

Investigación del abandono de tierras en la comarca de La Safor (Comunitat Valenciana) utilizando datos Sentinel-2

Sergio Morell-Monzó^a, Virginia Garófano-Gómez^b

^a CDR La Safor. COCEDER - Confederación de Centros de Desarrollo Rural. C/ Sant Marc, 10 de Beniarjó, València, España.

^b Institut d'Investigació per a la Gestió Integrada de Zones Costaneres (IGIC). Universitat Politècnica de València, Paranimf 1, 46730 Grau de Gandia, València, España

Octubre de 2022

Resumen

El abandono de tierras agrícolas es un problema creciente en muchas regiones europeas. La gestión adecuada de las áreas agrícolas tiene importantes implicaciones para el medio ambiente, la sociedad y la economía. La Comunitat Valenciana es la región con mayor producción de cítricos de Europa. Sin embargo, el sector cítrico valenciano está altamente amenazado por diversos factores, que han acelerado el abandono de tierras. En este contexto, es de interés prioritario desarrollar métodos eficientes en tiempo y coste para identificar y cuantificar el abandono de los cultivos de cítricos. Los datos Sentinel-2 del programa Copernicus de la Unión Europea son una potente herramienta que ha revolucionado la monitorización agrícola a través de datos de satélite. En esta investigación exploramos el uso de imágenes Sentinel-2 para detectar el estado de los cultivos de cítricos en La Safor, una comarca de la Comunitat Valenciana eminentemente cítrica. La investigación permitió, en primer lugar, desarrollar una metodología para identificar el abandono de los cultivos de cítricos y, en segundo lugar, cartografiar y cuantificar el abandono de tierras en la comarca de La Safor. Los resultados obtenidos muestran el potencial de los datos Sentinel-2 para identificar el abandono de cultivos de cítricos. El método propuesto permitió identificar el estado de los cultivos con una exactitud global en torno al 90%. La investigación permitió generar el primer mapa de tierras agrícolas abandonadas en La Safor para el año 2021. Según nuestras estimaciones en torno al 20% de la superficie agrícola de la comarca está abandonada. Además, el abandono de cultivos no se distribuye homogéneamente, sino que se concentra mayoritariamente en cinco puntos calientes alrededor de la comarca. Estos avances abren las puertas al seguimiento de los cultivos de cítricos en esta comarca y en otras zonas de la Comunitat Valenciana, y además justifican una mayor investigación en favor del desarrollo de sistemas de monitorización agrícola basados en datos de observación de La Tierra. La nueva información proporcionada se presenta como una herramienta útil para los formuladores de políticas agrícolas que puede contribuir a frenar o revertir el proceso de abandono y a implementar medidas adecuadas para la gestión de paisaje.

Palabras clave: Sentinel-2; abandono de tierras agrícolas; cítricos; teledetección; La Safor; Comunitat Valenciana.

Índice

1	Introducción.....	1
2	Zona de estudio.....	2
3	Metogología.....	3
4	Resultados y discusión.....	6
5	Conclusiones.....	12
6	Agradecimientos.....	12
7	Referencias.....	13

*Correspondencia a: sermomon@upv.es

Los anexos solo están disponibles en la versión digital a través de: <https://cdrlasafor.wordpress.com/>

1 Introducción

1.1. *El abandono de los cultivos de cítricos en la Comunitat Valenciana*

La agricultura, que representa más de la mitad del territorio de la Unión Europea, garantiza la producción alimentaria, gestiona importantes recursos naturales y apoya el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales (Terres et al. 2015). Además, se estima que el 50% de todas las especies de plantas y animales (incluidas algunas de las que figuran en la Directiva Hábitat de la Unión Europea) dependen de la gestión agrícola (Terres et al. 2015). Una actividad agrícola sostenible es esencial para garantizar estas funciones y, por tanto, evitar el abandono de tierras agrícolas debe ser un objetivo importante de la Política Agraria Común Europea (PAC). Sin embargo, en la Unión Europea en torno al 11% de la superficie agrícola se encuentra en alto riesgo de abandono para el periodo 2015-2030 (Perpiña-Castillo et al. 2018). El abandono de tierras agrícolas es un problema creciente alrededor del mundo que afecta directamente sobre aspectos clave del medio ambiente (biodiversidad, fijación de CO₂, generación de nuevos ecosistemas, incendios forestales, suelo y recursos hídricos) y la socio-economía (producción alimentaria, economía, valores culturales y paisaje) (Prishchepov, 2020; Subedi et al. 2021). Aunque este problema ha recibido atención desde principios de la década de 1990, alrededor del 95% de los artículos científicos se han publicado en los últimos 15 años (Subedi et al. 2021), lo que indica una creciente preocupación por parte de la comunidad científica.

En la actualidad, España es el mayor productor de cítricos de la Unión Europea y el cuarto del mundo. La Comunitat Valenciana produce más del 50% de los cítricos nacionales. Esto supone una producción de más de 3 millones de Tn de naranjas y mandarinas anualmente. Según la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE), en 2021 la superficie dedicada al cultivo de cítricos en la Comunitat Valenciana se estimó en 160.088 ha (MAPAMA, 2022). Durante la mayor parte del siglo XX, el motor económico que permitió la acumulación de capital para el desarrollo industrial y la modernización social de muchas zonas valencianas fue el sector cítrico (Noguera, 2010). La buena situación de los precios del mercado internacional y la ausencia de competidores generó importantes beneficios y capacidad financiera a la amplia base social

formada por agricultores (Tomás-Carpí, 1977; Salom y Albertos, 2001), y rápidamente se produjo una polarización de la agricultura valenciana hacia los cítricos. De esta manera los cítricos se convirtieron en el cultivo mayoritario y en uno de los símbolos culturales de la Comunitat Valenciana. Sin embargo, en los últimos años se ha producido un abandono masivo de las explotaciones cítricas. Desde el año 2000 hasta el 2020 se ha producido una disminución en torno al 20% de la superficie dedicada a los cítricos en la Comunitat Valenciana (MAPAMA, 2021) y se espera que esta cifra vaya en aumento. Hasta donde sabemos, no existen estudios que identifiquen los factores impulsores del abandono de los cultivos de cítricos en la Comunitat Valenciana, sin embargo existen una serie de causas de carácter socioeconómico que podrían estar involucradas, como son: (a) pequeño tamaño de las explotaciones agrícolas que no permite un rendimiento económico suficiente a los agricultores, (b) aparición de usos del suelo más rentables (usos urbanos) que provoca que muchos propietarios mantengan sus parcelas sin intereses agrícolas a la espera de futuras plusvalías derivadas de procesos urbanísticos, (c) falta de relevo generacional, envejecimiento de los agricultores y gran proporción de agricultores a tiempo parcial, (d) políticas europeas desfavorables para el sector cítrico valenciano y (e) competencia con países extranjeros y reducción del precio de mercado de los cítricos.

Estas circunstancias hacen necesario el desarrollo de métodos eficientes en tiempo y coste para identificar el abandono de tierras y proporcionar información sobre los cambios en el uso del suelo agrícola. La información temporal y espacialmente explícita sobre el abandono de tierras agrícolas puede ayudar a mejorar los instrumentos de política para contrarrestar o revertir el proceso y también puede ayudar a implementar medidas adecuadas de seguimiento y gestión del paisaje (Volpi et al. 2023).

1.2. *Los datos del satélite Sentinel-2 del programa Copernicus*

El desarrollo del programa Copernicus a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Comisión Europea han supuesto un gran avance en los sistemas de teledetección que ha revolucionado las técnicas de monitorización de la superficie terrestre (Phiri et al. 2020). Sentinel-2 es la segunda constelación de satélites de las misiones Sentinel de la ESA. Su objetivo es proporcionar datos

satelitales de alta resolución de acceso libre a través de escaneos multiespectrales para el seguimiento de la superficie terrestre, las aguas continentales y costeras, los efectos del cambio climático, los desastres naturales y otros. Las características espectrales de Sentinel-2, que registra información en el espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta, lo hacen especialmente interesante para estudios relacionados con la vegetación (Misra et al. 2020). Además, la alta resolución espacial (de hasta 10 m) y temporal (de hasta 5 días) permiten aprovechar al máximo el dominio espacial y temporal de estas imágenes. Es por ello que estos datos han sido ampliamente utilizados en agricultura (Segarra et al. 2018). En este contexto, los datos Sentinel-2 se presentan como un fuerte candidato para abordar el seguimiento del abandono de tierras agrícolas.

