



AM
ETSIAM
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica y de Montes
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



DIGITALAGRI

MASTER EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN
EL SECTOR AGROALIMENTARIO Y FORESTAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA
OCUPACIÓN DE CULTIVOS SITUADOS EN LA
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA, ESPAÑA

Alumno: José Luis Ricardo Zárate Sotelo

Directores:

Adolfo Peña Acevedo

Francisco Javier Mesas Carrascosa

Fecha: Córdoba, 31 de Agosto de 2024

Agradecimientos

En primer lugar, expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fuerza y determinación para lograr mis objetivos en España. Tuve la dicha de contar con el apoyo de mis tutores, Adolfo Peña y Javier Mesas, por orientarme con sus consejos en todo momento a fin de terminar el presente Trabajo de Fin de Máster (TFM).

Muchas gracias a mis compañeros (Lucas León, Luis Burgos y Juan Manuel López), investigadoras del laboratorio (Paula González y Vanesa García) y cuerpo docente en general de la UCO, quienes me acompañaron en mi etapa en el Máster DIGITAL AGRI. Asimismo, especial agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional y dedico este TFM a mis abuelos, Herminia Rodríguez de Zárate y Raúl Sotelo Lévano (QEPD).

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo del Proyecto de investigación orientado a los retos de la sociedad "CARCAVA. Influencia Climática y Agronómica en la formación y evolución de la Red de CARcaVas en la campiña Andaluza", financiado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía.

Este TFM es parte de la Cátedra Internacional ENIA Agricultura-Universidad de Córdoba financiada por la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial y por la Unión Europea-Next Generation EU. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.



Índice

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 MARCO TEÓRICO.....	13
1.1.1 Evolución de la PAC y su desempeño en España	13
1.1.2 Dinámica de los cambios de cultivos en Andalucía	16
1.1.3 Disponibilidad de información agraria.....	18
2 OBJETIVO	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.1.1 Objetivos específicos	19
3 MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 FASES DEL TRABAJO.....	21
3.2 TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICAS EMPLEADAS	22
3.2.1 Hardware y softwares	22
3.2.2 Lenguajes de programación.....	23
3.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
3.4 PREPROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	24
3.4.1 Manipulación de datos PAC.....	25
3.4.1.1 Generación y división de datos duplicados y no duplicados	26
3.4.1.2 Renombramiento de las columnas y conversión de hoja de cálculo a archivo base de datos.....	26
3.4.2 Manipulación de datos SIGPAC	26
3.4.2.1 Homogenización de tipo de datos, número de columnas y renombramiento de las columnas	27
3.4.2.2 Reproyección de sistema de referencia de coordenadas	27
3.4.3 Geoprocesamiento de datos complementarios: MODIS, Unidad de Paisaje y Límites administrativos.....	27
3.5 CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS EN POSTGRESQL.....	28
3.5.1 Importación de datos preprocesados	29
3.5.2 Creación de índices, extensiones y edición de tablas PAC y SIGPAC.....	29
3.5.3 Eliminación de filas duplicadas de la PAC por área mayor	30

3.5.4	Clasificación de los cultivos declarados de la PAC.....	30
3.5.4.1	Primer ajuste de superficie de los cultivos	31
3.5.5	Operadores de conjunto y edición de campos	31
3.5.5.1	Segundo ajuste de superficie de los cultivos	31
3.5.6	Unión de tablas PAC-SIGPAC editados con puntos centroides MODIS ...	32
3.5.7	Filtros y tablas resúmenes.....	32
3.5.7.1	Tercer ajuste de superficie de los cultivos	32
3.6	GRÁFICOS DE CULTIVOS DECLARADOS PAC-SIGPAC-MODIS.....	34
3.6.1	Gráficos de cultivos clasificados por grupos.....	35
3.6.2	Flujo histórico para tipo de cultivo "NO DECLARADO"	35
4	RESULTADOS	37
4.1	EVOLUCIÓN GENERAL DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN ANDALUCÍA.....	40
4.2	EVOLUCIÓN PROVINCIAL DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN ANDALUCÍA.....	40
4.3	EVOLUCIÓN PAISAJÍSTICA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN ANDALUCÍA	44
5	VALORACIONES Y CONCLUSIONES.....	48
6	BIBLIOGRAFÍA.....	49
7	ANEXO	53

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema metodológico de la investigación.....	21
Figura 2 Módulo 1: Delimitación de área de estudio	24
Figura 3 Módulo 2: Preprocesamiento de datos espaciales.....	25
Figura 4 Módulo 3: Creación de una base de datos	28
Figura 5 Ejemplo de cómo importar datos en la base de datos PostgreSQL	29
Figura 6 Gráfico de barras de cultivos de la PAC-MODIS, tipo "clasificado"	33
Figura 7 Módulo 4: Análisis temporal de cultivos declarados	34
Figura 8 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1.....	35
Figura 9 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2.....	36
Figura 10 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3.....	36
Figura 11 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1.....	37
Figura 12 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1.....	38
Figura 13 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2.....	38
Figura 14 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2.....	39
Figura 15 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3.....	39
Figura 16 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3.....	40
Figura 17 Evolución de los cultivos principales en Andalucía	40
Figura 18 Evolución de los cultivos principales en Almería.....	41
Figura 19 Evolución de los cultivos principales en Cádiz.....	41
Figura 20 Evolución de los cultivos principales en Córdoba.....	42
Figura 21 Evolución de los cultivos principales en Granada.....	42
Figura 22 Evolución de los cultivos principales en Huelva	43
Figura 23 Evolución de los cultivos principales en Jaén.....	43
Figura 24 Evolución de los cultivos principales en Málaga	44
Figura 25 Evolución de los cultivos principales en Sevilla	44
Figura 26 Unidades de paisajes en Andalucía	45

Figura 27 Evolución de los cultivos principales en Altiplanos y subdesiertos esteparios.....	45
Figura 28 Evolución de los cultivos principales en Campiñas	46
Figura 29 Evolución de los cultivos principales en Litoral	46
Figura 30 Evolución de los cultivos principales en Serranías.....	47
Figura 31 Evolución de los cultivos principales en Valles, vegas y marismas	47

Índice de Tablas

Tabla 1 Número de recintos PAC y SIGPAC durante el periodo 2005 al 2021	20
Tabla 2 Resumen clasificación de cultivos declarados.....	53
Tabla 3 Registro total de puntos MODIS para los cultivos clasificados (2005-2021) .	60
Tabla 4 Transición de puntos MODIS para los cultivos clasificados por "Grupo" y usando como filtro "No Declarado" (2005-2021).....	61
Tabla 5 Transición de puntos MODIS para los cultivos clasificados usando como filtro "No Declarado" (2005-2021)	62

Análisis de la variación temporal de la ocupación de cultivos situados en la comunidad autónoma de Andalucía, España.

Alumno: José Luis Ricardo Zárate Sotelo

Directores: Adolfo Peña Acevedo

Francisco Javier Mesas Carrascosa

Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) tiene por objetivo estudiar el cambio en la ocupación de cultivos en la comunidad autónoma de Andalucía (España) durante el periodo 2005-2021. La metodología empleada considera conceptos de Tecnologías de Información Geográfica (TIG), la cual trata de integrar datos de la Política Agrícola Común (PAC), el Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) y otras fuentes complementarias como límites administrativos, unidades del paisaje y erosión hídrica del suelo (RUSLE 2010 y 2015). Así, este TFM se ha centrado en la creación de una base de datos espacial en PostgreSQL para poder manipular y analizar grandes volúmenes de información geoespacial, lo que permitirá analizar de forma eficiente la evaluación espacio-temporal de los cultivos.

Durante el periodo examinado, se ha observado una tendencia en la evolución de los principales cultivos declarados, con un aumento significativo en la superficie dedicada al olivar, mientras que cultivos cerealísticos presentan un patrón inverso; es decir, decreciente con el paso de los años. Para la obtención de estos resultados sin duda el uso de tecnologías avanzadas ha permitido automatizar procesos de análisis y generar representaciones gráficas que ofrecen una visión comprensiva de la evolución agraria en Andalucía, con implicaciones directas para la toma de decisiones en el ámbito agrícola.

Palabras clave: Andalucía, PAC, SIGPAC, PostGIS

Abstract

The aim of this Master Thesis (TFM) is to study the change in crop occupation in the autonomous community of Andalusia, Spain, during the period 2005-2021. The methodology employed considers Geographic Information Technology (GIT) concepts, which tries to integrate data from the Common Agricultural Policy (CAP), the Geographic Information System for the Identification of Agricultural Plots (SIGPAC), and other complementary sources, political boundaries, landscape and soil erosion. The research focuses on the creation of a spatial database in PostgreSQL to be able to manipulate and analyse large volumes of geospatial information, which will lead to better monitoring and spatio-temporal evaluation of crops.

During the period under review, a trend in the evolution of the main declared crops can be observed, with a significant increase in the area devoted to olive groves, while cereals show an inverse pattern, i.e. decreasing over the years. The use of advanced technologies has made it possible to automate analysis processes and generate graphical representations that offer a comprehensive view of agricultural evolution in Andalusia, with direct implications for agricultural decision-making.

Keywords: Andalusia, CAP, SIGPAC, Declared crops, PostGIS, PostGIS, Database

1 INTRODUCCIÓN

La agricultura es fundamental, no solo para la alimentación humana y animal, sino también para el sistema industrial como fuente de materia prima (Moyano Ruz, 2017). En Andalucía, el sector agroalimentario es una de las principales fuentes de generación de riqueza y empleo, aportando en torno al 10% del Valor Añadido Bruto (VAB) y del empleo regional, suponiendo además el 40% del valor de las exportaciones regionales (Analistas Económicos de Andalucía, 2021). Por otro lado, la comunidad autónoma andaluz representa el 31.8% del total de la superficie cultivada en el territorio español, generando el 30% de la producción agrícola nacional, llegando incluso a superar en algunas campañas hasta el 40% (Junta de Andalucía, 2020).

No obstante, existen amenazas externas como, por ejemplo, las variaciones meteorológicas, la irrupción del COVID-19 y la oferta-demanda de productos agrícolas que afectan a las explotaciones agrarias; además, aspectos sociales y económicos también están asociados con el rendimiento agrario, ya que factores como la crisis alimentaria, la demanda hídrica, las políticas agrícolas y los subsidios para el sector rural, afectan directamente en las tierras agrícolas (Moyano Ruz, 2017). Por último, esta actividad primaria se ve afectada ante la creciente preocupación por sus consecuencias ambientales, lo cual ha generado una profusión de avances dirigidos a modificar las prácticas agrícolas, haciéndolas más beneficiosas para el medio natural (Firbank et al., 2008).

Ante ese escenario, nació la Política Agrícola Común (PAC) en 1962, la cual promueve que los sistemas agrícolas suministren alimentos seguros, sanos y producidos de manera sostenible. La PAC protege los recursos naturales y mejora la biodiversidad, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático. Simultáneamente, apoya la economía rural, impulsando el empleo no solo en la agricultura sino también las industrias agroalimentarias y sectores asociados (<https://agriculture.ec.europa.eu/>). Es por esta razón, que la Comisión Europea (2017a) señala que la PAC mejora el nivel de vida de los agricultores además de proteger el medio ambiente. En el contexto andaluz, esta región es reconocida por ser la comunidad autónoma que recibe más subvenciones económicas para los productores, asegurando el mantenimiento de una producción que garantiza tanto la cantidad como la calidad de los alimentos (Boza, 2013).

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) utiliza diversas fuentes de información tales como la declaración de la PAC, la Encuesta sobre Superficies y

Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) y los datos de la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía (AGAPA). Estas fuentes permiten obtener estadísticas de gran exactitud y evidenciar la evolución de los principales grupos de cultivos en España durante los últimos años. Además, existen tecnologías basadas en sensores remotos que permiten digitalizar el sector agrícola como por ejemplo el Sistema Español de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) (Comisión Europea, 2000), el cual es un instrumento clave del Sistema Integrado de Gestión y Control (SIGC) que ayuda a la identificación de las parcelas agrícolas en el marco de la PAC desde febrero de 2005. Como resultado, se observa por ejemplo que en Andalucía la superficie dedicada al olivar sigue creciendo, mientras que la destinada a cereales muestran una tendencia a la baja. Los cultivos industriales, como el girasol, el algodón y la remolacha, experimentan fluctuaciones significativas, reflejando la influencia dinámica de la PAC en estos sectores en los últimos años (Junta de Andalucía, 2015).

