africa to tackle urban health issues. *Urban Climate*, 27(December 2018), 227–242. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.12.004>
- Čeplová, N., Kalusová, V., y Lososová, Z. (2017). Effects of settlement size, urban heat island and habitat type on urban plant biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 159, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.004>
- Chen, Y., Li, X., Zheng, Y., Guan, Y., y Liu, X. (2011). Estimating the relationship between urban forms and energy consumption: A case study in the Pearl River Delta, 2005-2008. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.007>
- Chiang, S. e Ivan, N. (2020). Mapping and Tracking Forest Burnt Areas in the Indio Maiz Biological Reserve Using Sentinel-3 SLSTR and VIIRS-DNB Imagery. *Sensors (Switzerland)*, 19(2019). <https://www.globalwildlife.org/project/indio-maiz-biological-reserve/>
- Coleman, R. W., Stavros, N., Hulley, G., y Parazoo, N. (2020). Comparison of Thermal Infrared-Derived Maps of Irrigated and Non-Irrigated Vegetation in Urban and Non-Urban Areas of Southern California. *Remote Sensing*, 12(24), 4102. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/rs12244102>

- Coppo, P., Ricciarelli, B., Brandani, F., Delderfield, J., Ferlet, M., Mutlow, C., Munro, G., Nightingale, T., Smith, D., Bianchi, S., Nicol, P., Kirschstein, S., Hennig, T., Engel, W., Frerick, J., y Nieke, J. (2010). SLSTR: A high accuracy dual scan temperature radiometer for sea and land surface monitoring from space. *Journal of Modern Optics*, 57(18), 1815–1830. <https://doi.org/10.1080/09500340.2010.503010>
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., Lange, M. A., Lionello, P., Llasat, M. C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M. N., y Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972–980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- Das, N., Sutradhar, S., Ghosh, R., y Mondal, P. (2021). Asymmetric nexus between air quality index and nationwide lockdown for COVID-19 pandemic in a part of Kolkata metropolitan, India. *Urban Climate*, 36(January), 100789. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100789>
- de Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K., y Tuomenvirta, H. (2007). The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change*, 81(S1), 329–341. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9224-1>
- Diallo-Dudek, J., Lacaze, B., y Comby, J. (2015). Land surface temperature in the urban area of Lyon metropolis: A comparative study of remote sensing data and MesoNH model simulation. *Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)*, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/JURSE.2015.7120528.
- Du, J., Xiang, X., Zhao, B. y Zhou, H. (2020). Impact of urban expansion on land surface temperature in Fuzhou, China using Landsat imagery. *Sustainable Cities and Society*. 61, 102346. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102346>.
- Dwivedi, A., y Mohan, B. K. (2018). Impact of green roof on micro climate to reduce Urban Heat Island. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 10, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.01.003>
- Emmanuel, R., y Krüger, E. (2012). Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, 53, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.020>
- Equere, V., Mirzaei, P. A., y Riffat, S. (2020). Definition of a new morphological parameter to improve prediction of urban heat island. *Sustainable Cities and Society*, 56(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102021>
- Fang, L., y Tian, C. (2020). Construction land quotas as a tool for managing urban expansion. *Landscape and Urban Planning*, 195(May 2019), 103727. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103727>
- Faizizadeh, B., y Blaschke, T. (2013). Examining Urban heat Island relations to land use and air pollution: Multiple endmember spectral mixture analysis for thermal remote sensing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1749–1756. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2013.2263425>
- Fujibe, F. (2020). Temperature Anomaly in the Tokyo Metropolitan Area during the COVID-19 (coronavirus) Self-Restraint Period. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 16, 175–179. <https://doi.org/10.2151/SOLA.2020-030>

- Gallo, K., Hale, R., Tarpley, D., y Yu, Y. (2011). Evaluation of the relationship between air and land surface temperature under clear- and cloudy-sky conditions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(3), 767–775. <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2460.1>