La constelación Sentinel-2 está formada por dos satélites (Sentinel-2A y Sentinel-2B). El satélite Sentinel-2A se lanzó el 23 de junio de 2015 y el Sentinel-2B se lanzó el 7 de marzo de 2017. Ambos satélites operan a una altura de 786 km sobre la superficie terrestre. El sensor Multi-Spectral Instrument, que equipan ambos satélites, permite capturar imágenes con un tiempo de revisión de 10 días (5 días con ambos satélites) en 12 bandas espectrales desde $\sim 0,442 \mu\text{m}$ hasta los $\sim 2,200 \mu\text{m}$ una resolución de 10, 20 y 60 metros dependiendo de la banda espectral (ESA, 2022).

1.3. *Objetivos de la investigación*

En esta investigación exploramos el uso de los datos Sentinel-2 para identificar el abandono de tierras en la comarca de La Safor, en la Comunitat Valenciana. Los objetivos generales de este trabajo son: (a) evaluar las capacidades de los datos Sentinel-2 para identificar el abandono de los cultivos de cítricos y (b) estimar el abandono de tierras en La Safor a través de información cuantitativa y espacialmente explícita. Los objetivos específicos del trabajo se pueden definir como: (a) desarrollar un procedimiento para la identificación del abandono de los cultivos de cítricos a partir de series temporales de imágenes Sentinel-2, (b) validar la metodología y evaluar la exactitud de los mapas generados, (c) generar una cartografía del abandono de cultivos de cítricos para toda la comarca en el año 2021, (d) aportar datos cuantitativos sobre el abandono de tierras y, (d) discutir el potencial de los datos de satélite para el seguimiento de la problemática.

2 **Zona de estudio**

La zona de estudio se centra en la comarca de La Safor, una comarca costera localizada en la Comunitat Valenciana al sureste de la provincia de Valencia (Figura 1). Esta comarca está formada por 31 municipios que ocupan una extensión de 429,6 km² y alberga una población de 174.575 habitantes (2021). La capital de la comarca es Gandia, la población más grande, con 75.970 habitantes, junto a Oliva y Tavernes de la Vallidigna, con 25.119 y 17.162 habitantes respectivamente. La gran tradición citrícola de la comarca la hacen especialmente interesante para el estudio del abandono de los cultivos de cítricos.

Este territorio tiene una diversidad importante de paisajes, tanto urbanos como agrícolas, forestales y costeros. El relieve de la comarca se caracteriza por dos elementos estructurales claramente diferenciados. Por una parte, la zona montañosa que discurre de norte a sur por el interior de la comarca, donde se encuentran las zonas forestales. Este sector interior montañoso, con forma de anfiteatro, cierra la comarca por el oeste y da paso a la plana litoral. Por otra parte, la plana litoral situada al este donde se localiza la mayor parte de la producción agrícola de regadío y donde se asienta la mayor parte de la población (Garófano-Gómez y Delgado-Artés 2021). Esta llanura está formada por sucesivos sistemas sedimentarios de origen cuaternario. La llanura destaca por su relieve plano, suelos con alta capacidad agronómica y una alta disponibilidad de agua que han convertido a la comarca en una zona históricamente agrícola. El cultivo mayoritario son los cítricos que ocupan en torno al 95% de la superficie agrícola cultivada (Generalitat Valenciana, 2021). Se cultivan principalmente naranjas y mandarinas con variedades como Navelina, Lane late, Valencia late, Orri, Ortanique y diversas variedades de clementinas. Sin embargo, en los últimos años se han abandonado gran parte de las explotaciones agrícolas. La gran predominancia de los cítricos en la zona de estudio motivó estudiar el abandono de tierras centrándonos en el abandono de los cultivos de cítricos. La estructura agraria se caracteriza por el pequeño tamaño de las explotaciones agrícolas (entre 0,25 y 0,5 ha) y la alta fragmentación del paisaje.

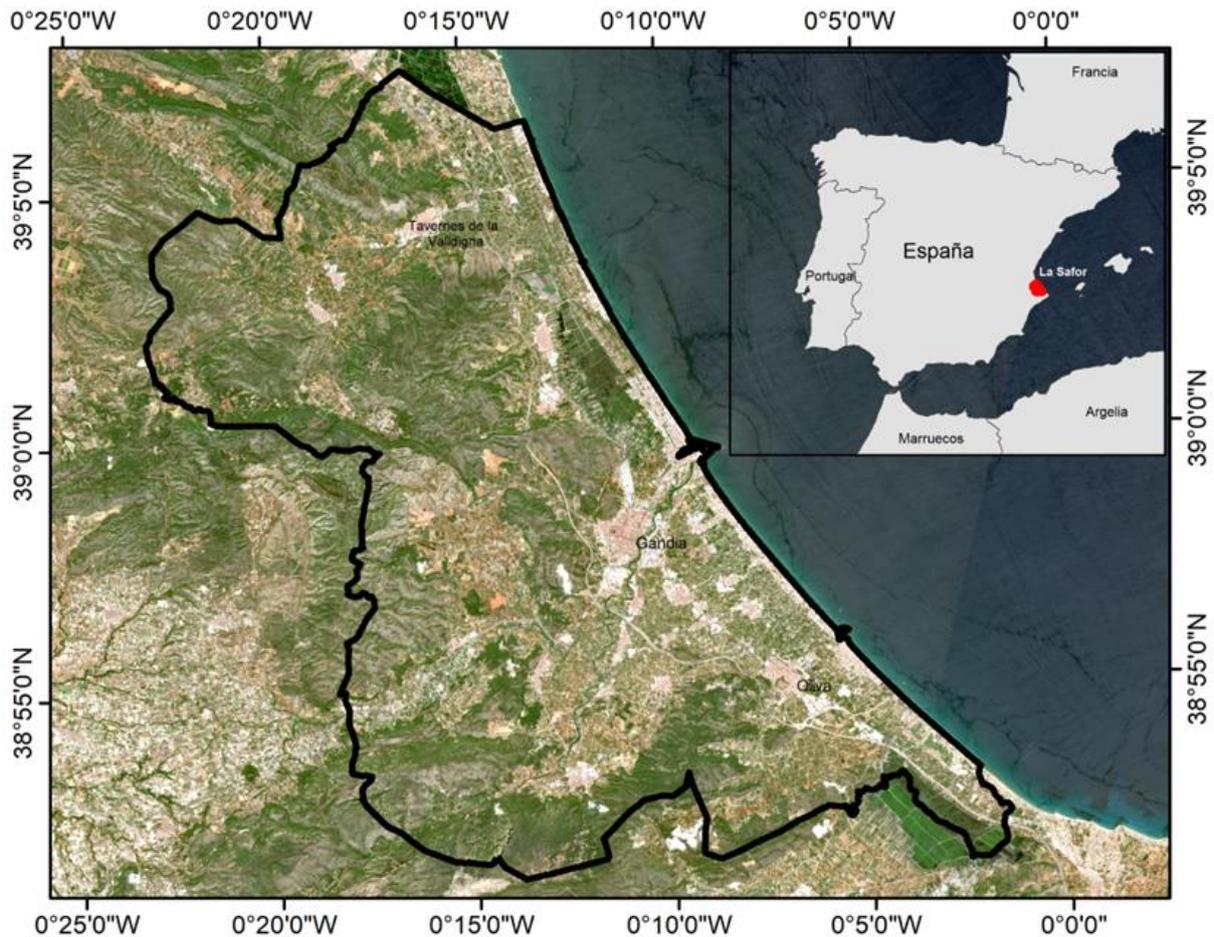


Figura 1. Localización de la comarca de La Safor en la Comunitat Valenciana (España). El mapa base corresponde a una imagen Sentinel-2 RGB tomada el 8 de agosto de 2022 y la línea negra corresponde a los límites administrativos de la comarca. Fuente: elaboración propia.