Dado este contexto, es crucial conocer y evaluar las dinámicas del territorio andaluz en el marco de la PAC, ya que el uso de la tierra y los cambios en los patrones de cultivo tienen un impacto directo en la sostenibilidad ambiental y socioeconómica de la región. Diversos estudios han demostrado la importancia de evaluar estas dinámicas para garantizar la conservación de los recursos naturales y mejorar la planificación territorial (Baker et al., 2018; Bénétière et al., 2002; McGuire et al., 1998; Verburg et al., 2010). Estos estudios resaltan la necesidad de integrar sistemas de información geoespacial con modelos predictivos que permitan evaluar las implicaciones ambientales del uso del suelo a largo plazo.

Finalmente, el uso de las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) permite la manipulación de grandes volúmenes de información o Big Data, incluso aquellos que no son espacialmente relevantes, pero que pueden ser correlacionados con algún factor o agente significativo, facilitando el análisis detallado. Sin embargo, la gestión de Big Data de todo Andalucía presenta desafíos en la búsqueda y homogenización de datos. Para resolver esto, se han desarrollado bases de datos que ofrecen ventajas en términos de integridad, consistencia y no redundancia, siendo útiles para el seguimiento anual de la temporalidad de los cultivos declarados (Lázaro-López et al., 2018).

1.1 Marco teórico

1.1.1 Evolución de la PAC y su desempeño en España

El siguiente apartado expone los principales hitos históricos que ocurrieron en España y cómo ha ido afectando los objetivos y visión que tenía la PAC.

La PAC nace en el **año 1962** en respuesta a una crisis económica de escasez alimentaria derivadas del fin de la Segunda Guerra Mundial el cual implicó alcanzar una serie de competencias claves en el sector agrícola basadas en el Tratado de Roma tal como fueron el establecimiento de medidas intervencionistas y productivistas (MAPA, s.f.). Según el investigador Manuel Parras (2022), la PAC se articulaba en torno a tres ejes: a) precio de garantía, con protección en frontera y aislado del mercado mundial; b) el sistema de pagos compensatorios, limitado en ocasiones a cantidades máximas garantizadas, con apertura al mercado mundial; c) y limitación de la oferta, incluyendo retiradas total o temporal, cuotas, etc. En ese sentido, estas medidas buscaban ofrecer subvenciones y precios garantizados a los agricultores para incentivar la producción agrícola (Rodríguez García, 2012). Sin embargo, estas políticas generaron una serie de problemas tanto internos (excedentes en la mayoría de los sectores, elevado coste financiero) como externos debido a su política exportadora (Martínez Navarro, 1998).

En la **década de los 80**, cuando España acababa de ingresar por medio de la Ampliación de Gracia de 1981, hubo una crisis energética que provocó que la PAC experimentase sus primeros cambios. Es así como se adoptaron políticas de precios, límites en intervenciones y control de la producción (Rodríguez García, 2012). Esto último derivó en la creación de un sistema para controlar el creciente gasto agrícola, motivado por la necesidad de corregir los desequilibrios entre oferta y demanda (MAPA, s.f.). Ante este hecho, en 1991 la Comisión Europea revisó los objetivos de la PAC fijando los siguientes aspectos: 1) protección del medio ambiente y consumidor, 2) aumento de la competitividad de la agricultura comunitaria y 3) desarrollo regional de ciertas zonas agrícolas desfavorecidas social y económicamente (Parras, 2022). Todo esto hace que se produjera la primera gran reforma de la PAC o reforma McSharry de 1992.

Durante la **década de los 90**, la agricultura europea y la PAC se enfrentaron a nuevos retos como es la crisis alimentaria, la ampliación de los Países de Europa Central y Oriental (PECO) y la Conferencia sobre Desarrollo Rural de Cork (MAPA, s.f.). En respuesta a ello, en 1997, la Comisión Europea estableció las bases de la llamada Agenda

2000, la cual adoptó un enfoque global hacia la multifuncionalidad, sostenibilidad y competitividad de la agricultura europea (Parras, 2022). Teniéndose así, una visión holística de la agricultura y considerándola no solo como una actividad productiva, sino también como un medio para mejorar el entorno rural (Parlamento Europeo, 2022). En cuanto a su impacto hacia la PAC, se creó el segundo pilar, que se centró en potenciar el desarrollo rural. Este nuevo pilar incluyó objetivos como garantizar la seguridad y calidad de los alimentos, aumentar la competitividad de la agricultura comunitaria tanto interna como externa, integrar objetivos medioambientales, fomentar la agricultura sostenible, crear empleo y otras fuentes de ingreso para los agricultores y familias (Rodríguez García, 2012). Además, buscó mejorar la competitividad agrícola y reducir los precios institucionales mediante ayudas directas a la renta, fomentando al mismo tiempo las fuentes alternativas de ingresos en el ámbito rural y reforzando la cohesión social del mismo (Vaquerizo Villar, 2022).

La PAC experimentó una reforma significativa el 26 de junio del **2003**, marcando una orientación hacia una política "*verde*". Esta orientación buscaba implementar medidas sostenibles y reducir la dependencia de la producción para así mantener el gasto agrario previsto hasta el año 2013 (Parras, 2022). Como parte de esta reforma, la Unión Europea (UE) introdujo un nuevo sistema de ayudas directas para los agricultores llamado "*Pago Único*". Este sistema asignaba derechos de ayuda que recibieron los agricultores durante los tres últimos años, permitiendo que recibieran apoyo por poseer una explotación agraria, independientemente de la producción o la retirada de tierras de cultivo (Venturini, 2017; Vaquerizo Villar, 2022). En España, dicho pago reemplazó los pagos directos vinculados a la producción a inicios del 2006, teniéndose por objetivo minimizar los riesgos del desacoplamiento de las ayudas en sectores específicos que podrían verse afectados por esta transición (MAPA, s.f.).

Más adelante, el chequeo o revisión médica de la PAC fue un conjunto de reformas de carácter horizontal y sectorial. Estas reformas surgieron ante las contradicciones observadas durante la aplicación del conjunto de mecanismos instaurados en el año 2003 (Rodríguez García, 2012). El concepto que llevó a cabo fue dar una mayor legitimidad social a las ayudas y optimizar la gestión de los recursos presupuestarios (MAPA; s.f.). Se enforcaron en simplificar el sistema y tratar nuevos retos vinculados con el cambio climático, la biodiversidad, la energía y la gestión del agua (Vaquerizo Villar, 2022). Además, tuvo por objetivo supervisar y corregir los errores de las reformas anteriores,

mejorando la eficiencia de las ayudas y sustituyendo los pagos vinculados a la producción por el Pago Único en otros subsectores agrícolas y ganaderos con el fin de asegurar una distribución más justa y legítima de los fondos (Venturini, 2017).

La reforma del **2013** se diseñó para cumplir los objetivos establecidos previamente, instaurando nuevos instrumentos de política relacionados a derechos de pago (básico, verde y jóvenes agricultores), modelos de ayuda directa, régimen especial para pequeños productores y acciones a nivel regional, todo ello durante el periodo 2015-2020 (Parras, 2022). Sumando a todo esto nuevas preocupaciones, tales como el cambio climático, la seguridad alimentaria, el bienestar animal y el uso sostenible de los recursos naturales (Consejo Europeo, 2021). Así, entre los principales objetivos se encuentra lograr una mejor orientación de las ayudas a los agricultores activos junto con un papel más preponderante de los aspectos medioambientales mediante un pago específico ligado a ellos conocido como “*greening*”, logrando así una PAC más sostenible (MAPA, s.f.). Asimismo, se consolidan los dos pilares de la PAC; el primero encargado de las ayudas directas y del mercado agrícola y el segundo dirigido a potenciar el desarrollo rural. Por otro lado, se eliminan las ayudas directas en el segundo pilar y se implementa una reducción de los pagos básicos a partir de 150.000€. También se posibilita que los estados miembros transfieran fondos entre ambos pilares, hasta un máximo de 25% del segundo al primero y un 15% del primero al segundo (Vaquerizo Villar, 2022).

A principios del **2017**, la Comisión Europea inició la consulta pública respecto a la reforma de la PAC proceso en el cual España, junto con otros países miembros de la UE, definieron su postura sobre la futura PAC (López-Colom, 2022). Este proceso culminó en la elaboración del documento "*La Política Agrícola Común post 2020, Una respuesta desde España*" (MAPA, 2018), que recoge las propuestas específicas de España.

El Plan Estratégico de la Política Agrícola Común (PEPAC) se centra en alcanzar tres objetivos generales en el sector agrícola: a) la producción de alimentos; b) la gestión sostenible de los recursos naturales y la acción climática; y c) el mantenimiento del equilibrio territorial y la diversidad de las zonas rurales (Parras, 2022). Estos objetivos, se subdividieron en nueve metas específicas que abarcan los tres pilares de la sostenibilidad (ambiente, economía y social), y se complementan con un objetivo transversal de modernización del sector agrario a través del conocimiento, la innovación y la digitalización en las zonas rurales (MAPA, s.f.).

En el contexto español, uno de los retos más significativos fue el desarrollo de las zonas rurales ante la creciente despoblación progresiva en muchos de sus territorios. Para afrontar dicha problemática, se consideró que la PAC promoviera la incorporación de la mujer en el campo y apoyar a mantener la actividad agrícola mediante el relevo generacional (Herrero Colina, 2021). No obstante, según Vaquerizo Villar (2022), hubo discrepancias entre el Gobierno de España y la Comisión Europea, ya que el estado solicitaba un mayor enfoque hacia el relevo generacional (2% de los pagos directos vayan destinados a jóvenes agricultores) y más actuaciones contra el despoblamiento (incrementar en un 10% en las zonas despobladas) (MAPA, 2022). Asimismo, se argumentaba que las responsabilidades de implementar las medidas deberían recaer en las comunidades autónomas, al ser estas las que mejor conocen sobre su propia situación territorial (MAPA, 2018). De esta manera, las comunidades autónomas de España representaron un papel importante en el PEPAC, ya que no solo participaron activamente en el diseño del Plan, sino también fueron las responsables directas de su implementación y del diseño de intervenciones específicas en cada región, asegurándose así la coordinación y coherencia con el Plan Estratégico Nacional (Herrero Colina, 2021).

1.1.2 Dinámica de los cambios de cultivos en Andalucía

A nivel mundial, los patrones de uso del suelo están en constante evolución y Andalucía no es la excepción. Según Ramankutty y Foley (1998), el cambio en el uso del suelo agrícola está intrínsecamente vinculado a factores globales como la expansión de las tierras cultivables, la intensificación agrícola y la modernización de las técnicas de cultivo. En este sentido, Andalucía ha visto una reconfiguración de su mapa agrícola a medida que la demanda de ciertos productos ha fluctuado y se han implementado nuevas prácticas sostenibles.

La implementación de la PAC en Andalucía durante los últimos 60 años ha tenido impactos significativos en el territorio, influenciada por los cambios en los sistemas de producción y las ayudas económicas otorgadas por el Gobierno de España y Comisión Europea. Un ejemplo de esto son los programas de desarrollo rural (PRODER) y metodología LEADER en el marco 2000-2006. Estos promovieron iniciativas a nivel local, los cuales alcanzaron en Andalucía su mayor adhesión en el ámbito estatal (Boza, 2013). Como resultado, las medidas buscaron mejorar la calidad y productividad de las explotaciones agrarias, fomentando la modernización del sector agrario y ayudando a la población rural a permanecer en sus espacios originales (Rodríguez García, 2011).

