

Sentinel 2 como herramienta para visualizar el crecimiento urbano de las ciudades

Torres-Costa, V.^(1,4), Hernández, Z.^(2,4), Rodríguez-Esteban, J.A.^(3,4)

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco 28049, Madrid, España.

⁽²⁾ Departamento de Química Analítica, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.

⁽³⁾ Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco 28049, Madrid, España.

⁽⁴⁾ Grupo de Teledetección UAM, Cantoblanco 28049, Madrid, España. josea.rodriguez@uam.es

Resumen: La observación multispectral de las ciudades desde el espacio es una herramienta sumamente valiosa para conocer la situación actual de las mismas. Sin embargo, estas mismas imágenes pueden aportar información también sobre la historia pasada de las mismas. En este trabajo se propone el procesado de imágenes Sentinel 2 para visualizar el crecimiento urbano de las ciudades a lo largo del tiempo. En concreto, se ha usado la combinación de bandas 12,11,4 y 12,8,3 para obtener imágenes en falso color que resaltan intensamente los diferentes materiales de techado utilizados en el tiempo. Esta combinación de bandas infrarrojas y roja resultan muy útiles para diferenciar materiales como la teja, el cemento o los materiales sintéticos impermeabilizantes, permitiendo diferenciar a simple vista los distintos barrios que forman la ciudad en función de su época de construcción, dando una visión global de las fases de crecimiento de la ciudad. Este tipo de imágenes resultan muy intuitivas para los estudiantes, convirtiéndose en una valiosa herramienta didáctica y de divulgación.

Palabras clave: multispectral, urbanismo, historia.

Sentinel 2 as a visualization tool of the historical urban growth of cities

Abstract: Multispectral observation of cities from space is a key tool for understanding their current state. Moreover, this kind of imagery may provide insight into the past history of cities. This work proposes the process of Sentinel 2 images for visualizing urban growth of cities in time. In particular, RGB composite of bands 12,11,4 and 12,8,3 provide false color images that highlight the different roofing materials used through history. This particular combination of infrared and red bands are very useful for differentiating materials such as red tile, cement or synthetic impermeabilization materials, allowing to visually different phases of city growth. These images are very intuitive for students and non professionals, becoming a valuable tool for history teaching and divulgation.

Keywords: multispectral, urbanism, history.

1. INTRODUCCIÓN

La creación de imágenes en falso color obtenidas a partir de instrumentos multi e hiperespectrales es posiblemente la herramienta más adecuada para fines educativos y divulgativos de las que ofrecen las técnicas de teledetección. Una selección adecuada de las bandas para formar imágenes permite visualizar de forma inmediata e intuitiva una gran variedad de información, como pueden ser los usos del suelo y su humedad, los niveles de vegetación, etc. Son técnicas cada vez más usadas en los ámbitos urbanos (Herold *et al.*, 2004), con o sin el apoyo de otros materiales cartográficos (Rey *et al.*, 2004). Todo ello resulta especialmente adecuado para mostrar aspectos de las ciudades a personas no especializadas.

En el caso de imágenes Sentinel 2, la combinación de bandas 12,11,4 (2,19, 1,61 y 0,66 micras) resulta especialmente idónea para el estudio de núcleos urbanos. El uso de la banda 11 (1610 nm) en el canal verde hace que la vegetación natural (por su alta reflectancia en el SWIR hasta las 2 micras) aparezca de un intenso color verde, mientras que el suelo libre de vegetación aparece en tonos ocres y marrones, y los cuerpos de agua en azul oscuro o negro. Ello hace que la combinación 12,11,4 ofrezca imágenes intuitivas y de aspecto familiar a un observador no especializado. También se ha empleado la combinación 12,8,3 para resaltar algunos detalles particulares.

Por otro lado, el uso de las dos bandas infrarrojas permite una clasificación de los materiales que aparecen en la escena, entre ellos los usados en las cubiertas de los edificios. En particular, materiales tradicionales de techado como la teja, la madera, los derivados de áridos (cemento, hormigón), las pinturas sintéticas o los impermeabilizantes asfálticos presentan espectros bien diferenciados en los rangos visible e infrarrojo (Figura 1).