3 Metodología

Las imágenes Sentinel-2 contienen 13 bandas espectrales en resoluciones de 10, 20 y 60 m, como se muestra en la Tabla 1. Los productos Sentinel-2 disponibles para los usuarios son los niveles 1C y 2A. Los productos con nivel de procesamiento 1C corresponden a la reflectancia en la parte superior de la atmósfera. Este producto se obtiene a partir del producto 1B al transformar los niveles de radiancia en la parte superior de la atmósfera a niveles de reflectancia. Los productos con nivel de procesamiento 2A corresponden a la reflectancia en la parte inferior de la atmósfera, o lo que es equivalente a la reflectancia de la superficie terrestre. La corrección atmosférica se basa en el método propuesto en Richter y Schläpfer (2011). El método realiza una corrección atmosférica basada en el modelo de transferencia radiativa LIBRADTRAN (Mayer y Kylling, 2005).

Adicionalmente, el producto 2A contiene una clasificación de escena generada con el algoritmo

L2A (ESA, 2022) que incluye las categorías: sin datos, saturado o defectuoso, sombra proyectada, sombra de nubes, vegetación, no vegetado, agua, sin clasificar, nubes con probabilidad media, nubes con probabilidad alta, cirros finos y nieve o hielo (Figura 2). Esta clasificación de escena se basa en el método propuesto en Louies et al. 2010. Dichos productos (1C y 2A) se distribuyen en gránulos de 100x100 km que son ortoimágenes en proyección UTM/WGS84. Cada gránulo corresponde a una única órbita y contiene todas las bandas espectrales.

Los datos utilizados en este trabajo consisten en series temporales anuales de imágenes Sentinel-2A/B procesadas a través de la plataforma de Google Earth Engine (Gorelick et al. 2017). Se procesó una serie temporal de 54 imágenes con un nivel de procesamiento 2A y un porcentaje de nubes menor del 75% para la temporada 2021

Tabla 1. Bandas espectrales de los sensores Sentinel-2A/B Multi-Spectral Instrument.Fuente: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>

Nombre de la banda	Número de banda	Sentinel-2A MSI		Sentinel-2B MSI		Resolución espacial (m)
		Longitud de onda (nm)	Ancho de banda (nm)	Longitud de onda (nm)	Ancho de banda (nm)	
Azul costero	1	442,7	20	442,3	20	60
Azul	2	492,7	65	492,3	65	10
Verde	3	559,8	35	558,9	35	10
Rojo	4	664,6	30	664,9	31	10
Borde rojo 1	5	704,1	14	703,8	15	20
Borde rojo 2	6	740,5	14	739,1	13	20
Borde rojo 3	7	782,8	19	779,7	19	20
Infrarrojo cercano	8	832,8	105	832,9	104	10
Infrarrojo cercano (estrecho)	8a	864,7	21	864,0	21	20
Vapor de agua	9	945,1	19	943,2	20	60
Cirros	10	1373,5	29	1376,9	29	60
Infrarrojo de onda corta 1	11	1613,7	90	1610,4	94	20
Infrarrojo de onda corta 2	12	2202,4	174	2185,7	184	20

(desde septiembre de 2020 hasta septiembre de 2021). Las imágenes fueron tomadas en el gránulo 30SYJ y órbita 51 y fueron proyectadas en UTM/WGS84 30N. Una vez filtrada la colección de imágenes se realizó un enmascaramiento de los píxeles clasificados como sin datos, saturado o defectuoso, sombras, sombras de nubes, nubes de

media y alta probabilidad y cirros finos utilizando el producto de clasificación de escena (Figura 2). Después se realizó un remuestreo de todas las bandas a una resolución de 10 m mediante disgregación de los píxeles de las bandas de menor resolución. Finalmente se calcularon dos índices espectrales utilizando las bandas B4, B8 y B11, el Índice de Vegetación Optimizado Ajustado al Suelo (OSAVI) (Rondeaux, 1996), que se muestra en la Ecuación 1, y el Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI) (Gao et al. 1996), que se muestra en la Ecuación 2.

$$OSAVI = (1 + 0,16) * \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4 + 0.16)} \quad (1)$$

Para los datos Sentinel-2 el OSAVI se calcula a partir de las bandas B8 (NIR ~0,83 μm) y B4 (Rojo ~0,66 μm). El OSAVI es una optimización del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo

(SAVI) propuesto por Huete (1988). Este índice utiliza un valor de ajuste del fondo del dosel (L), que es una función de la densidad de la vegetación. El OSAVI utiliza un valor $L=0,16$ propuesto por Rondeaux (1996). Este índice es más adecuado cuando la vegetación es dispersa o cuando el suelo es visible a través del dosel, lo que es habitual en los cultivos frutales.

$$NDMI = \frac{(B8 - B11)}{(B8 + B11)} \quad (2)$$

Para los datos Sentinel-2, el NDMI se calcula a partir de las bandas B8 (NIR ~0,83 μm) y B11 (SWIR ~1,61 μm). El canal espectral NIR recoge la reflectancia brillante de la estructura interna de la hoja y el contenido de materia seca de la misma. En esta longitud de onda la absorción producida por el agua líquida del suelo y la vegetación es insignificante. Por el contrario, el canal espectral SWIR es sensible al contenido de agua del suelo y la vegetación y a la estructura interna del mesófilo de las hojas. En consecuencia, el NDMI es un indicador del contenido de humedad del suelo y la vegetación. Además, el NDMI es menos sensible a los efectos atmosféricos que otros índices espectrales como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).

En este punto las series temporales de OSAVI y NDMI presentan discontinuidades debido a las imágenes eliminadas (nubes > 75%) y píxeles enmascarados. Con objeto de crear series temporales continuas, con valores cada 5 días, las brechas de datos fueron rellenadas mediante una interpolación lineal cuya fórmula es:

$$Y_i = Y_{i-1} + (Y_{i+1} - Y_{i-1}) * \left(\frac{t_i - t_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \right) \quad (3)$$

donde Y_i es el valor del píxel interpolado, Y_{i-1} es el valor del píxel de la imagen anterior, Y_{i+1} es el valor del píxel de la imagen posterior, t_i es el valor de tiempo de la imagen que contiene el píxel a interpolar, y t_1 y t_2 son los valores de tiempo de la imagen anterior y posterior.

Para reducir el ruido introducido en las series temporales por la presencia de nubes no detectadas en la clasificación de escena o condiciones atmosféricas desfavorables, las señales originales de OSAVI y NDMI fueron suavizadas utilizando un filtro Savitzky-Golay (Savitzky y Golay, 1964; Chen et al. 2004). El filtro Savitzky-Golay es un método de filtro en el dominio temporal que mantiene y suaviza el perfil de la serie mediante el uso de una ventana móvil que elimina los valores atípicos y corrige los errores presentes en la serie temporal. El método se basa en una convolución de ajuste de mínimos cuadrados simplificada para suavizar y calcular derivadas de un conjunto de valores consecutivos. La convolución se puede entender como un filtro de media móvil ponderado, que usa unos pesos dados por un polinomio de cierto grado. Cuando estos pesos se aplican a la señal realizan un ajuste polinomial de mínimos cuadrados dentro de la ventana de filtro (Chen et al. 2004). En este trabajo se utilizó una ventana móvil de 30 días. La ecuación general del filtro Savitzky-Golay es:

$$g_i = \sum_{j=-n}^n C_j f_{i+j} \quad (4)$$

donde f_i representa la señal original, g_i es el valor suavizado y los pesos son $C_j = 1/(2n + 1)$, mientras que el tamaño de la ventana de suavizado es $2n+1$. Para cada valor f_i , siendo $i=1,2,\dots,N$, se ajusta una función polinomial del tipo:

$$C_n(t) = C_1 + C_2t + C_3t^2 + C_4t^3 \quad (5)$$

para todos los $2n+1$ puntos de la ventana móvil y se reemplaza el valor de f_i por el valor del

polinomio en la posición t_i , siendo t el valor de tiempo en la serie temporal.