Por otro lado, es importante mencionar cómo determinados cultivos son integrados en las políticas impuestas por la UE y la PAC, los cuales influyeron en el desempeño de cosecha como es el caso de Andalucía. Según Bertoni et al. (2018), la PAC ha contribuido a una transición en el uso de las tierras agrícolas, incentivando cultivos que tienen un menor impacto ambiental y promoviendo la rotación de cultivos y la diversificación. Ejemplo de ello es el cultivo del olivar que, aprovechando las ayudas de la PAC, experimentó una transformación de un sector en constante crisis a uno en expansión, capaz de mejorar de manera sobresaliente la calidad de sus productos (Rodríguez García, 2011). Además, la creciente demanda de productos agroalimentarios con mayor valor añadido, como el aceite de oliva, ha favorecido la expansión de cultivos permanentes que aseguran una mayor estabilidad económica (Junta de Andalucía, 2020). Sin embargo, este cultivo se enfrenta a importantes problemas medioambientales como es la erosión del suelo y la escasez hídrica, los cuales impactan en la producción e implementación de medidas tal como es la agricultura ecológica (Beaufoy, 2001). Según Olesen y Bindi (2002), los cambios climáticos proyectados para Europa tendrán consecuencias significativas para la productividad agrícola, alterando los ciclos de crecimiento y reduciendo la disponibilidad de agua en regiones mediterráneas como Andalucía. Este escenario ha llevado a que muchos agricultores opten por cultivos más resistentes a la sequía, como los olivos y los almendros. Por el contrario, los cultivos de frutas y hortalizas que, a pesar de recibir poco apoyo directo de la PAC, han sabido aprovechar su integración en el mercado global para iniciar una imparable dinámica de crecimiento, diversificación, mejora de rendimiento, calidad y valor añadido, destacando la horticultura de invernadero pero también fresas, frambuesas, frutales de hueso, subtropicales, espárragos, entre otras variedades más (Rodríguez García, 2011). Asimismo, cultivos como el almendro se han posicionado estratégicamente en la agricultura andaluza debido a su resistencia y adaptación al cambio climático y su valor creciente en el mercado (Cárdenas-Polonio et al., 2022). Por último, el sector del viñedo ha experimentado un descenso progresivo en producción y pérdida de hectáreas desde 2006 según indica la encuesta de ESRYCE (Moyano Ruz, 2017).

En resumen, la dinámica de los cultivos en Andalucía puede ser beneficiosos para la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica a largo plazo, aunque también plantean retos en términos de conservación de la biodiversidad agrícola y el mantenimiento de una agricultura diversificada que sea resiliente ante posibles fluctuaciones del mercado y del clima (Bertoni et al., 2018; Ramankutty & Foley, 1998).

1.1.3 Disponibilidad de información agraria

En la era de la información, la gestión eficiente de los datos es una componente importante en la agricultura, ya que no solo ayuda en mejorar la toma de decisiones y productividad de las parcelas, sino también permite adoptar medidas en la lucha contra el cambio climático y crisis alimentaria. Existen técnicas remotas generadoras de grandes volúmenes de información que son aprovechadas por aquellos stakeholders de políticas, locales y regionales, para que tengan información espacial actualizada sobre cómo evolucionan los agroecosistemas tanto a pequeña, como a gran escala, en función de las necesidades, y con mayor o menor detalle en función de la tecnología aplicada (Weiss et al., 2020; Lima-Cueto, 2022).

En el contexto español, se cuenta con información cartográfica del SIGPAC, informes anuales sobre superficies cubierta bajo plástico (invernaderos) y mapas de formaciones adhesadas las cuales interoperan y coordinan los registros administrativos y obligan a declarar los cultivos que hasta ahora no tenían ese requisito; de manera que, contribuyen significativamente a la mejora de la producción estadística (Ortega Márquez, 2020). La comunidad autónoma de Andalucía dispone del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA) que proporciona estadísticas en diferentes escalas espaciales: secciones censales, municipios, provincias, comunidades autónomas, regiones de la Unión Europea y países de la Unión Europea (IECA, s.f.).

Finalmente, en cuanto a la manipulación de grandes volúmenes de datos e información existen contrapartidas como es la falta de integridad y consistencia, la redundancia o duplicidad, la falta de estructuras rígidas e independencia entre la estructura y consulta de los datos (Lázaro-López, et al., 2018). Ante este panorama, es una alternativa la creación, gestión, mantenimiento y explotación de base de datos aportando ventajas en integridad, estabilidad y precisión de los datos; una gestión con una organización independiente del sistema de ficheros; y en el análisis, con búsquedas optimizadas y desligadas de la estructura (Matthew & Stones, 2005).

2 OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar el cambio de los cultivos en Andalucía entre 2005 al 2021 y, de esta manera, poder desarrollar una base de datos con su debida representación gráfica de los atributos (PAC, SIGPAC, Paisajes y Erosión hídrica del suelo). Ello empleando softwares libres (QGIS, OsGeo4W, PostreSQL) y lenguajes de programación (Python, R, SQL). Asimismo, parte de la investigación implica el análisis de la distribución geográfica de las parcelas, la cual requiere automatizar e innovar procesos para el registro de datos con el fin de lograr una supervisión ágil y evaluación espacio-temporal.

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar procesos de automatización para la homogenización y gestión de grandes volúmenes de datos vinculados a recintos agrícolas relacionadas con el tipo de cultivo, superficie de ocupación y otras variables incorporadas en los recintos ubicados en la comunidad autónoma de Andalucía. El cumplimiento de este objetivo está, a su vez, orientado a mejorar los diversos registros administrativos de control empleados por los organismos competentes, caso AGAPA, en el cumplimiento de la condicionalidad para lograr una representatividad de la distribución y evolución de los cultivos.

La hipótesis central aborda la integración en una base de datos geoespacial los recintos agrícolas entre los años 2005-2021 con objeto de poder analizar los cambios de cultivos y otros usos de suelos declarados según la PAC y el SIGPAC en la comunidad autónoma de Andalucía.

2.1 Objetivo general

Analizar las dinámicas de la superficie agraria andaluza mediante las parcelas declaradas por los agricultores en la PAC y el SIGPAC.

2.1.1 Objetivos específicos

- Determinar los principales cambios del cultivo olivar a nivel general en toda la comunidad autónoma española de Andalucía.
- Determinar los principales cambios del cultivo olivar por provincia en toda la comunidad autónoma española de Andalucía.
- Determinar los principales cambios del cultivo olivar por paisaje en toda la comunidad autónoma española de Andalucía.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Como se ha comentado anteriormente, el desarrollo de este TFM se ha realizado sobre los recintos agrícolas de la comunidad autónoma de Andalucía, siendo esta la más grande de España con una superficie de 87,268 km² (IECA, 2022). La comunidad andaluza tiene como principal característica el tipo de uso de suelo destinado al sector agrícola. Ello se debe a su diversa topografía la cual está constituida por costas, montañas y valles fértiles que permiten la producción de cultivos como el olivo, frutas, hortalizas y cereales (MAPA, 2021).

El marco temporal del trabajo abarca el rango 2005-2021, analizando la dinámica de los cultivos declarados. La Tabla 1 muestra la cantidad de recintos PAC y SIGPAC registrados anualmente y sus posteriores cambios para su análisis final con MODIS.

Tabla 1 Número de recintos PAC y SIGPAC durante el periodo 2005 al 2021

Anualidad	Nº Recintos PAC	Nº Recintos SIGPAC
2005	822400	5881461
2006	2799023	7306973
2007	2658220	7300025
2008	2591823	7324533
2009	2576777	7344917
2010	2230732	6660891
2011	1941562	6111752
2012	1914043	6125658
2013	1879774	6064911
2014	1842872	5978626
2015	1803644	6003922
2016	1807709	6063747
2017	1813763	5310928
2018	1829480	6309992
2019	1839757	6352512
2020	1848874	6404116
2021	1914969	6571596

3.1 Fases del trabajo

La Figura 1 muestra de forma general los grandes bloques de trabajo desarrollados para alcanzar los objetivos establecidos en este Trabajo Fin de Máster. Se ha seguido una secuencia lógica en tres etapas principales: **preprocesamiento de la información**, **creación de una base de datos**, y **análisis temporal de los cultivos**. Cada una de estas fases permiten entender la estructura, organización y estudio de los datos con el fin de obtener resultados coherentes y fiables que puedan ser interpretados en el marco de la investigación.

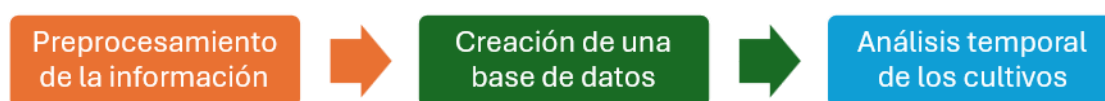


Figura 1 Esquema metodológico de la investigación

El **preprocesamiento de la información** es el primer paso crítico en el análisis de la información territorial. Este proceso incluye la recopilación de datos geospaciales procedentes de diversas fuentes, tales como imágenes satelitales, datos SIG (Sistema de Información Geográfica) y registros agrícolas. Se emplean técnicas de limpieza, normalización y transformación de los datos para garantizar su uniformidad, eliminando inconsistencias o errores que pudieran distorsionar los análisis posteriores.

La **creación de una base de datos**, a través de PostgreSQL, y usando la extensión espacial PostGIS, facilita la estructuración y el almacenamiento eficiente de los datos procesados. PostgreSQL es una base de datos relacional robusta, ampliamente utilizada para manejar grandes volúmenes de datos, especialmente cuando se requiere realizar consultas complejas sobre información espacial. La integración de PostGIS permite trabajar con datos georreferenciados y ejecutar análisis geospaciales avanzados. En ese contexto, se diseñó un esquema de base de datos que incluye las características espaciales y temporales necesarias para el análisis de los cultivos declarados.

Finalmente, el **análisis temporal de los cultivos** permite estudiar la evolución y tendencias de los diferentes cultivos agrícolas a lo largo de los años. Este análisis incluye la observación de patrones de cambio en las áreas cultivadas, la diversificación de cultivos y la identificación de dinámicas relacionadas con la producción agrícola. Por medio del uso de herramientas estadísticas y visualizaciones gráficas, se pueden detectar variaciones significativas y comprender cómo factores externos, como políticas agrícolas o cambios climáticos, influyen en la distribución de los cultivos en el tiempo.

3.2 Tecnologías de Información Geográficas empleadas

El uso de software de código abierto, que se describirá a continuación, no solo facilitó el acceso y personalización de las necesidades específicas del proyecto, sino que también garantizó la replicabilidad y la transparencia. Este enfoque permitió una integración efectiva y eficiente de múltiples fuentes de datos, lo que fue esencial para entender la complejidad y las interacciones en el paisaje agrario andaluz. De modo que, la capacidad de estas herramientas en manejar y analizar grandes volúmenes de datos geoespaciales ha sido crucial para identificar patrones y tendencias significativas en el uso del suelo, contribuyendo así a una mejor gestión agrícola y la formulación de políticas más informadas.

3.2.1 Hardware y softwares

La presente investigación se llevó a cabo utilizando una variedad de herramientas y aplicaciones de código abierto específicamente seleccionadas por su eficacia en el manejo de datos geoespaciales y análisis estadístico. Asimismo, se dispuso del soporte computacional por parte de la Universidad de Córdoba (UCO) para el almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de información. A continuación, se describe las principales características computacionales del ordenador:

- Sistema operativo: Windows 11
- Memoria RAM: 128
- Procesador: Intel Core i9 de 13^{va} gen.
- Almacenamiento: 16 TB

Entre las herramientas empleadas, QGIS se destacó como una aplicación de código abierto fundamental para la gestión y análisis de datos geoespaciales, permitiendo la visualización, edición y análisis de capas SIG. Sus requerimientos son modestos, aunque para el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos, se recomienda un sistema con al menos 8 GB de RAM y un procesador de múltiples núcleos.