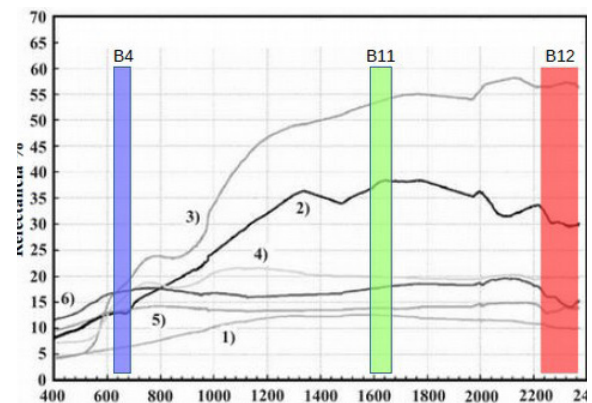


Figura 1. Firmas espectrales de distintos materiales de cubierta: asfalto (1), conglomerado de madera (2), teja roja (3), grava (4), teja gris (5), conglomerado (6). Adaptado de Herold *et al.*, 2004.

A su vez, el uso de distintos materiales de techado relacionados con momentos específicos o estructuras edificatorias, permite el uso de las imágenes en falso color para visualizar de forma intuitiva distintas fases de crecimiento urbano, constituyendo una herramienta sumamente útil en docencia y divulgación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han utilizado imágenes nivel 1C del MSI de Sentinel 2 de la ciudad de Madrid adquiridas en marzo de 2019. La imagen se procesó en SNAP para remuestrear las bandas a una resolución de 10 m/píxel y generar una imagen RGB con las bandas B12, B11 y B4, respectivamente. Para obtener la imagen final se aumentó la saturación total para realzar las diferencias de color.

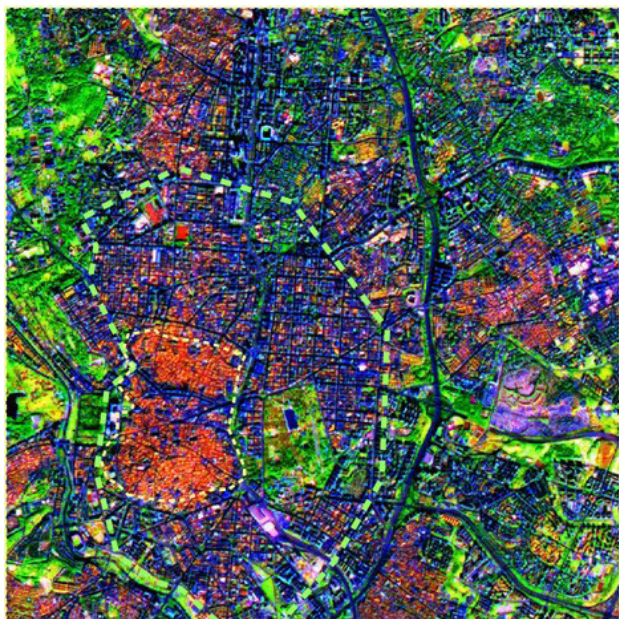


Figura 2. Imagen Sentinel 2 en falso color 12,11,4 de la ciudad de Madrid.

3. DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra una imagen Sentinel 2 en falso color 12, 11, 4 de la ciudad de Madrid. Se observa claramente la diferencia de color correspondiente a las distintas fases de crecimiento de la ciudad.

El área delimitada por la línea amarilla en la figura corresponde al casco antiguo de la ciudad, y aparece en tonos rojos debido a la predominancia de cubiertas de teja, que presentan una alta reflectancia en 2,1 micras (canal R), algo menor en 1,6 (canal G) y muy baja en la banda roja (canal B). (Figura 1, curva 3) Esta zona (primer anillo de la Figura 2), se corresponde con el Madrid iniciado por Felipe II, cuyas defensas amuralladas construyeron su edificación hasta 1868, fecha en que se terminó de derribar el último tramo de la cerca ampliada por Felipe IV en 1625.

Pero una mirada más atenta a este Madrid central nos muestra las operaciones urbanísticas que fueron intercalando en su entramado edificios del siglo XX y modificando su callejero.