Con el objetivo de producir variables para el clasificador RF, se extrajeron 36 características a partir de las señales suavizadas. Se extrajeron 12 medias mensuales, 2 rangos semestrales, 2 desviaciones estándar semestrales, 1 skewness y 1 kurtosis.

Finalmente se entrenó un clasificador Random Forest utilizando el paquete de R randomForest (Liaw & Wiener, 2002). Random Forest es un algoritmo de aprendizaje automático no paramétrico basado en aprendizaje supervisado propuesto por Breiman (2001). Para entrenar el clasificador se utilizó un array de dimensiones $(n \times 18 \times 2)$, correspondiente respectivamente al número píxeles de entrenamiento n , el número de características y el número de índices espectrales. El algoritmo requiere ajustar dos hiperparámetros clave: la cantidad de árboles que componen el bosque (ntree) y la cantidad de variables seleccionadas aleatoriamente en cada división de nodo (mtry). En este trabajo ntree se ajustó en 150 y mtry fue ajustado en 6 que corresponde a \sqrt{M} , siendo M es el número total de variables.

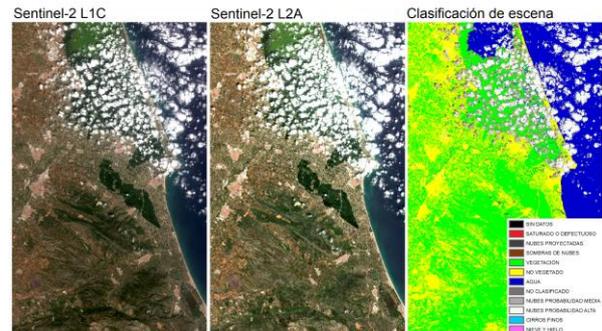


Figura 2. La figura muestra de izquierda a derecha: la imagen Sentinel-2 con nivel de procesamiento 1C (reflectancia en la parte superior de la atmósfera), la imagen con nivel de procesamiento 2A (reflectancia en la parte inferior de la atmósfera) y la clasificación de escena generada por el algoritmo L2A a partir del producto 1C. La escena corresponde a una captura tomada por el satélite Sentinel-2A el 13 de agosto de 2021 al sur de la Albufera de Valencia. Fuente: elaboración propia.

Una vez ajustado el modelo, el proceso de inferencia requiere predecir la probabilidad de pertenencia de cada píxel a cada categoría estudiada. Este proceso genera una imagen segmentada donde cada píxel corresponde a un vector de probabilidad con longitud C , donde C es el número de categorías, en este caso $C=3$. Una vez se dispone de la imagen de probabilidades

georreferenciada, se superpone la base de datos catastral de parcelas agrícolas. En este caso se utilizó la base de datos de recintos del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC). La base de datos de SIGPAC fué previamente filtrada. Se seleccionaron únicamente los polígonos clasificados como cítricos (CI), pasto con arbolado (PA), pasto arbustivo (PR), pastizal (PS) e improductivo (IM). Las clases PA, PR, PS y IM, aunque no correspondan a cítricos, se consideraron útiles debido a que, en algunos casos, transcurrido un tiempo desde el abandono de una parcela, ésta se actualiza manualmente a una de estas cuatro categorías que no corresponden a ningún cultivo en particular. Esto ocurre, sobre todo, en parcelas abandonadas durante un largo periodo o parcelas donde los árboles han sido talados y han dado paso al pastizal. Un segundo proceso de filtrado de los recintos del SIGPAC se centró en eliminar los polígonos menores de 0,0005 ha (500 m²) y los polígonos que intersectan con la delimitación del Plan de Acción Territorial de la Comunitat Valenciana (PATFOR).

Finalmente, con la base de datos de SIGPAC filtrada, se realiza una clasificación a nivel de recinto asignando a cada parcela la categoría con mayor probabilidad promedio utilizando únicamente los píxeles totalmente cubiertos por la parcela. En caso de que no existan píxeles completamente cubiertos por la parcela, este umbral se reduce al 75% y 50% iterativamente. Además, se proporcionan las probabilidades promedio de pertenencia a cada categoría de cada parcela. Esta información puede ser útil de cara a una posterior revisión manual. El ANEXO I muestra un resumen gráfico completo de la metodología utilizada.

4 Resultados y discusión

4.1. Firma espectral-temporal de las diferentes categorías estudiadas

En esta sección mostramos el comportamiento de los índices espectrales seleccionados para cada tipo de parcela. La Figura 3 muestra los perfiles fenológicos promedio de OSAVI y NDMI para cada tipo de parcela. Si nos centramos en el perfil fenológico de OSAVI observamos que las parcelas no productivas tienen una mayor separabilidad espectral con respecto a las parcelas productivas y abandonadas. Además, se observa un comportamiento cíclico en las parcelas no productivas con un pico entre diciembre – febrero

y un valle entre junio – agosto. Este comportamiento se repite para los tres años explorados (2020, 2021 y 2022). Este ciclo corresponde al crecimiento de la vegetación de fondo en la época húmeda. Las parcelas productivas y abandonadas tienen una respuesta espectral-temporal más similar y con una respuesta menos periódica. Sin embargo, también se observa un comportamiento cíclico, aunque con más ruido. Si nos centramos en los perfiles fenológicos de NDMI observamos un comportamiento cíclico con un pico entre los meses de diciembre – febrero y un valle entre los meses de junio – agosto para las tres categorías. Además, el NDMI produce una mayor separabilidad entre las parcelas productivas y abandonadas. En la época valle las parcelas productivas alcanzan valores de NDMI en torno a 0,10 mientras que las parcelas abandonadas llegan a alcanzar valores por debajo de cero.

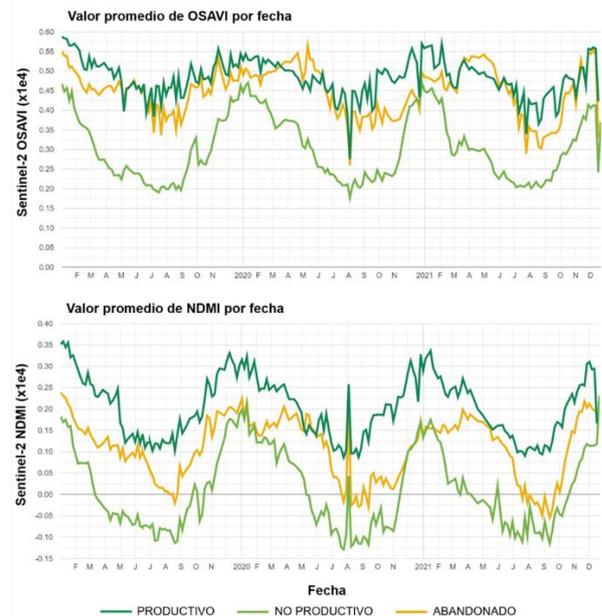


Figura 3. Perfil fenológico de los tres tipos de parcelas clasificadas: (arriba) se muestran las series temporales de OSAVI y (abajo) se muestran las series temporales de NDMI. Los perfiles fenológicos fueron obtenidos a partir del valor promedio en base a 2000 píxeles de cada categoría. Fuente: elaboración propia.

4.2. Exactitud del modelo Random Forest

Para evaluar el rendimiento del modelo se realizó una validación cruzada aleatoria de 6 iteraciones. El conjunto de datos de referencia está compuesto por 996 parcelas obtenidas a través de un muestreo aleatorio en tres zonas de la comarca: La franja litoral (~5 Km) entre Gandia y Oliva, las inmediaciones de Potries y Villalonga, y la zona

agrícola de Tavernes de la Valligna. Esto supone una intensidad de muestreo en torno al 1,5% respecto al total de parcelas agrícolas de la comarca. El 84% de las parcelas fueron clasificadas in situ a través de campañas de campo, el otro 16% fueron clasificadas mediante fotointerpretación de ortofotos de 2019, 2020 y 2021. El conjunto de parcelas está formado por un 46% de parcelas productivas, 21% de parcelas no productivas y 32% de parcelas abandonadas. En cada iteración se utilizaron $\frac{5}{100}$ de las parcelas para entrenamiento y $\frac{1}{100}$ para validación. Finalmente se promediaron los resultados obtenidos en las 6 iteraciones de la validación cruzada.