PostgreSQL, junto con la extensión PostGIS, proporcionó una base sólida para el almacenamiento de datos espaciales y la ejecución de consultas avanzadas. PostgreSQL es conocido por su escalabilidad, mientras que PostGIS añade funcionalidades espaciales a la base de datos, lo que permite realizar análisis geoespaciales complejos dentro del entorno de la base de datos. Su instalación es sencilla, pero requiere espacio de almacenamiento y un servidor con buena capacidad de procesamiento para manejar grandes bases de datos geoespaciales.

Las líneas de comandos como ogr2ogr (parte del conjunto GDAL) y la línea de comandos de Windows (CMD) fueron utilizadas para la conversión y manipulación automática de formatos de datos geoespaciales y para la automatización de tareas recurrentes. Estas herramientas son ligeras en términos de recursos computacionales, pero requieren conocimiento técnico para maximizar su uso mediante scripting.

RStudio, una interfaz para el lenguaje de programación R, fue empleado para el análisis estadístico de los datos y la creación de gráficos. RStudio es altamente flexible y tiene un bajo requerimiento de hardware, aunque, para procesar grandes conjuntos de datos, se recomienda al menos 16 GB de RAM.

Finalmente, las extensiones como PyQGIS, permiten interactuar con QGIS desde scripts de Python, OsGeo4W, un entorno de instalación para software geoespacial, y PostGIS, la extensión espacial para PostgreSQL, expandieron considerablemente las capacidades de las herramientas principales, optimizando la automatización y facilitando análisis más detallados. Estas herramientas, al ser modulares, se pueden instalar y configurar de manera específica para las necesidades del proyecto.

Estas tecnologías permitieron promover y analizar los cultivos y sus usos de suelo declarados en la PAC y SIGPAC; asimismo, ayudaron a relacionarse con otras variables importantes como fueron las unidades de paisaje y la erosión hídrica del suelo.

3.2.2 Lenguajes de programación

Durante el desarrollo del proyecto, se utilizaron los lenguajes de programación tipo Python, R y SQL, trabajados en Entornos de Desarrollo Integrado (IDE) tales como Visual Studio Code, Spyder y pgAdmin 4. Cada uno de estos lenguajes y entornos fueron seleccionado por su eficacia en tareas específicas: Python y R fueron empleados principalmente para el análisis estadístico, representaciones de gráficas (e.g. diagrama de flujo Sankey) y manipulación de datos geoespaciales, mientras que SQL facilitó la gestión eficiente de las bases de datos espaciales.

Por otro lado, se aprovechó la capacidad de la nube computacional de Google Earth Engine¹ (GEE), utilizando el lenguaje JavaScript para la generación de cuadrículas basadas en el tamaño de los píxeles de imágenes satelitales MODIS, el cual sirvió en el análisis detallado de variabilidad espacial y temporal.

¹ <https://earthengine.google.com/>

3.3 Delimitación del área de estudio

El primer paso fue generar un mosaico con imágenes MODIS a nivel andaluz para obtener las celdas con tamaño de píxel de 250 metros. Posteriormente, se descargó la información pública del repositorio de base de datos cartográfica del Visor SIGPAC Andalucía, Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA) y el Centro Europeo de Datos del Suelo (ESDAC en inglés) para obtener los recintos agrarios, la descripción territorial (paisaje y límites administrativos) y erosión de suelo, respectivamente. De la misma manera, se solicitó información a la AGAPA para los datos relacionados al cambio de los cultivos según lo declarado en la PAC durante el periodo 2005 al 2021, los cuales fueron entregados en hojas de cálculo (Figura 2).

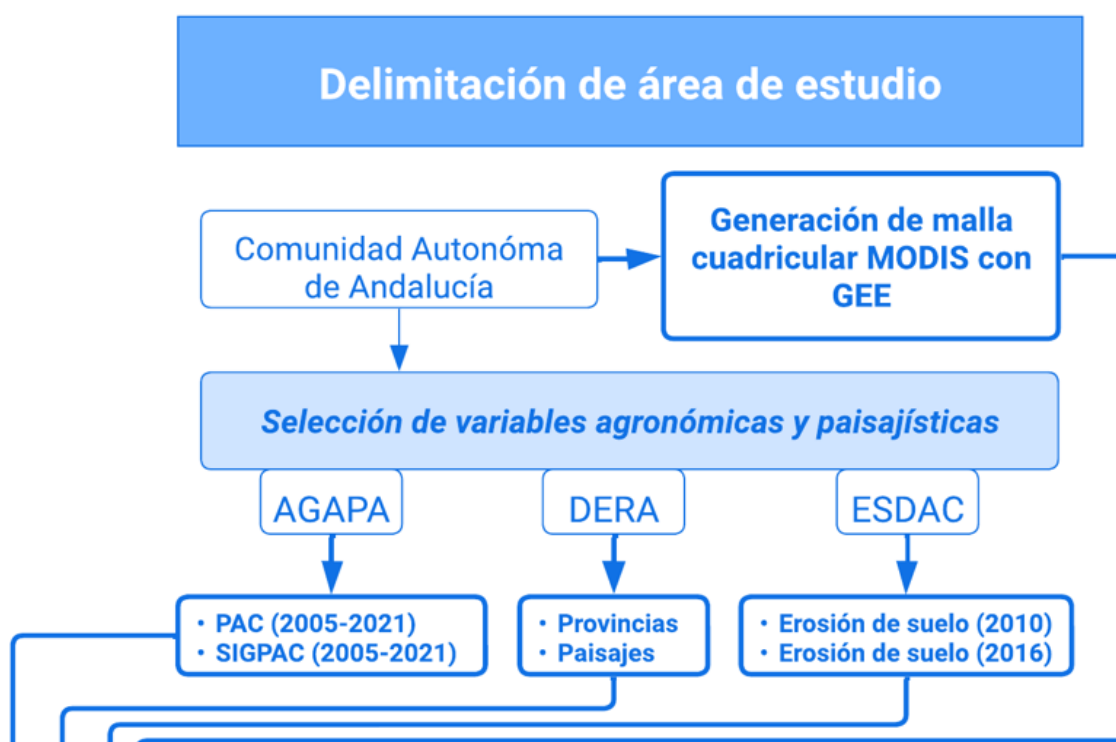


Figura 2 Módulo 1: Delimitación de área de estudio

3.4 Preprocesamiento de la información

En esta etapa se expone el tratamiento de la información descargada y obtenida a través de los geoportales y entidades públicas señaladas los cuales pertenecen al campo de la geoinformación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). A continuación, se procede a explicar la migración de la información a una base de datos espacial y seguir con el flujo metodológico establecido (Figura 3).

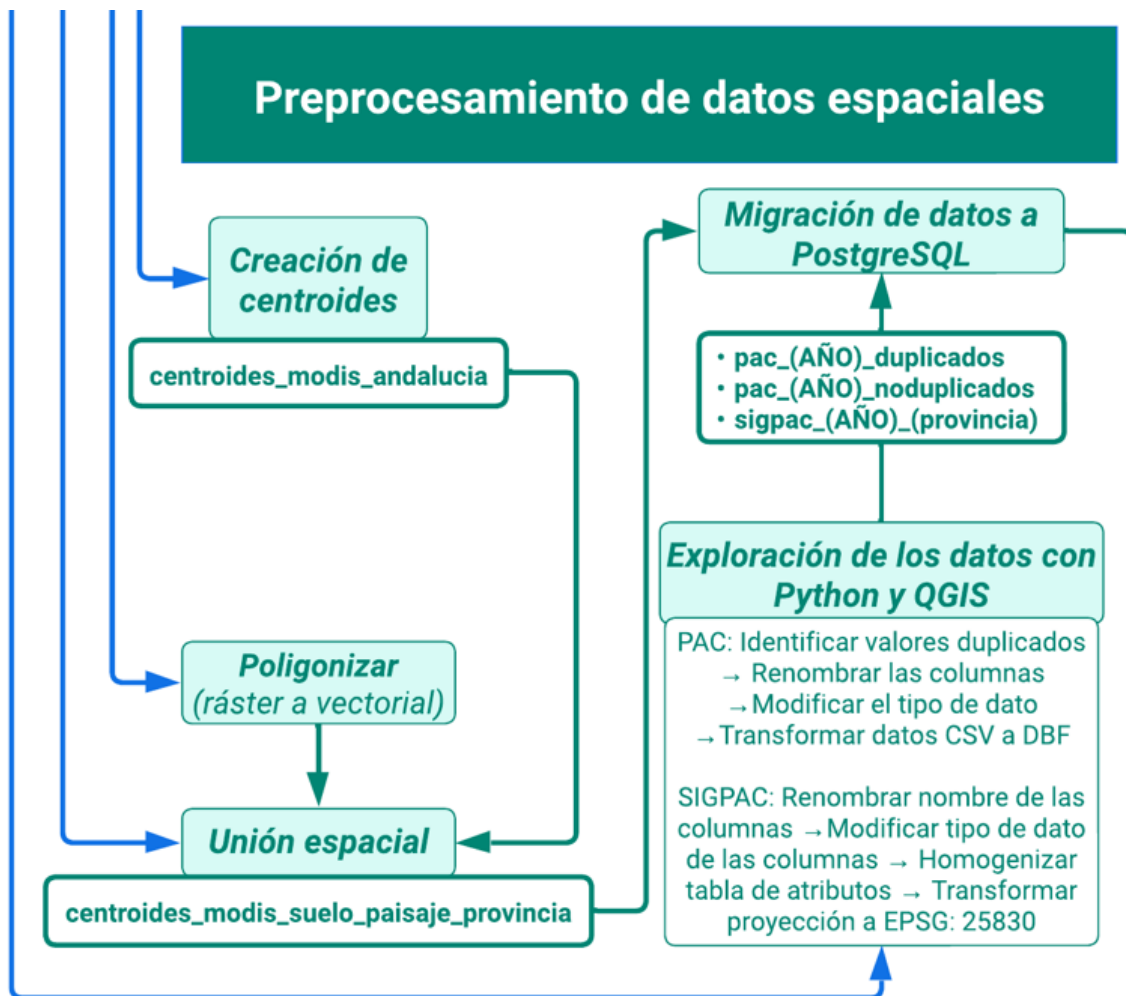


Figura 3 Módulo 2: Preprocesamiento de datos espaciales

3.4.1 Manipulación de datos PAC

Los datos originales previamente fueron tratados por investigadores de la UCO que consistió en identificar y separar aquellas filas duplicadas. Para ello, se utilizó lenguaje de programación en Python con el objetivo de automatizar la generación de archivos PAC clasificados en "Duplicados" y "No Duplicados" para todos los años.

Por otro lado, se tiene conocimiento por estudios previos relacionados al uso de la PAC de Andalucía, que el año 2005 presenta información incompleta e incoherente a diferencia del resto de años. Según Moyano Ruz (2017), menciona en su investigación que los datos PAC de Andalucía comenzó a funcionar a partir de 2006. De manera que, no se consideró para el presente trabajo de investigación y se pasó al siguiente año teniéndose como nuevo periodo de análisis 2006 al 2021.

3.4.1.1 Generación y división de datos duplicados y no duplicados

Durante la revisión de los datos, estos se encontraron en formato CSV o valores separados por comas; asimismo, se observó que los archivos "No Duplicados" de la PAC superaban el millón y medio de filas y, por tanto, se tuvo que emplear librerías como "os" y "pandas" para separarlos en cuatro partes iguales con el objetivo de evitar la pérdida de información cuando se importe a la base de datos PostgreSQL.

3.4.1.2 Renombramiento de las columnas y conversión de hoja de cálculo a archivo base de datos

En este proceso se buscó homogeneizar las columnas para facilitar el análisis de todos los años implicados. En ese sentido, se utilizó Python a través Microsoft VS Code para automatizar el renombramiento de todos los archivos CSV de la PAC utilizando librerías como "os" y "csv".

Posteriormente, la carga de información editada fue necesario que las tablas pasen a ser formato DBF, ya que el programa pg Admin 4 sólo permite subir en ese tipo de dato. De manera que, la transformación fue desarrollada en comando CMD y guardado en formato ".bat" para luego ser ejecutado desde OsGeo4W Shell.