Figura 3. La imagen de la derecha se corresponde al primer Mapa topográfico Nacional editado en 1875, mostrando la zona central y las primeras edificaciones del Ensanche.

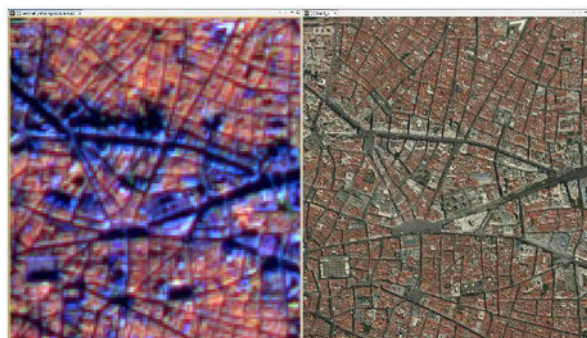


Figura 4. Detalle de las intervenciones del siglo XX en la zona central de Madrid. A la izquierda Sentinel 2 y a la derecha Fotografía Aérea PNOA de 2012.

Si comparamos la imagen actual del Sentinel 2 con la del mapa de 1875 y con una fotografía aérea actual (Figura 3 y Figura 4 respectivamente) podemos observar con claridad la gran intervención urbana que dio lugar a la apertura de la Gran Vía, y que implicó el derribo de los edificios que sobre los que discurriría, para comunicar los barrios de Arguelles con Salamanca y descongestionar Sol (1910-1932). Se ven también las intervenciones posteriores del primer tramo de Alcalá y en la Carrera de San Jerónimo, incluido el Congreso de los Diputados: todos estos edificios aparecen en tonalidades azuladas con sus cubiertas modernas en las que ha desaparecido la teja.

En 1860 se aprueba Plan Castro, conocido como el Ensanche de Madrid (delimitando *grosso modo* por el segundo anillo de la figura 2). El Ensanche supuso el mayor crecimiento en la historia de la ciudad, y sus barrios se reconocen visualmente por su ordenación planificada en cuadrícula. En la imagen en falso color aparece con tonos azulados correspondientes a materiales de techado más populares, como los conglomerados y los basados en áridos. El mapa de 1861 de la figura 5, muestra claramente esta diferenciación espacial en la construcción, claramente diferenciada en la imagen de satélite con el uso del falso color, por también nos orienta sobre otro aspecto interesante a observar: la forma del callejero y de las principales vías de comunicación, claramente distinguible en los Sentinel 2 especialmente si se utilizan una combinación color basada en sus bandas de 10 m (2,3,4,8).

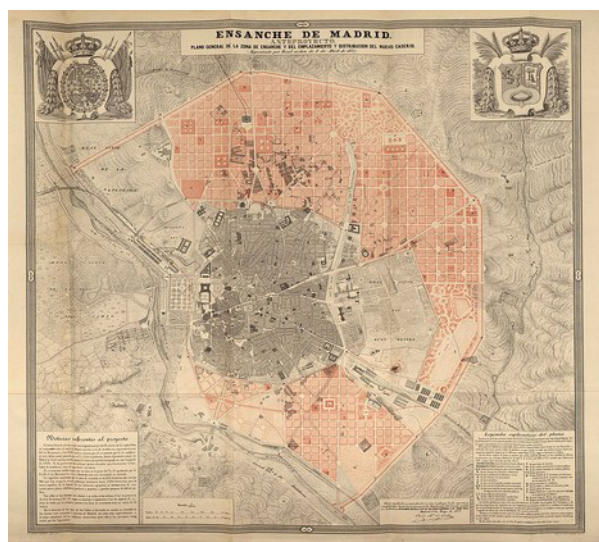


Figura 5. Anteproyecto del Ensanche, 1861.