En todas las iteraciones el modelo Random Forest fue entrenado con los mismos hiperparámetros ($n_{tree}=150$ y $m_{try}=6$). Todos los modelos mostraron convergencia antes de los 150 árboles de decisión. La validación cruzada mostró una exactitud de clasificación promedio de 89,4% +/- 2% con un intervalo de confianza del 95% y un índice Kappa de Cohen de 0,83. La Tabla 3 muestra la matriz de confusión agregada de las 6 iteraciones.

Tabla 3. Matriz de confusión agregada a partir de los resultados de la validación cruzada de 6 iteraciones. La validación cruzada mostró una exactitud global entre 0,873 y 0,913 con un intervalo de confianza del 95%.
Fuente: elaboración propia.

Matriz de confusión agregada	Referencia			
		NP	PR	AB
Predicción	NP	190	3	15
	PR	11	437	50
	AB	13	13	259

La Tabla 4 muestra el rendimiento del modelo por categorías. Todas las clases mostraron una exactitud (F1) similar que osciló entre el 0,914 y 0,888. El único valor por debajo del 80% fue la exhaustividad (recall) de la clase productiva. Esto implica más de un 20% de errores por omisión para esta clase. Consideramos que estos son unos buenos resultados puesto que la exactitud supera el umbral de referencia del 85%.

Tabla 4. Resumen de la exactitud del modelo por clases.
Fuente: elaboración propia.

Categoría	F1-score	Precisión	Exhaustividad
No productivo	0,898	0,877	0,909
Productivo	0,874	0,965	0,799
Abandonado	0,884	0,919	0,851

* F1-score se calcula como la media armónica de precisión y exhaustividad.

4.3. Estimación del abandono de tierras agrícolas en la comarca de La Safor

En esta sección se utiliza el modelo entrenado para estimar la extensión del abandono de tierras en toda la comarca de La Safor. El método propuesto permitió generar un mapa del estado de los cultivos para el año 2021. La Figura 5 muestra el estado de los cultivos para la temporada 2021 a nivel de parcela (recinto SIGPAC). También se muestran las probabilidades promedio de pertenencia a cada categoría para cada parcela. Sin embargo, la alta fragmentación del paisaje agrícola dificulta la visualización de los resultados. En el ANEXO II se proporciona un plano general del estado de los cultivos para toda la comarca junto un mapa para cada municipio. Según los resultados obtenidos (Tabla 5) existen en torno a 2.546 ha abandonadas en toda la comarca (teniendo en cuenta las parcelas de cítricos y otros usos compatibles). Esto supone un 19% de superficie agrícola abandonada. A nivel de parcela, el modelo clasificó como abandonadas 10.917 parcelas que suponen un 20,8%. Por otra parte, el modelo estimó 8.949 ha productivas (66,5%) y 8.053 ha no productivas (14,4%). El bajo porcentaje de parcelas no productivas corresponde, en su gran mayoría, a parcelas de cítricos en fase de reposición.

Al analizar el tamaño de las parcelas activas (grupo de no productivas y productivas) y abandonadas observamos pequeñas diferencias de tamaño. Las parcelas activas tienen un tamaño promedio de 0.29 ha mientras que las parcelas abandonadas tienen un tamaño promedio de 0.23 ha. Sin embargo, el análisis estadístico no pudo confirmar que existan diferencias de tamaño significativas entre ambos grupos.

Como se puede observar en la Figura 5, el abandono de tierras no se distribuye homogéneamente en toda la comarca. Para mejorar la visualización, a partir del mapa de probabilidades de abandono se realizó un análisis geo-estadístico para identificar los puntos calientes (hotspots) de abandono de tierras. Se utilizó el estadístico Getis-Ord G_i^* para identificar clusters espaciales estadísticamente significativos de valores altos (puntos calientes) y valores bajos (puntos fríos) de abandono de tierras. La Figura 6 muestra los puntos calientes y puntos fríos de abandono en toda la comarca.

Según el análisis Getis-Ord G_i^* se observan cinco puntos calientes de abandono claramente diferenciados (Figura 6). De norte a sur estos puntos calientes son: (1) hotspot de Simat de la Valligna próximo al Ullal de la Fontarda, (2)

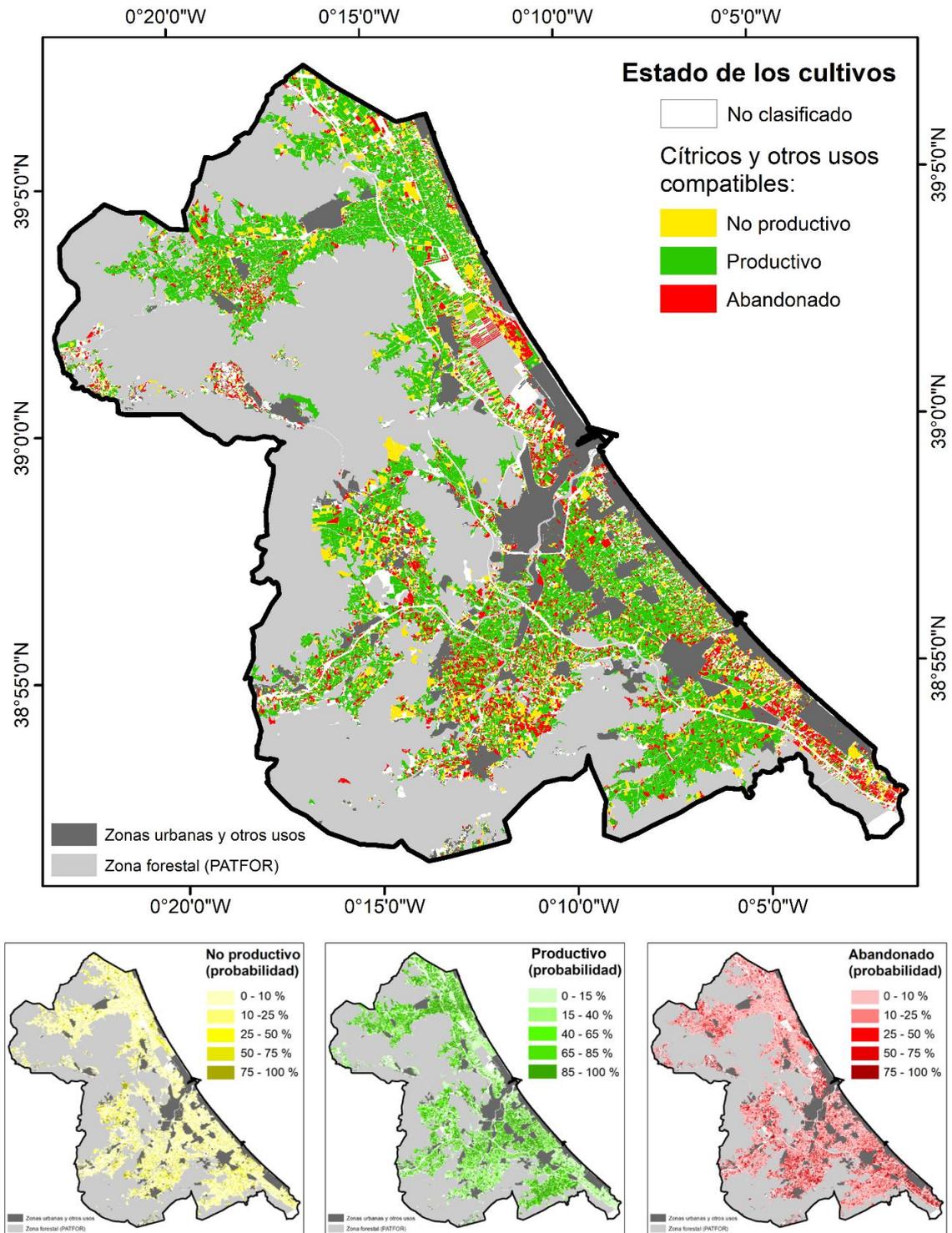


Figura 5. Mapa del estado de los cultivos en la comarca de La Safor para la temporada 2021. Arriba se muestra el estado de los cultivos a nivel de parcela (recinto SIGPAC). Abajo se muestran las probabilidades promedio de pertenencia a cada categoría a nivel de parcela. *Fuente:* elaboración propia.