3.4.2 Manipulación de datos SIGPAC

La información alcanzada por las autoridades de la Junta de Andalucía respecto a los archivos vectoriales entre el 2006 al 2021 han sido revisados de forma exhaustiva. En ese sentido, se evidenció que las fuentes provinciales de Andalucía no coinciden en los distintos años o dentro de un mismo periodo; de manera que, se hizo cambios en la tabla de atributos por razones de toponimia, naturaleza de los datos y número de campos incompletos. Cabe resaltar, que no siempre los valores de superficie de los recintos SIGPAC coinciden con los que los agricultores declaran a la PAC y que puede haber varios cultivos en un mismo recinto (Moyano Ruz, 2017).

Resultado de ello, se logró uniformizar las tablas anuales para su posterior importación y unión de las ocho provincias de la comunidad autónoma de Andalucía a la base de datos por medio de comandos de Python, CMD y SQL.

3.4.2.1 Homogenización de tipo de datos, número de columnas y renombramiento de las columnas

En esta fase, se utilizó el entorno Python de QGIS con el objetivo de automatizar los geoprocесamientos empleando módulos como "ogr", "os", "re" y "QFileInfo".

El editado del ancho del campo y número de decimales consiste en copiar información de los campos antiguos a las nuevas columnas para las provincias de los diferentes años. Este proceso permite que sean un mismo formato con el fin de evitar errores en la carga de la base de datos manteniéndose el número de caracteres, cantidad de decimales y tipo de datos.

En cuanto al número de columnas en cada año, se crearon para aquellas provincias que tenían un número de campos menores al resto de un mismo periodo. Asimismo, se rellenaron y reemplazaron antiguas columnas considerándose aspectos como la cantidad de dígitos y decimales hacia algunos campos numéricos.

Finalmente, se automatizó el cambio de nombres de las columnas para todas las provincias en los diferentes años y con ello se pasó a la siguiente etapa.

3.4.2.2 Reproyección de sistema de referencia de coordenadas

El cambio de proyección de los datos SIGPAC está orientado a los años 2006 al 2009 pues durante ese periodo se empleó como Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC) el código 23030 (ED50 / UTM zona 30N), el cual luego se cambió de proyección a 25830 (ETRS89 / UTM zona 30N). La transformación implicó la descarga del archivo binario de extensión ".gsb". El código se desarrolló en CMD con formato ".bat" para luego ser ejecutado desde OsGeo4W Shell.

3.4.3 Geoprocесamiento de datos complementarios: MODIS, Unidad de Paisaje y Límites administrativos

Los otros datos espaciales fueron tratados con herramientas de geoprocесamiento disponibles de QGIS el cual permite a los usuarios crear, analizar, editar y visualizar información vectorial y ráster. La primera herramienta usada fue "Poligonizar", que sirve para transformar un archivo ráster a formato vectorial; de esta manera, se obtuvieron la geometría de las grillas MODIS a nivel de toda la comunidad autónoma de Andalucía. Posteriormente, se buscó en la caja de herramientas el geoprocесamiento llamado "Centroide" que permite obtener el centroide de cada cuadrícula de los píxeles MODIS a

modo de punto. Por último, se aplicó otra herramienta llamada "Unión Espacial" el cual por medio del uso de criterio por "intersección" se agregaron las columnas de las capas suelo, paisaje y provincia a la malla de puntos centroides de MODIS.

3.5 Creación de una base de datos en PostgreSQL

La presente etapa implica el análisis, limpieza y homogenización de los datos en bruto proporcionados, la cual se procedió a realizar una base de datos en donde el producto final será la unión de los puntos centroides de la malla MODIS con la información de la PAC-SIGPAC, así como otros atributos que se encuentran ya anexados caso unidades de paisajes, erosión de suelo y límites políticos (Figura 4).

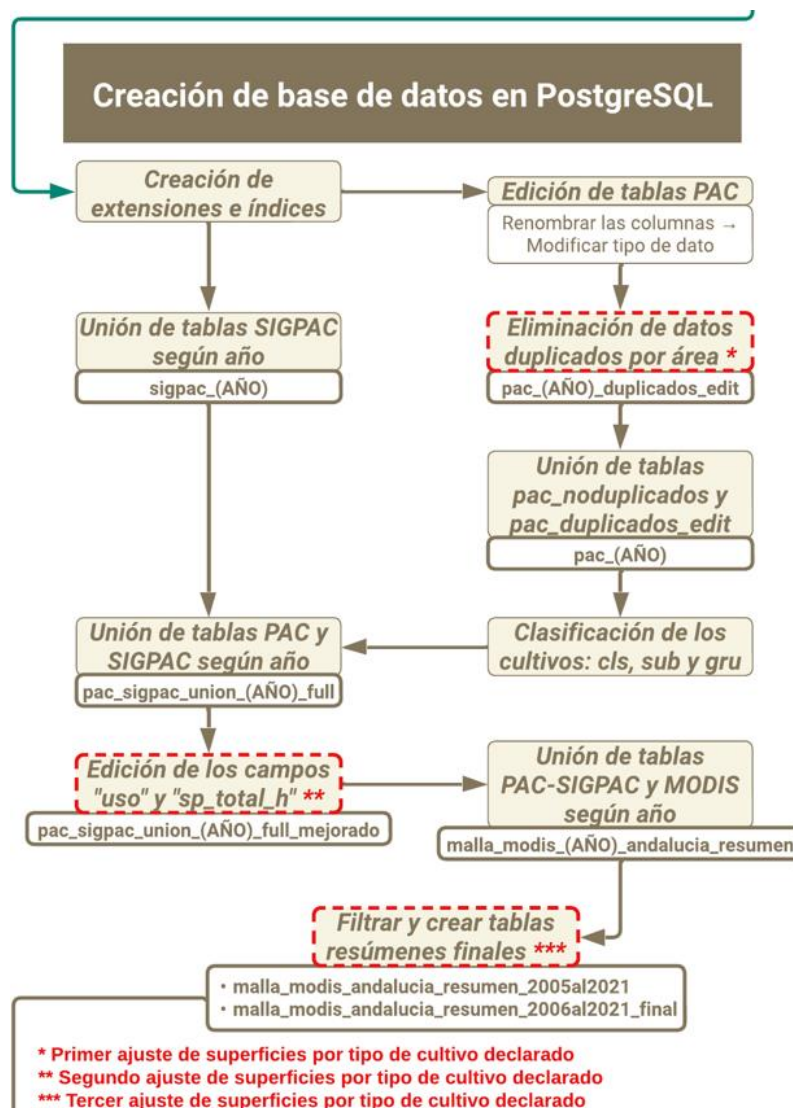


Figura 4 Módulo 3: Creación de una base de datos

3.5.1 Importación de datos preprocesados

Los datos de la PAC y SIGPAC fueron transferidos a la base de datos espacial por medio de la herramienta “PostGIS Shapefile Import/Export Manager” que ofrece el programa PostgreSQL (Figura 5). Esta extensión facilita la importación y exportación no solo de archivos vectoriales (.shp), sino que también con archivos de base de datos (.dbf) asociados. Cabe señalar, que previamente debe conectarse a la base ingresando servidor, portal, nombre de la base de datos, usuario y contraseña.

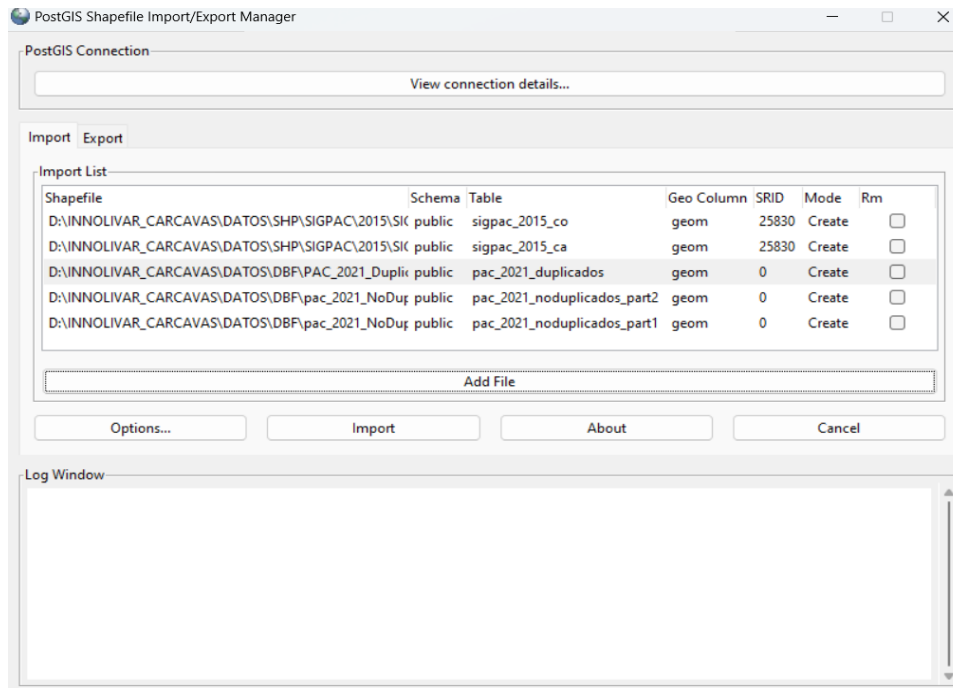


Figura 5 Ejemplo de cómo importar datos en la base de datos PostgreSQL

3.5.2 Creación de índices, extensiones y edición de tablas PAC y SIGPAC

La automatización de la gestión de índices y tablas en la base de datos generada, se empleó PL/SQL a través de la herramienta pgAdmin. El proceso se organizó en varias secciones, que incluyeron la configuración del esquema de búsqueda, la creación de índices y la instalación de extensiones básicas para el manejo eficiente de las tablas. Cabe destacar, el código incluye consultas mecanizadas para eliminar tablas vinculadas a procesos intermedios, lo cual ayudó a liberar espacio en el disco duro.

Finalmente, se procedió a automatizar la unión de tablas PAC y SIGPAC que se encontraban divididas por año, desde 2006 al 2021. Asimismo, se realizaron diversas operaciones, tales como la adición de nuevas columnas, el cambio de tipos de datos y el renombramiento de columnas de las tablas.

3.5.3 Eliminación de filas duplicadas de la PAC por área mayor

Se utilizó PL/SQL para automatizar las nuevas tablas e índices, editar de columnas, cambiar el tipo de datos y renombrar las columnas. La parte principal del código se enfoca en la manipulación de la PAC. Para ello, se crearon tablas llamadas "pac_(AÑO)" provenientes de la unión de tablas "pac_(AÑO)_noduplicados" y "pac_(AÑO)_duplicados_edit". Asimismo, se aprovechó en generar índices e incluir secciones comentadas para la eliminación automatizada. Finalmente, por medio de vistas se pudo obtener la lista de nombres originales de los cultivos registrados.

3.5.4 Clasificación de los cultivos declarados de la PAC

En cada año hay un grupo determinado de cultivos declarados en la PAC y otros usos del suelo que pueden superar los 400 tipos según la exploración de los datos. Esta cantidad se debe ante la existencia de errores de redacción y registro de especies muy detalladas, por lo que se decidió crear grupos más generales para analizarlos en función de estos y no de cada uno de los cultivos individuales. Resultado de ello, se logró catalogar en las siguientes tres clases: Clasificado, Subgrupo y Grupo.

Durante esta etapa, se utilizó PL/SQL para procesar los datos de las PAC. Inicialmente, se creó una nueva columna llamada "nom_cul_ed" para estandarizar los nombres de los cultivos (eliminar tildes, reemplazar caracteres especiales y palabras en mayúsculas). Posteriormente, se generó otra columna con el nombre de "cls_nomcul" (clasificado), que replicó y agrupó las variedades afines en base al propio conocimiento agronómico dando un total de 303 clases. Sin embargo, la siguiente clasificación fue más específica pues tuvo en consideración la tipología basada del ESYRCE y, por tanto, se creó la columna "sub_nomcul" (subgrupo) reduciéndose a 155 clases. Por último, para el caso "gru_nomcul" (grupo) se adaptaron algunas variedades que no figuraban en la encuesta y se simplificó la clasificación más general basándose en el MAPA, obteniéndose así una tabla conformada por 18 clases. Cabe señalar que, se encontró campos vacíos en la declaración de cultivos de la PAC los cuales fueron denominados como "NO DECLARADO" para las tres clases. A continuación, se muestra la tabla resumen de los cultivos categorizados en la sección de anexos (Tabla 2).