- García-Santos, V., Cuxart, J., Martínez-Villagrasa, D., Jiménez, M. A., y Simó, G. (2018). Comparison of three methods for estimating land surface temperature from Landsat 8-TIRS Sensor data. *Remote Sensing*, 10(9), 1–13. <https://doi.org/10.3390/rs10091450>
- Ghosh, S., Das, A., Hembram, T. K., Saha, S., Pradhan, B., y Alamri, A. M. (2020). Impact of COVID-19 induced lockdown on environmental quality in four Indian megacities Using Landsat 8 OLI and TIRS-derived data and Mamdani fuzzy logic modelling approach. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su12135464>
- He, G., Pan, Y., y Tanaka, T. (2020). COVID-19, City Lockdowns, and Air Pollution: Evidence from China. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20046649>
- Hu, Y., Dai, Z., y Guldmann, J. M. (2020). Modeling the impact of 2D/3D urban indicators on the urban heat island over different seasons: A boosted regression tree approach. *Journal of Environmental Management*, 266(11), 110424. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110424>
- Hua, L., Zhang, X., Nie, Q., Sun, F., & Tang, L. (2020). The Impacts of the Expansion of Urban Impervious Surfaces on Urban Heat Islands in a Coastal City in China. *Sustainability*, 12(2), 475. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/su12020475>
- Huang, X., Ding, A., Gao, J., Zheng, B., Zhou, D., Qi, X., Tang, R., Wang, J., Ren, C., Nie, W., Chi, X., Xu, Z., Chen, L., Li, Y., Che, F., Pang, N., Wang, H., Tong, D., Qin, W., ... He, K. (2021). Enhanced secondary pollution offset reduction of primary emissions during COVID-19 lockdown in China. *National Science Review*, 8(2). <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa137>
- Jiang, P., Fu, X., Fan, Y., Klemeš, J., Chen, P., Ma, S., y Zhang, W. (2021). Spatial-temporal potential exposure risk analytics and urban sustainability impacts related to COVID-19 mitigation: A perspective from car mobility behaviour. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123673>
- Jiang, S., Lee, X., Wang, J., y Wang, K. (2019). Amplified Urban Heat Islands during Heat Wave Periods. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(14), 7797–7812. <https://doi.org/10.1029/2018JD030230>
- Jimenez-Munoz, J. C., Sobrino, J. A., Skokovic, D., Mattar, C., y Cristobal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from landsat-8 thermal infrared sensor data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(10), 1840–1843. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2312032>
- Ju, M. J., Oh, J., y Choi, Y. H. (2021). Changes in air pollution levels after COVID-19 outbreak in Korea. *Science of the Total Environment*, 750, 141521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141521>
- Khamchiangta, D., y Dhakal, S. (2019). Physical and non-physical factors driving urban heat island: Case of Bangkok Metropolitan Administration, Thailand. *Journal of Environmental Management*, 248(July), 109285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109285>

- Labra, R. (2014). Zero panel data guide. (Cátedra UA). file:///U:/Maguilera/Documentos Personales MAGUILERA/Master M3F/Trabajo Fin M3F/Revisión para paper/Referencias/Stata/16_Guia CERO para datos de panel_Un enfoque practico.pdf
- Lauri, M. 2020. Analysis: Corona virus has temporarily reduced Chins's CO2 emissions by534 a quarter. <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., y Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3249–3263. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.008>
- Li, M., Song, Y., Mao, Z., Liu, M., y Huang, X. (2016). Impacts of thermal circulations induced by urbanization on ozone formation in the Pearl River Delta region, China. *Atmospheric Environment*, 127(2), 382–392. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.075>
- Li, T., y Meng, Q. (2018). A mixture emissivity analysis method for urban land surface temperature retrieval from Landsat 8 data. *Landscape and Urban Planning*, 179(July), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.010>
- Liu, L., y Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER Data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, 3(7), 1535–1552. <https://doi.org/10.3390/rs3071535>
- Logan, T. M., Zaitchik, B., Guikema, S., y Nisbet, A. (2020). Night and day: The influence and relative importance of urban characteristics on remotely sensed land surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 247(June 2019), 111861. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111861>