Tabla 5. Resultados obtenidos sobre el estado de los cultivos en la comarca de La Safor para el año 2021 a nivel de superficie y parcela.

	Cítricos y otros usos compatibles (según SIGPAC)				Cítricos (según SIGPAC)			
	Superficie total (ha)	Parcelas totales	Superficie (%)	Parcelas (%)	Superficie total	Parcelas totales	Superficie (%)	Parcelas (%)
No productivo	2126	8053	14,4	15,3	1529	4829	13,2	11,9
Productivo	8940	30823	66,5	63,7	8330	29352	68,5	67,3
Abandonado	2546	10917	19,1	20,8	1976	8437	18,4	20,8

hotspot de Barx, (3) hotspot de Gandia, (4) hotspot de Potries que se extiende hasta los municipios de Beniflà, Beniarjó, Rafelcofer, La Font d'en Carròs, Villalonga, Ador, Palma de Gandia y (5) hotspot de Oliva, dividido en dos núcleos, uno en las inmediaciones del casco urbano principal y otro en la zona costera sur entre la urbanización Oliva Nova y el Marjal de Pego-Oliva. El abandono de tierras es un fenómeno complejo y resulta complicado identificar las características que envuelven el abandono de tierras en cada una de estas zonas. Sin embargo, consideramos que el abandono de tierras tiene componentes diferenciales en cada uno de los puntos calientes.

En los puntos calientes de Oliva y Gandía, situados en la zona costera, el abandono de tierras está impulsado principalmente por los procesos urbanísticos. Debido a la gran expansión urbanística en el litoral durante las últimas décadas, muchos propietarios mantienen sus parcelas sin intereses agrícolas, a la espera de futuras plusvalías derivadas de procesos urbanísticos. Esta lógica es más evidente en Gandia y Oliva que son las dos ciudades más grandes de la comarca donde se ha producido un gran crecimiento urbanístico. Por este motivo la mayor concentración de parcelas abandonadas se suele localizar en la zona litoral y en las zonas periféricas de las ciudades, donde se espera una futura expansión urbana. Además, existen otros factores de carácter ambiental que fomentan el abandono. Las parcelas costeras, ubicadas sobre la restinga litoral están dominadas por suelos arenosos menos productivos. El punto caliente de Oliva, ubicado en la restinga litoral entre la Marjal de Pego-Oliva y la costa, está altamente afectado por las características del suelo. Además, estas localizaciones están más expuestas a los vientos fríos de levante procedentes del mar, lo que implica una cosecha más tardía que alcanza un menor valor de mercado.

En el punto caliente de Barx los factores impulsores del abandono están relacionados con su emplazamiento en el interior de la comarca. Durante los años de gran rentabilidad de los cítricos se introdujo el cultivo en esta zona. Actualmente, el cultivo no produce rentabilidad suficiente y no es competitivo debido al aislamiento de la zona. Después de las visitas de campo y la revisión de la cartografía del SIGPAC, podemos observar que existe una proporción importante de parcelas dedicadas a otros cultivos como los olivares y los cultivos hortícolas, incluso algunas parcelas identificadas como abandonadas posiblemente están dedicadas a la producción de forraje para ganado. Además, observamos una falta de actualización importante de la base de datos SIGPAC en esta zona que puede provocar una sobrestimación del abandono.

Con respecto a los puntos calientes de Potries y Simat de la Valldigna, se desconocen los factores impulsores del abandono de tierras en estas zonas. Sin embargo, el abandono del punto caliente alrededor de Potries, podría estar potenciado por procesos urbanísticos fallidos que desencadenaron en una compra-venta de terrenos por parte de agentes sin intereses agrícolas. Por otra parte, el punto caliente de abandono de Simat de la Valldigna está ubicado entre el Ullal de la Fontarda y el Riu Vaca. Además, se observa que el abandono está claramente restringido a estos límites. Estas circunstancias sugieren que el abandono de estas parcelas puede estar impulsado por características ambientales de la zona, posiblemente relacionadas con inundaciones recurrentes.

A partir de la Figura 6 también se pueden deducir algunas zonas de abandono emergente situadas en: el interior de Simat de la Valldigna, muy próximo a la zona forestal; en la playa de Xeraco y las inmediaciones de la Marjal de La Safor; en la zona de Marxuquera, entre los municipios de Gandia, Ador y Palma de Gandia; en Almiserà, Castellonet de la Conquesta y Alfahuir;

junto con una expansión de los puntos calientes de Gandia, Potries y Oliva.

Las zonas marcadas en verde (Figura 6) muestran regiones poco afectadas por el abandono de tierras o puntos fríos de abandono. Estas zonas presentan una concentración de parcelas abandonadas significativamente menor.

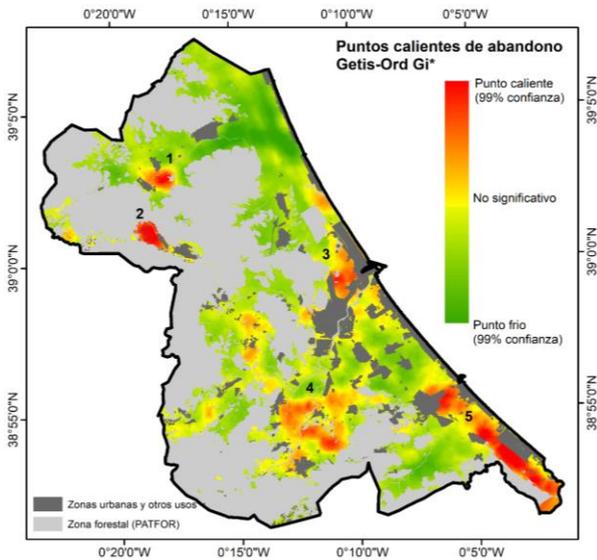


Figura 6. Puntos calientes de abandono de tierras agrícolas para la comarca de La Safor en la temporada 2021. Getis-Ord G_i^* con umbral de 0,5 km y ponderación de distancia inversa. Los puntos calientes identificados se enumeran de norte a sur. Fuente: elaboración propia.

4.4. Estadísticas por municipios

A continuación, analizamos los valores absolutos de abandono en cada municipio (superficie total abandonada). Debido a las grandes diferencias de tamaño entre los municipios estudiados, en primer lugar, presentamos la superficie agrícola disponible para cada municipio (Figura 7). Los tres municipios con mayor superficie agrícola disponible son: Oliva (2.608 ha), Tavernes de la Valldigna (2.066 ha) y Gandia (1595 ha). Estos tres municipios ocupan casi el 50% de la superficie agrícola de la comarca.

Los municipios con mayor superficie de suelo abandonado son Oliva (> 600 ha) y Gandia (> 400 ha), seguidos de Villalonga (> 200 ha), Tavernes de la Valldigna (> 150 ha). A pesar de la gran cantidad de superficie agrícola disponible en Tavernes de la Valldigna, la superficie abandonada es mucho menor que en otros municipios con una extensión similar. En la Figura 6 se puede observar un punto frío de abandono de tierras en este municipio.

Finalmente presentamos los valores relativos de abandono en cada municipio (proporción total

abandonada). Si nos centramos en la Figura 8 observamos que existen diversos municipios con más de un 25% de su superficie abandonada como: Ador, Barx, Daimus, La Font d'en Carròs, Gandia, Guardamar de La Safor, Llocnou de Sant Jeroni, Pories i Villalonga.