3.5.4.1 Primer ajuste de superficie de los cultivos

Durante el proceso de integración de los datos, se observaron recintos de la PAC que contenían múltiples cultivos en una misma parcela provocando problemas en la unión espacial con los recintos registrados del SIGPAC para cada año. Este hecho genera sobredimensionamiento de las superficies en hectáreas pues algunos cultivos pueden presentar alteraciones según las fuentes proporcionadas por parte del AGAPA quien además reconoce la existencia de datos anómalos en cultivos como prados, pastizales y forrajeras. Por esta razón, se tomó la decisión eliminar las filas duplicadas por criterio de área mayor estableciendo este proceso con el término de "PAC modificada".

3.5.5 Operadores de conjunto y edición de campos

Fusionar las columnas de las tablas "pac_(AÑO)" y "sigpac_(AÑO)" correspondientes al período 2006-2021, requirió el uso de lenguaje PL/SQL para obtener las nuevas tablas "pac_sigpac_union_(AÑO)_full". Durante este proceso, se establecieron índices espaciales GIST y se calculó la superficie de cada parcela en hectáreas. Posteriormente, se optimizaron estas tablas mediante la copia de datos y se ajustaron las columnas "cls_nomcul", "sub_nomcul", "gru_nomcul", "cod_ncsub", "cod_ncgru" y "sp_total_h" para reflejar áreas asignadas al valor de cero (0), basándose en criterios específicos de tipo de uso SIGPAC: "Corrientes y superficies de agua" (AG), "Viales"(CA) y "Zonas urbanas" (ZU). Cabe agregar que, durante este proceso, también se aprovechó en renombrar el cultivo por "NO DECLARADO".

3.5.5.1 Segundo ajuste de superficie de los cultivos

El siguiente ajuste consistió en editar la superficie de las parcelas que pertenezcan a las clases AG, CA y ZU a consecuencia del análisis previo de los datos y fotointerpretación de imágenes aéreas y satelitales de Google Maps. Este análisis se realizó mediante el uso del complemento *Quick Map Services* de QGIS, el cual evidenció discrepancias entre el uso del suelo registrado y la realidad observada, generando errores en el cálculo de las hectáreas por cultivo. Como resultado de estos ajustes, se implementó la acción denominada "Unión PAC-SIGPAC modificada", que se reflejó en las tablas "pac_sigpac_union_(AÑO)_full_mejorado", ajustando la superficie agrícola registrada para una mayor precisión.

3.5.6 Unión de tablas PAC-SIGPAC editados con puntos centroides MODIS

Nuevamente se utilizó consultas en SQL con el objetivo facilitar el análisis de datos geoespaciales y estadísticas. La parte central del código se enfoca en la creación de nuevas tablas a partir de la unión de columnas específicas de las tablas PAC-SIGPAC para los años 2006 al 2021. Se utiliza un bucle dinámico para generar tablas individualizadas por año, consolidando datos geoespaciales y relacionando información de diferentes fuentes. Posteriormente, se implementan índices espaciales para mejorar el rendimiento de las consultas geoespaciales. Como resultado, se obtiene la evolución de los cultivos declarados en Andalucía representado en 1.300.000 puntos que incluyen variables paisajísticas, edáficas y límites administrativos para un análisis más detallado.

3.5.7 Filtros y tablas resúmenes

Se obtuvo la tabla final llamada "malla_modis_andalucia_resumen_2006al2021", la cual contiene todos los atributos PAC-SIGPAC unidos con los puntos centroides MODIS. Esta tabla contiene datos consolidados de los años mencionados y permite el análisis del tercer ajuste de los datos originales de la PAC. Por último, la generación de vistas que consolidan datos de los años 2006 al 2021, abordando aspectos como la provincia, el nombre del cultivo grupal y de clase, la suma de áreas representativas según los registros de la PAC y SIGPAC; de manera que, se proporciona diferentes perspectivas de los datos.

3.5.7.1 Tercer ajuste de superficie de los cultivos

En este último ajuste, se intersecaron las parcelas con los puntos centroides del MODIS, que luego fueron multiplicados según el tamaño del píxel, establecido en 6,25 ha. Este proceso ha permitido una mejora en la representación de la evolución de los cultivos a lo largo del tiempo y en la precisión de las hectáreas correspondientes a estos cambios y la anonimización de la información original por parcela catastral. La Figura 6 presenta un resumen de los resultados favorables respecto a la cantidad de superficie declarada por la PAC original en comparación a los tres ajustes realizados. En ella se evidencia que los recintos del SIGPAC se ajustan píxel por píxel a la información proporcionada. En resumen, a lo largo de los años, las variaciones han sido mínimas como se observa por ejemplo en el año 2006 donde la precisión mejoró de -8.26% a 2%.

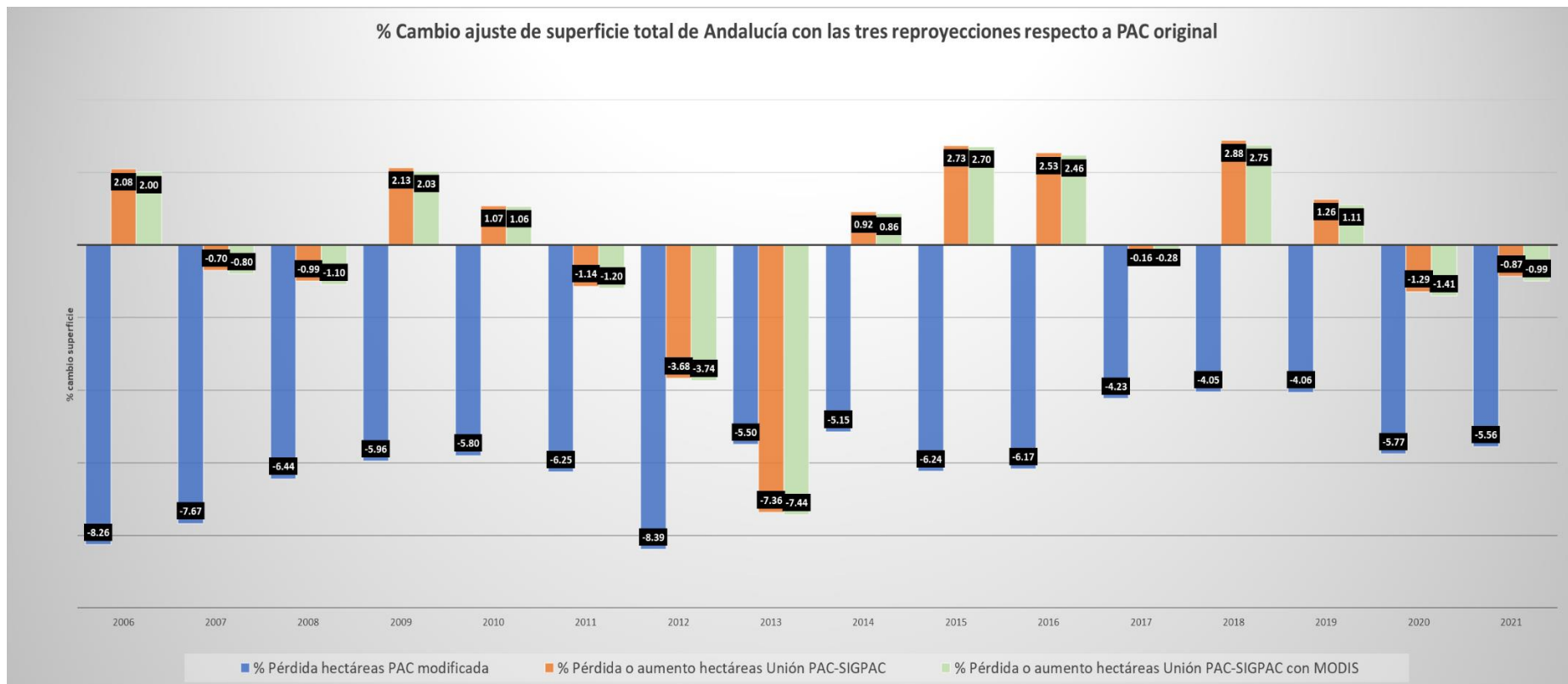


Figura 6 Gráfico de barras de cultivos de la PAC-MODIS, tipo "clasificado"

3.6 Gráficos de cultivos declarados PAC-SIGPAC-MODIS

Se generó una nueva tabla resumida que incluye las columnas más importantes para todos los años, denominada "estadística_malla_modis_2006al2021.csv". Esta tabla sirvió para elaborar estadísticas y gráficos de los resultados descritos más adelante. Entre los gráficos destaca el diagrama de Sankey, un tipo de visualización de flujo que muestra el movimiento o transferencia de cantidades entre diferentes nodos o categorías. Esta transferencia relaciona la anchura de las líneas es proporcional a la cantidad de recursos o datos desplazados, tal como son los cultivos declarados (Schmidt & Weyland, 2006) (Figura 7).



Figura 7 Módulo 4: Análisis temporal de cultivos declarados

3.6.1 Gráficos de cultivos clasificados por grupos

3.6.2 Flujo histórico para tipo de cultivo "NO DECLARADO"

El primer diagrama de dispersión ilustra las transiciones del cultivo "no declarado" a los cultivos principales del Grupo G1 (Figura 8). Descartando el año 2005 debido a la inconsistencia y observación según los reportes del SIGPAC, se evidencia que existe una cantidad representativa para todos los cultivos en los años 2009 y 2010, lo que podría suponer la implementación de políticas de desacoplamiento, que permitieron a los agricultores cambiar sus decisiones sin la presión de los subsidios vinculados a la producción. El cultivo "Olivar" muestra la mayor cantidad de cambios significativos durante el periodo 2006 hasta el 2014. Posteriormente, continúa los "Cereales Grano", "Industriales" y "Frutales No Cítricos" presentando patrones de dispersión más marcados en los años 2009 y 2010, lo que conllevaría a una menor transición provenientes de las áreas "No Declaradas". Finalmente, los "Frutales Cítricos" es el que menos aporte tiene a excepción del año 2007.

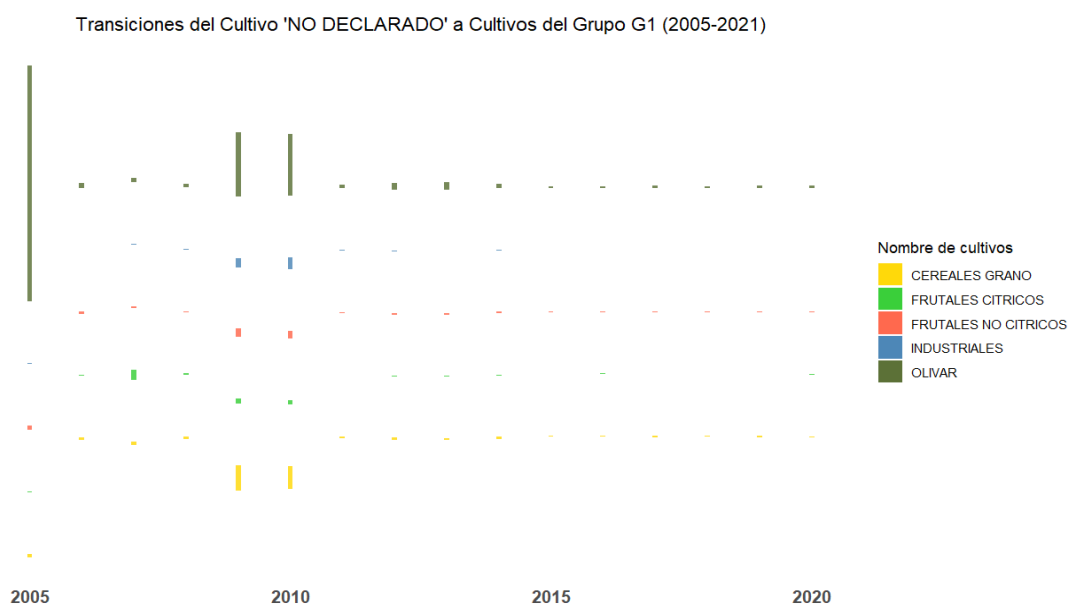


Figura 8 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1

En el siguiente diagrama de dispersión (Figura 9), las transiciones de cultivos de "No Declarado" a cultivos del Grupo G2 se observa una distribución más uniforme en el tiempo, siendo más pronunciado alrededor de los años 2009 y 2010. En el caso de las "Leguminosas", "Hortalizas y Flores" y "Viñedo" se ve una contribución continua en todos los años, beneficiándose así de modificaciones en las leyes agrícolas o incentivos para regularizar la producción en estas áreas.