- Macintyre, H. L., Heaviside, C., Taylor, J., Picetti, R., Symonds, P., Cai, X. M., y Vardoulakis, S. (2018). Assessing urban population vulnerability and environmental risks across an urban area during heatwaves – Implications for health protection. *Science of the Total Environment*, 610–611, 678–690. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.062>
- Maithani, S., Nautiyal, G., y Sharma, A. (2020). Investigating the Effect of Lockdown During COVID-19 on Land Surface Temperature: Study of Dehradun City, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(9), 1297–1311. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01157-w>
- Mandal, I., y Pal, S. 2020) COVID-19 pandemic persuaded lockdown effects on environment over stone quarrying and crushing areas. *Science of the Total Environment*, 732(May 2020), 139281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139281>
- McMillin, L. M. (1975). Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of Geophysical Research*, 80(36), 5113–5117. <https://doi.org/10.1029/jc080i036p05113>
- Mehmood, K., Bao, Y., Petropoulos, G. P., Abbas, R., Abrar, M. M., Saifullah, Mustafa, A., Soban, A., Saud, S., Ahmad, M., Hussain, I., y Fahad, S. (2021). Investigating connections between COVID-19 pandemic, air pollution and community interventions for Pakistan employing geoinformation technologies. *Chemosphere*, 272, 129809. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129809>

- Meng, X., Cheng, J., Zhao, S., Liu, S., y Yao, Y. (2019). Estimating land surface temperature from Landsat-8 data using the NOAA JPSS enterprise algorithm. *Remote Sensing*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/rs11020155>
- Mitra, A., Ray Chaudhuri, T., Mitra, A., Pramanick, P., y Zaman, S. (2020). Impact of COVID-19 related shutdown on atmospheric carbon dioxide level in the city of Kolkata. *Parana Journal of Science and Education*, 6(3), 84–92. <https://sites.google.com/site/pjsciencea>
- Mukherjee, F., y Singh, D. (2020). Assessing Land Use–Land Cover Change and Its Impact on Land Surface Temperature Using LANDSAT Data: A Comparison of Two Urban Areas in India. *Earth Systems and Environment*, 4(2), 385–407. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00155-9>
- Nakajima, K., Takane, Y., Kikegawa, Y., Furuta, Y., y Takamatsu, H. (2021). Human behaviour change and its impact on urban climate: Restrictions with the G20 Osaka Summit and COVID-19 outbreak. *Urban Climate*, 35(October 2020), 100728. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100728>
- Oke, T. R. (1987). *Boundary layer climates* (Routledge).
- Oliveira, A., Lopes, A., y Niza, S. (2020). Local climate zones in five southern European cities: An improved GIS-based classification method based on Copernicus data. *Urban Climate*, 33(May 2019), 100631. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100631>
- OMS, 2020. OMS Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [WWWDocument]. URL. <https://covid19.who.int/>. (Acceso: 20 septiembre 2021).
- Pani, S. K., Lin, N. H., y RavindraBabu, S. (2020). Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore. *Science of the Total Environment*, 740, 140112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140112>
- Potter, C., y Alexander, O. (2021). Impacts of the San Francisco Bay Area shelter-in-place during the COVID-19 pandemic on urban heat fluxes. *Urban Climate*, 37(November 2020), 100828. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100828>
- Prikaziuk, E., y van der Tol, C. (2019). Global sensitivity analysis of the SCOPE model in Sentinel-3 Bands: Thermal domain focus. *Remote Sensing*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/rs11202424>
- Qiu, T., Song, C., Clark, J. S., Seyednasrollah, B., Rathnayaka, N., y Li, J. (2020). Understanding the continuous phenological development at daily time step with a Bayesian hierarchical space-time model: impacts of climate change and extreme weather events. *Remote Sensing of Environment*, 247(November 2019), 111956. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111956>
- Ray, D., Salvatore, M., Bhattacharyya, R., Wang, L., Du, J., Mohammed, S., Purkayastha, S., Halder, A., Rix, A., Barker, D., Kleinsasser, M., Zhou, Y., Bose, D., Song, P., y Banerjee, M. (2020). Predictions, Role of Interventions and Effects of a Historic National Lockdown in India's Response to the the COVID-19 Pandemic: Data Science Call to Arms. *Harvard Data Science Review*, 1. <https://doi.org/10.1162/99608f92.60e08ed5>
- Remedios, J., y Emsley, S. (2012). Sentinel-3 Optical Products and Algorithm Definition Land Surface Temperature. 24.