4.5. Discusión y futura investigación

La presente investigación presenta e implementa una metodología para el seguimiento del abandono de tierras agrícolas en la comarca de La Safor a través de datos satelitales del programa Copernicus y técnicas de aprendizaje automático. Esta investigación evidencia la importancia de los datos satelitales Sentinel-2 para la gestión agrícola. Los resultados obtenidos muestran el potencial de las series temporales Sentinel-2 para detectar el abandono de los cultivos de cítricos. La evaluación preliminar de la metodología muestra una exactitud de los mapas generados en torno al 90%. Los resultados obtenidos son prometedores y justifican más investigación para el seguimiento de cultivos utilizando técnicas de teledetección. Desde el punto de vista metodológico, futura investigación debería tratar de construir modelos más precisos utilizando series temporales más largas o datos de mayor resolución espacial además de incluir otros cultivos presentes en el área de estudio. La implementación operativa de controles a través de teledetección requiere investigar también otros aspectos como la transferibilidad espacial y temporal de los modelos generados, la sensibilidad frente al número de muestras de entrenamiento y las limitaciones espaciales de Sentinel-2. Una de las principales limitaciones de la metodología es la necesidad de disponer de un conjunto de datos de referencia para la recalibración del modelo. La participación ciudadana para el etiquetado y georreferenciación de parcelas de referencia a través de dispositivos móviles podría ser una solución interesante a esta cuestión.

La metodología propuesta se presenta como una herramienta eficiente en tiempo y coste para el seguimiento del abandono de tierras en la comarca de La Safor y en otras zonas de la Comunitat Valenciana. El método ha permitido crear el primer mapa de cultivos abandonados en la comarca de La Safor para el año 2021 y permitirá realizar un seguimiento anual del estado de los cultivos de cítricos. Sin embargo, la metodología requiere que la base de datos de SIGPAC esté actualizada y con la mayor exactitud posible. La necesidad de disponer de una clasificación de las parcelas de cítricos previamente identificadas es una de las

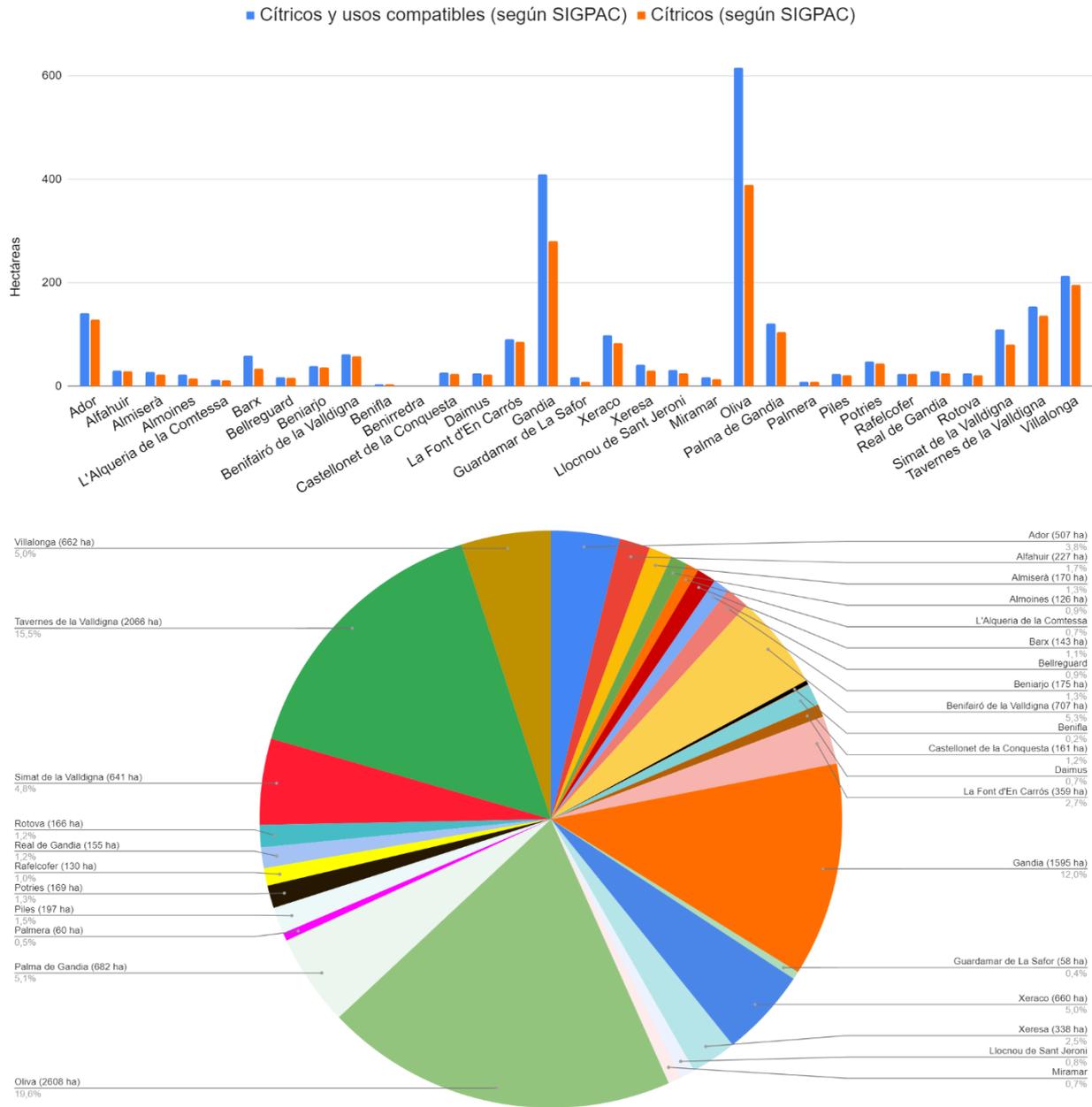


Figura 7. Superficie agrícola disponible por municipio (arriba) y superficie abandonada por municipio para el año 2021 (abajo). Fuente: elaboración propia.

mayores restricciones de la metodología. La información proporcionada puede utilizarse como un indicador de la efectividad de las políticas agrícolas. Esta información cuantitativa y espacialmente explícita permitirá tomar mejores decisiones en materia de agricultura, así como implementar medidas de gestión del paisaje. La metodología se ha desarrollado utilizando herramientas gratuitas de código abierto por lo que se puede implementar sin ningún coste adicional. Además, los procesos computacionalmente intensivos se realizan en la nube a través de la

plataforma Google Earth Engine por lo que no se necesita un gran poder computacional. Futuras mejoras incluirán la automatización de todo el proceso en la nube a través de Google Earth Engine sin necesidad de descargar los datos. La aplicación incluirá la ingestión de datos para entrenamiento / recalibración del modelo, aplicación del método de clasificación y presentación de la cartografía interactiva y estadísticas a través de una plataforma web.

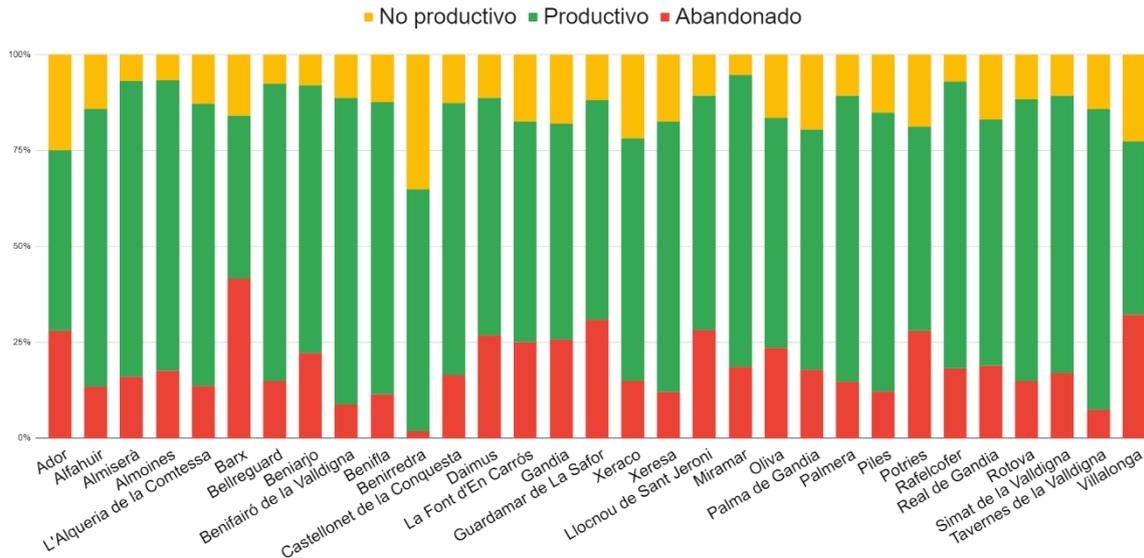


Figura 8. Proporción de superficie abandonada, productiva y no productiva por municipios.