Transiciones del Cultivo 'NO DECLARADO' a Cultivos del Grupo G2 (2005-2021)

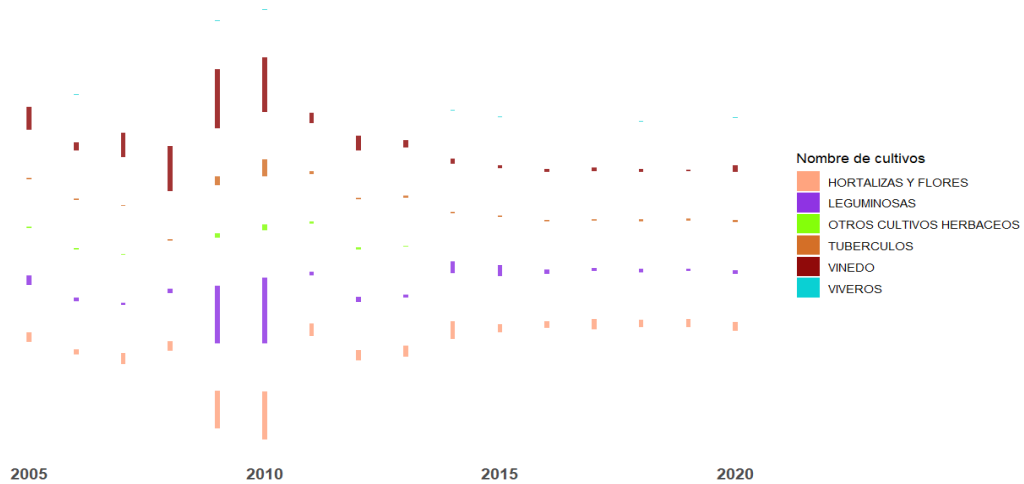


Figura 9 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2

Finalmente, el diagrama ilustra los cambios de áreas sin declarar hacia los cultivos del Grupo G3 (Figura 10). "Prados y Pastizales" y "Superficie Forestal" experimentaron la mayor cantidad de cambios en su uso del suelo, mientras que "Otras Superficies" registra los primeros siete años. Ello concuerda con lo observado en los demás gráficos de este conjunto, indicándose una continuidad en la formalización y documentación de áreas previamente desconocidas para la gestión de recursos agrícolas y forestales.

Transiciones del Cultivo 'NO DECLARADO' a Cultivos del Grupo G3 (2005-2021)

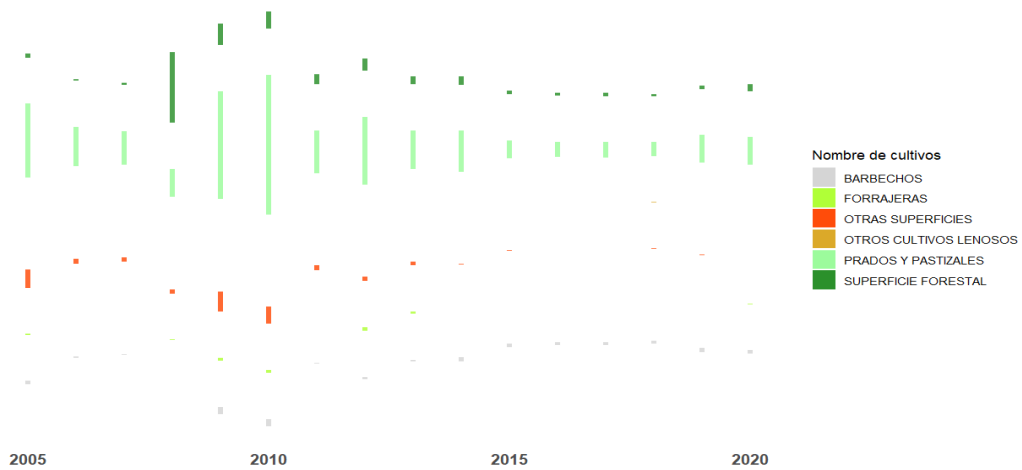


Figura 10 Dispersión temporal Sankey cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3

4 RESULTADOS

El mapa de calor de la Figura 11 refleja los cambios de los cultivos dominantes de Andalucía entre los años 2006 y 2021 del Grupo 1, observando como los cultivos olivar, cereales de grano e Industriales son aquellos que han presentado mayores cambios, siendo el cultivo de olivar el que ha acumulado los mayores cambios. Este rasgo se evidencia más en los olivares los cuales registran un valor superior a un millón de hectáreas, principalmente por el aporte de los recintos no declarados en 2006 así como aquellos declarados cereales grano e industriales, teniendo además una alta influencia en el resto de los cultivos. Finalmente, los grupos frutales cítricos y frutales no cítricos han presentado los menores cambios, probablemente debido a cambios en las técnicas agrícolas o a las demandas de los mercados.

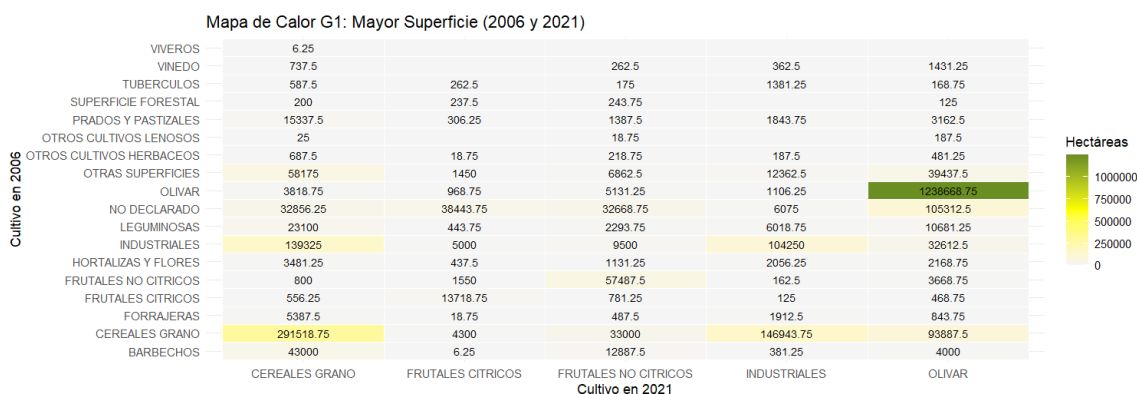


Figura 11 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1

La Figura 12 muestra la evolución en el tiempo de las superficies declaradas por grupo de cultivos, siendo el olivar el que mayor superficie declarada presenta en todo el período de estudio con una estabilidad desde el año 2013 donde la PAC ha favorecido al olivar andaluz al destinar una proporción importante de sus ayudas a este sector. Por otro lado, los grupos cereales grano e industriales, pese a ser también predominantes, presentan una leve tendencia a decrecer. Finalmente, el grupo frutales no cítricos y, en menor medida los cítricos, presentan una tendencia positiva a lo largo del tiempo en cuando a superficie declarada.

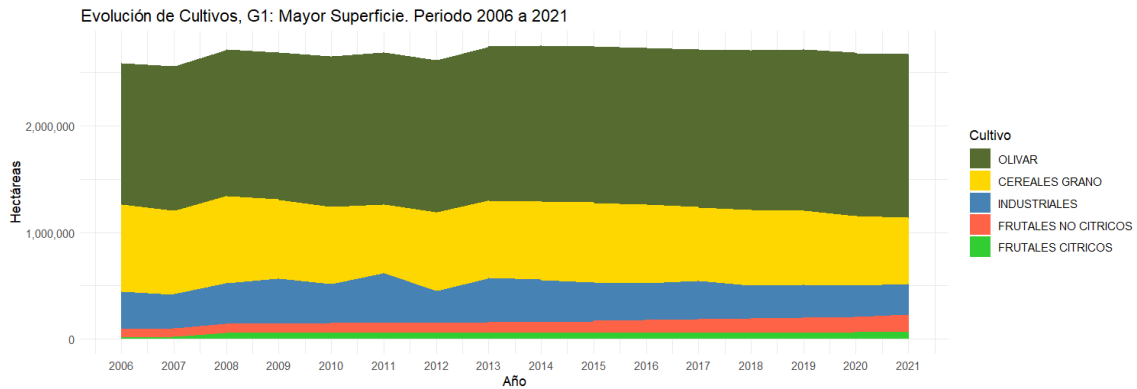


Figura 12 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 1

En el caso de los grupos de cultivo con menor superficie declarada (Figura 13) los grupos de cultivo hortalizas y flores, leguminosas y tubérculos son los que mayores cambios presentan, principalmente por parte de los grupos cereales grano e industriales. Por otro lado, el grupo viñedo es el que presenta menos cambios, siendo estos debido al aumento de la superficie declarada. Finalmente, el grupo viveros es el que menos cambios a recogido por parte del resto de grupos de cultivos, siendo el más estable.

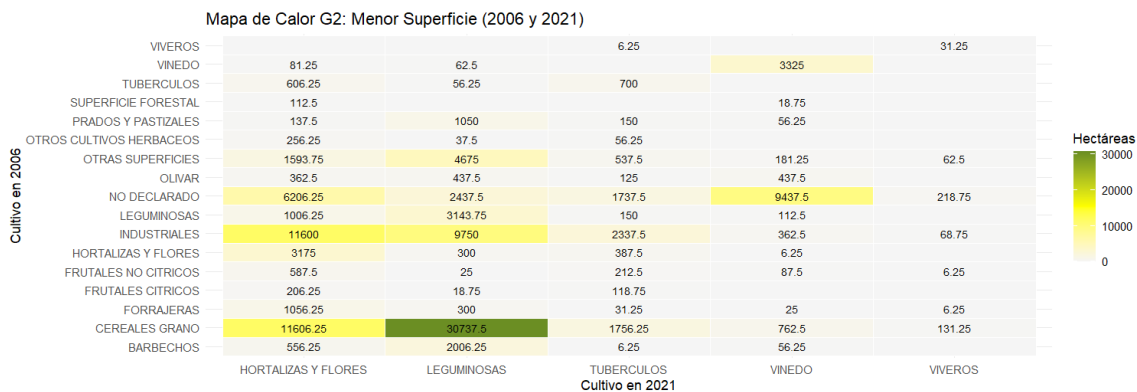


Figura 13 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2

El gráfico de área acumulada (Figura 14) destaca una variabilidad más pronunciada en los cultivos de menor extensión a diferencia del primer grupo clasificado. Se observa "Leguminosas" y "Hortalizas y Flores" experimentan un crecimiento significativo con tendencia ascendente durante el periodo 2015 y 2020. Por otro lado, los cambios en la producción de "Viñedo" y "Tubérculos" se han mantenido constantes en el lapso analizado. Finalmente, se observa como el tipo de "Otros Cultivos Herbáceos" ya no presenta más registros en el año 2014 el cual es debido al cambio de nomenclatura de clasificación de los cultivos de la PAC.