- Rongali, G., Keshari, A. K., Gosain, A. K., y Khosa, R. (2018). A mono-window algorithm for land surface temperature estimation from landsat 8 thermal infrared sensor data: A case

- study of the beas river basin, India. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 26(2), 829–840.
- Roy, S., Pandit, S., Eva, E. A., Bagmar, M. S. H., Papia, M., Banik, L., Dube, T., Rahman, F., and Razi, M. A. (2020). Examining the nexus between land surface temperature and urban growth in Chattogram Metropolitan Area of Bangladesh using long term Landsat series data. *Urban Climate*, 32(January), 100593. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100593>
- Ruescas, A. B., Danne, O., Fomferra, N., y Brockmann, C. (2016). The land surface temperature synergistic processor in beam: A prototype towards sentinel-3. *Data*, 1(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/data1030018>
- Saaroni, H., Amorim, J. H., Hiemstra, J. A., y Pearlmutter, D. (2018). Urban Green Infrastructure as a tool for urban heat mitigation: Survey of research methodologies and findings across different climatic regions. *Urban Climate*, 24(October 2017), 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.02.001>
- Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>
- Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., y Guedalia, D. (2006). Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, 40(10), 1743–1758. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.037>
- Schwarz, N., Lautenbach, S., y Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3175–3186. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.003>
- Sekertekin, A., y Bonafoni, S. (2020). Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: Assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. *Remote Sensing*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/rs12020294>
- Seto, K. C., y Kaufmann, R. K. (2003). Modeling the drivers of urban land use change in the Pearl River Delta, China: Integrating remote sensing with socioeconomic data. *Land Economics*, 79(1), 106–121. <https://doi.org/10.2307/3147108>
- Siddiqui, A., Halder, S., Chauhan, P., y Kumar, P. (2020). COVID-19 Pandemic and City-Level Nitrogen Dioxide (NO₂) Reduction for Urban Centres of India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(7), 999–1006. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01130-7>
- Smith, R. J., y Hsiao, C. (1988). Analysis of Panel Data. *Economica*, 55(218), 284. <https://doi.org/10.2307/2554479>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Ruescas, A. B., Danne, O., Brockmann, C., Ghent, D., Remedios, J., North, P., Merchant, C., Berger, M., Mathieu, P. P., y Göttsche, F. M. (2016). Synergistic use of MERIS and AATSR as a proxy for estimating Land Surface Temperature from Sentinel-3 data. *Remote Sensing of Environment*, 179, 149–161. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.03.035>
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O'Neill, N., Khan, M., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., y Agha, R. (2020). World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*, 76(February), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.02.034>

- Song, J., Lin, T., Li, X., y Prishchepov, A. V. (2018). Mapping urban functional zones by integrating very high spatial resolution remote sensing imagery and points of interest: A case study of Xiamen, China. *Remote Sensing*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/rs10111737>
- Srivastava, A. K., Bhojar, P. D., Kanawade, V. P., Devara, P. C. S., Thomas, A., y Soni, V. K. (2021). Improved air quality during COVID-19 at an urban megacity over the Indo-Gangetic Basin: From stringent to relaxed lockdown phases. *Urban Climate*, 36(September 2020), 100791. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100791>
- Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31(2), 200–217. <https://doi.org/10.1002/joc.2141>
- Stewart, I. D., y Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Stewart, I., y Oke, T. (2009). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: the case of nagano , japan. *The Seventh International Conference on Urban Climate*, July, 1–5.
- Sur, K., Kumar, V. y Pateriya, B. (2021). Variation of tropospheric NO₂ over Indo-Gangetic plain during COVID-19 outbreak in India. *Spatial Information Research*. <https://doi.org/10.1007/s41324-021-00399-1>.