Si cubiertas y estructura del viario nos muestran con claridad fases distintas del crecimiento urbano, también nos permiten apreciar otras grandes características directoras del desarrollo de la ciudad. El dibujo de la figura 6, de Fernando Terán (2006, p. 24) muestra, al compararla con la imagen del satélite Sentinel 2 en falso color, dos cosas interesantes para entender la ciudad, observando colores y entramado. 1) Que el Madrid central se asienta en una zona recogida y a la vez protegida por los accidentes del territorio, y que lo mismo hará el ensanche iniciado en la segunda mitad del s. XIX que rodea por el norte y por el este, con su característico callejero de ángulos rectos con manzanas cuadradas y calles perpendiculares norte-sur / este-oeste. 2) Y que los principales cursos fluviales que atraviesan, grosso modo, de norte a sur la ciudad proveniente de la Sierra de Guadarrama, han conformado sus principales arterias de circulación: el arroyo de la Castellana en el centro, conformará el gran Paseo de la Castellana, el arroyo del Abroñigal, al este, dando lugar al cinturón de circunvalación de la M-30, que comienza a adecuarse a finales de los años sesenta, soterrándose en la década siguiente, y el Manzanares, que conformará la parte oriental de la M-30 soterrada para conformar el Parque Lineal del Manzanares.

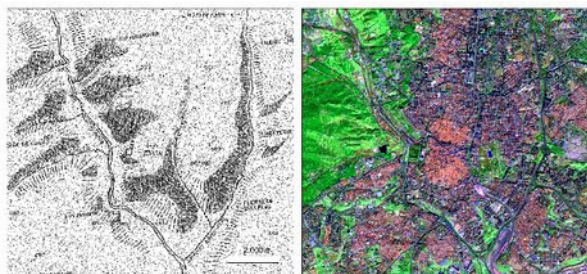


Figura 6. Esquema de la estructura fluvial de Madrid (Terán, 2006, 24) e imagen Sentinel 2.

Pero las cubiertas de ladrillo se mantienen en las construcciones de las denominadas “colonias” (López de Lucio, 2003), en las casas de autoconstrucción de zonas como las de Tetuán de las Victorias (López-Díaz, 2002), entre Cuatro Caminos y Plaza de Castilla (Figura 7), y en

los núcleos rurales absorbidos por Madrid, como Pueblo Nuevo, al norte del cementerio de la Almudena.



Figura 7. Las tres imágenes (Sentinel 2, Vuelo Americano Serie B de 1957 y Fotografía Aérea PNOA de 2012).

En los barrios modernos (segunda mitad del s. XX), al este de las imágenes mostradas en la figura 7, dominan fuertes tonos azules que pueden relacionarse con el uso de materiales asfálticos de impermeabilización, especialmente en los polígonos industriales.

4. CONCLUSIONES

La creación de imágenes en falso color de las bandas 12,11,4 de Sentinel 2 permiten detectar el uso de distintos materiales en las cubiertas de las construcciones, lo que puede dar información sobre la época en que éstos fueron construidos. Esto ofrece una visión intuitiva sobre las distintas épocas, fases y velocidad de crecimiento de las ciudades.

El procesado de imágenes Sentinel 2 resulta una valiosa herramienta para la elaboración de material didáctico y de divulgación para observar cambios en las ciudades y entender mejor su desarrollo urbanístico de una forma visual e intuitiva, idónea para estudiantes y público no especializado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Herold, M., Roberts, S., Hostert, P., Roberts, P. E. 2004. Spectrometry for urban area remote sensign- Development and analysis of a spectral library from 350 to 2400 nm. *Remote Sensing of Environment*, 91, 304-319.
- López de Lucio, R. 2003. Madrid, 1900-2010: Guía de Urbanismo y Diseño Urbano. Ayuntamiento de Madrid
- López-Díaz, J. 2002. La vivienda social en Madrid, 1939-1959”, *UNED. Espacio, Tiempo y Forma* 323 Serie VII, H.^a del Arte, t. 15. <http://revistas.uned.es/index.php/ETFVII/article/view/2401>
- Rey, A. del, Pérez, P., Estornell, J., Ruiz, L.A. 2004, Análisis metodológico para la detección de cambios urbanos en la ciudad de Valencia, *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*, N^o. 22, 2004, págs.55-66.
- Terán, F. de 2006. *En torno a Madrid: génesis espacial de una región urbana*. Lunwerg. <http://oa.upm.es/45720/>