Aunque los resultados sugieren que el abandono puede estar correlacionado con el tamaño de las exportaciones, también se requiere más investigación sobre los factores impulsores del abandono de tierras agrícolas en la Comunitat Valenciana y en particular sobre el abandono de los cultivos de cítricos. Futura investigación debería estudiar las causas sociales, económicas y ambientales que subyacen a este fenómeno. El conocimiento experto y los enfoques basados en minería de datos e inferencia causal podrían ser herramientas útiles para este propósito. En este sentido Zaragoza et al. 2012 presentaron el primer estudio piloto con objeto de modelizar los factores impulsores del abandono de tierras agrícolas.

5 Conclusiones

La capacidad de observación sin precedentes del programa Copernicus de la Unión Europea supone un punto de inflexión en lo que respecta al monitoreo agrícola. Además, cada vez existente más fuentes de datos de observación de La Tierra a través de plataformas satelitales y aéreas. Las series temporales de datos Sentinel-2 presentan un alto potencial para detectar el abandono de cultivos de cítricos. Este hecho justifica una mayor investigación para desarrollar métodos eficientes que aporten información dedicada a la gestión agrícola en la Comunitat Valenciana y en otras regiones. La metodología propuesta permitió generar el primer mapa de abandono de tierras agrícolas en la comarca de La Safor con una exactitud global en torno al 90%. Según nuestras

estimaciones, para el año 2021, el abandono de tierras en la comarca de La Safor está en torno al 20%. Desde el punto de vista espacial, el abandono de tierras se concentra mayoritariamente en cinco puntos calientes situados en los municipios Barx, Simat de la Valldigna, Gandia, Oliva y Potries. La metodología propuesta abre posibilidades nuevas para el seguimiento del abandono de tierras en la comarca. La información espacial y temporalmente explícita permitirá tomar mejores decisiones en materia de agricultura y gestión del paisaje que pueden contribuir a ralentizar o revertir el abandono. Además, la información cuantitativa de alta resolución espacial es un potencial indicador de la efectividad de los planes y políticas agrícolas. Esta nueva información puede ser clave para los responsables técnicos y políticos en materia de agricultura y ordenación del territorio.

6 Agradecimientos

Los autores agradecemos a COCEDER (Confederación de Centros de Desarrollo Rural) la financiación recibida para llevar a cabo esta investigación. También agradecemos las iniciativas del CDR La Safor y su gran labor en la comarca. Finalmente, agradecemos la ayuda prestada por otros investigadores: Sr. Marc Fuster Adrover y la Dra. María-Teresa Sebastià Frasquet i al Dr. Javier Estornell, investigadores y docentes de la Universitat Politècnica de València.

7 Referencias

- Gao, B. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996, 58, 257-266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Chen, J.; Jönsson, P.; Tamura, M.; Gu, Z.; Matsushita, B.; Eklundh, L. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky–Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 91, 332-344. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.014>
- European Spatial Agency - ESA (2022) Missions: Sentinel-2. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (Septiembre, 2022)
- European Spatial Agency - ESA (2022) Technical guides: Sentinel-2 MSI Level-2A Algorithm Overview. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm> (Septiembre, 2022)
- Garófano-Gómez, V., Delgado-Artés, R. 2021. Investigació sobre els canvis d'usos del sòl i l'abandonament agrícola a la comarca de la Safor (València). CDR la Safor. Beniarjó, València. 21 p.
- Huete, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 1988, 25, 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Louies, J.; Charantonis, A.; Berthelot, B. Cloud Detection for Sentinel-2. *Proceedings of ESA Living Planet Symposium* (2010).
- Mayer, B.; Kylling, A. Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2005, 5, 1855-1877. <https://doi.org/10.5194/acp-5-1855-2005>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ESYRCE: Encuesta Sobre Superficies y Rendimientos del año 2020; Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain, 2021. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ESYRCE: Encuesta Sobre Superficies y Rendimientos del año 2021; Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Madrid, Spain, 2022. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/>
- Misra, G., Cawkwell, F., Wingler, A. Status of Phenological Research Using Sentinel-2 Data: A Review. *Remote Sensing*. 2020, 12, 2760. <https://doi.org/10.3390/rs12172760>
- Noguera, J. Viabilidad y competitividad del sistema cítrico valenciano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2010, 52, 81-99. ISSN: 0212-9426.
- Perpiña Castillo C., Kavalov B., Diogo V., Jacobs-Crisioni C., Batista e Silva F., Lavallo C. Agricultural Land Abandonment in the EU within 2015-2030. JRC113718, European Commission 2018.
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V.R., Murayama, Y., Ranagalage, M. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sensing*. 2020, 12, 2291. <https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Prishchepov, A. V. Agricultural Land Abandonment. Oxford Bibliographies. Environmental Science. Oxford University Press, 2020. <https://doi.org/10.1093/obo/9780199363445-0129>
- Richter, R.; Schläpfer, D. Atmospheric/Topographic Correction for Satellite Imagery: ATCOR-2/3 UserGuide", DLR IB 565-01/11, Wessling, Germany, 2011.
- Rondeaux, G.; Steven, M.; Baret, F. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. 1996, 55, 95-107. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)
- Savitzky, A.; Golay, M.J.E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. *Analytical Chemistry*, 1964, 36, 1627-1639.
- Salom, J., Albertos, J.M. El modelo de desarrollo de la Comunitat Valenciana. En *La Comunidad Valenciana en la Europa de las Regiones*, 1ª ed. Romero, J.S.J., Vera F., Eds. Ariel Geografía: Valencia, España, 2001.
- Segarra, J.; Buchailot, M.L.; Araus, J.L.; Kefauver, S.C. Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications. *Agronomy* 2020, 10, 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Subedi, Y.R., Kristiansen, P., Cacho, O. Drivers and consequences of agricultural land abandonment and its reutilization pathways: A systematic review. *Environmental Development*, 2022, 42, 100681. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100681>

Terres, J.M., Scacchiafichi, L.N., Wania, A., Ambar, M., Anguiano, E., Buckwell, A., Coppola, A., Gocht, A., Källström, H.N., Pointerau, P., Strijker, D., Visek, L., Vranken, L., Zobena, A. Farmland abandonment in Europe: Identification of drivers and indicators, and development of a composite indicator of risk. *Land Use Policy*, 2015, 49, 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.009>

Tomás-Carpí, J.A. La economía valenciana: Modelos de interpretación. En *Contribución invisible de las mujeres en la economía: El Caso específico del mundo ural*, 1ª ed. Vera, A., Ed.; Instituto De La Mujer. Madrid, España, 1977.

Volpi, I., Marchi, S., Petacchi, R., Hoxha, K., Guidotti, D. Detecting olive grove abandonment with Sentinel-2 and machine learning: The development of a web-based tool for land management. *Smart Agricultural Technology*, 2023, 3, 100068. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100068>

Cómo citar esta investigación:

Se autoriza la difusión de este documento que, a efectos bibliográficos, debe citarse como:

Morell-Monzó, S., Grófano-Gómez, V. *Investigación del abandono de tierras en la comarca de La Safor (Comunitat Valenciana) utilizando datos Sentinel-2*. CDR la Safor. Beniarjó, València. 13.