- Tan, M., y Li, X. (2015). Quantifying the effects of settlement size on urban heat islands in fairly uniform geographic areas. *Habitat International*, 49, 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.05.013>
- Teufel, B., Sushama, L., Poitras, V., Dukhan, T., Bélair, S., Miranda-Moreno, L., Sun, L., Sasmito, A. P., y Bitsuamlak, G. (2021). Impact of COVID-19-related traffic slowdown on urban heat characteristics. *Atmosphere*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/atmos12020243>
- Toro, R., Catalán, F., Urdanivia, F. R., Rojas, J. P., Manzano, C. A., Seguel, R., Gallardo, L., Osses, M., Pantoja, N., y Leiva-Guzman, M. A. (2021). Air pollution and COVID-19 lockdown in a large South American city: Santiago Metropolitan Area, Chile. *Urban Climate*, 36(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100803>
- Venter, Z. S., Brousse, O., Esau, I., y Meier, F. (2020). Hyperlocal mapping of urban air temperature using remote sensing and crowdsourced weather data. *Remote Sensing of Environment*, 242(March), 111791. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111791>
- Walawender, J. P., Szymanowski, M., Hajto, M. J., and Bokwa, A. (2014). Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM+ Data. *Pure and Applied Geophysics*, 171(6), 913–940. <https://doi.org/10.1007/s00024-013-0685-7>
- Wang, J., y Ouyang, W. (2017). Attenuating the surface Urban Heat Island within the Local Thermal Zones through land surface modification. *Journal of Environmental Management*, 187, 239–252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.059>
- Wang, K., Jiang, S., Wang, J., Zhou, C., Wang, X., y Lee, X. (2017). Journal of geophysical research. *Journal Geophysical Research Atmospheric.*, 122(4449), 2131–2154. <https://doi.org/10.1002/2016JD025304>

- Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., y Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Science of the Total Environment*, 569–570, 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119>
- Wu, C., Li, J., Wang, C., Song, C., Chen, Y., Finka, M., y La Rosa, D. (2019). Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742>
- Xue, J., Anderson, M. C., Gao, F., Hain, C., Sun, L., Yang, Y., Knipper, K. R., Kustas, W. P., Torres-Rua, A., and Schull, M. (2020). Sharpening ECOSTRESS and VIIRS land surface temperature using harmonized Landsat-Sentinel surface reflectances. *Remote Sensing of Environment*, 251(August), 112055. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112055>
- Yang, C., Wang, R., Zhang, S., Ji, C., y Fu, X. (2019). Characterizing the hourly variation of urban heat islands in a snowy climate city during summer. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/ijerph16142467>
- Yang, C., Yan, F., y Zhang, S. (2020a). Comparison of land surface and air temperatures for quantifying summer and winter urban heat island in a snow climate city. *Journal of Environmental Management*, 265(March), 110563. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110563>
- Yang, J., Zhou, J., Göttsche, F.-M., Long, Z., Ma, J., y Luo, R. (2020b). Investigation and validation of algorithms for estimating land surface temperature from Sentinel-3 SLSTR data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 91(April), 102136. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102136>
- Yao, R., Wang, L., Huang, X., Zhang, W., Li, J., y Niu, Z. (2018). Interannual variations in surface urban heat island intensity and associated drivers in China. *Journal of Environmental Management*, 222(April), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.024>
- Ye, G., Lin, H., Chen, L., Wang, S., Zeng, Z., Wang, W., Zhang, S., Rebmann, T., Li, Y., Pan, Z., Yang, Z., Wang, Y. y Wang, F. (2020). Environmental Contamination of SARS-CoV-2 in Healthcare Premises. *The Journal of Infection*, xxxx, 2–6. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.034>
- Zhao, F., Liu, C., Cai, Z., Liu, X., Bak, J., Kim, J., Hu, Q., y Xia, C. (2020). Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID- 19 . The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect , the company ’ s public news and information . January.
- Zou, Y., Charlesworth, E., Yin, C. Q., Yan, X. L., Deng, X. J., y Li, F. (2019). The weekday/weekend ozone differences induced by the emissions change during summer and autumn in Guangzhou, China. *Atmospheric Environment*, 199, 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.11.019>