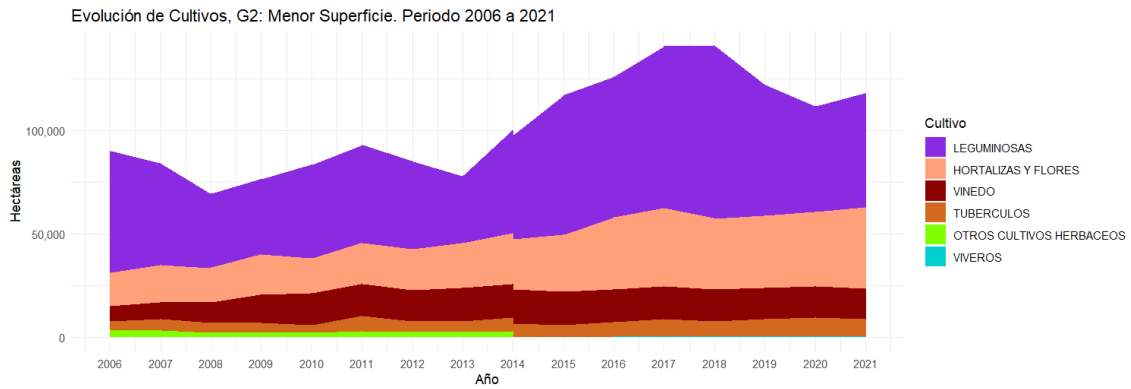


Figura 14 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 2

El tercer gráfico de mapas de calor entre los años 2006 y 2021 (Figura 15), analiza los cambios en el uso de la tierra para cultivos poco habituales. En el caso de los "Prados y Pastizales" y "Superficie Forestal" presentan las mayores cantidades que se han mantenido con un aporte sustancial por parte del cultivo "No Declarado". Por otro lado, los cultivos con menos transiciones son los "Barbechos", "Forrajeras" y "Otras Superficies" siendo un uso del suelo más constante con pocos cambios a través del tiempo. Cabe señalar, la principal fuente de cambios fueron los "Cereales Grano".

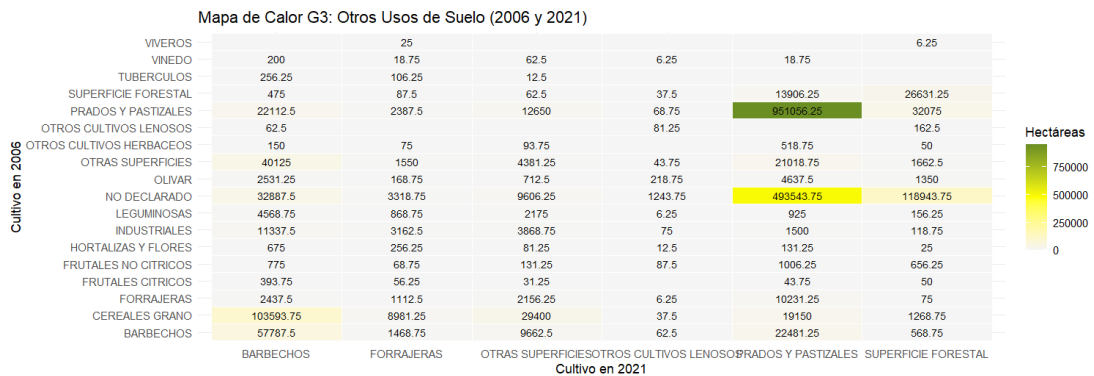


Figura 15 Gráfico heatmap cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3

La representación gráfica de la cantidad total de cultivos en la clase G3 (Figura 16) muestra que los "Prados y Pastizales" fueron la superficie principal a lo largo de todo el período, con una ligera baja al final. Posiblemente, este fenómeno está vinculado a cambios en las políticas de uso de la tierra o la conversión de terrenos para otros usos agrícolas o forestales. La estabilidad en las zonas identificadas como "Superficie Forestal" refleja un manejo del suelo sostenible, en contraste con los cultivos más pequeños como "Forrajeras" y "Otros Cultivos Leñosos", los cuales muestran variaciones más frecuentes.

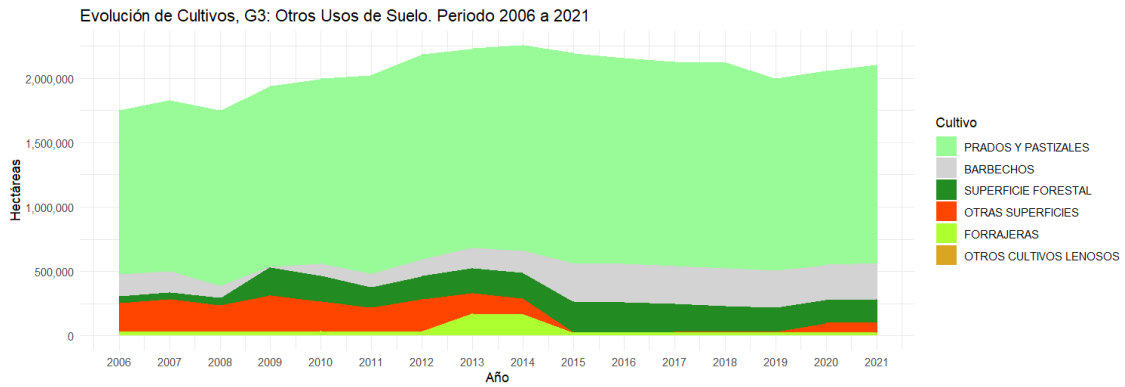


Figura 16 Gráfico área acumulada cultivos de la PAC-MODIS, Grupo 3

4.1 Evolución general de los principales cultivos en Andalucía

El análisis de proporción de superficie muestra como principales cultivos predominantes los "Cereales Grano", "Prados y Pastizales" y "Olivar" en la región andaluz (Figura 17). Durante los primeros años del periodo, los cereales grano ocupaban una proporción significativa del área cultivada. No obstante, dicha superficie fue disminuyéndose paulatinamente hacia otros cultivos como es el olivar cuya presencia refleja una importancia económica agrícola en la mayoría de las provincias como se irán detallando en el próximo capítulo. Por último, he de destacar los cultivos "Leguminosas" y "Hortalizas y Flores" que mantienen una presencia secundaria.

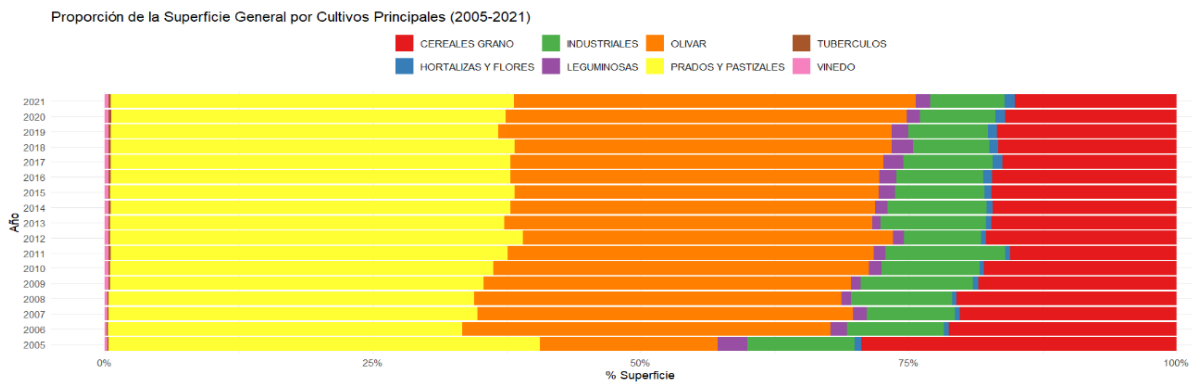


Figura 17 Evolución de los cultivos principales en Andalucía

4.2 Evolución provincial de los principales cultivos en Andalucía

La provincia de Almería tiene como principales cultivos los "Cereales Grano", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 18). A diferencia de las otras provincias que tienen con mayor peso los cereales y olivar, se observa una proporción gradual y especialización creciente en "Hortalizas y Flores" a partir del 2015, mientras que para el caso del "Viñedo" este ha ido decreciendo en su registro con el paso de los años.

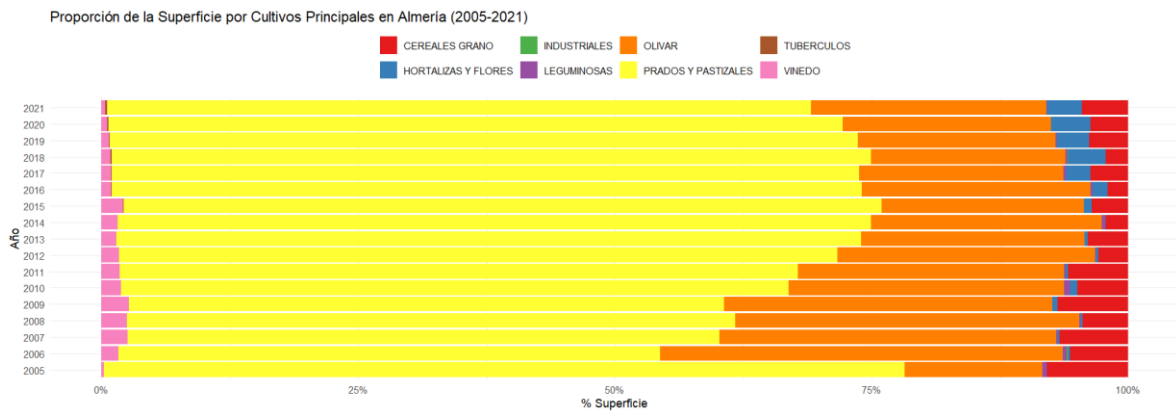


Figura 18 Evolución de los cultivos principales en Almería

La provincia de Cádiz tiene como principales cultivos los "Cereales Grano", "Industriales" y "Prados y Pastizales" (Figura 19). Pese que los cereales grano tiene una mayor representatividad en la provincia, este ha ido disminuyéndose ligeramente con el paso de los años. Por otro lado, la presencia de "Olivar", "Hortalizas y Flores" y "Viñedo" no presenta alteraciones, pero destaca el leve crecimiento. Por último, el dominio del tipo de cultivo "Prados y Pastizales" puede deberse a prácticas mixtas entre la agricultura y ganadería.

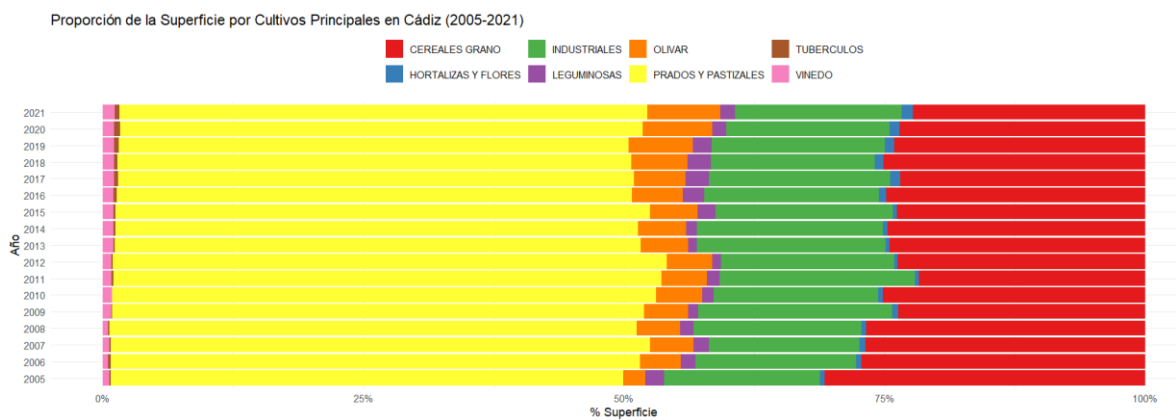


Figura 19 Evolución de los cultivos principales en Cádiz

La provincia de Córdoba tiene como principales cultivos los "Cereales Grano", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 20). La región muestra una alta proporción de superficie dedicada al olivar, especialmente a partir del 2010. Por otro lado, la presencia de "Leguminosas", "Hortalizas y Flores" y "Viñedo" son proporcionales en su crecimiento en todos los años. Finalmente, el caso de cultivos " Industriales" empieza a reducir su porcentaje a partir del 2016.

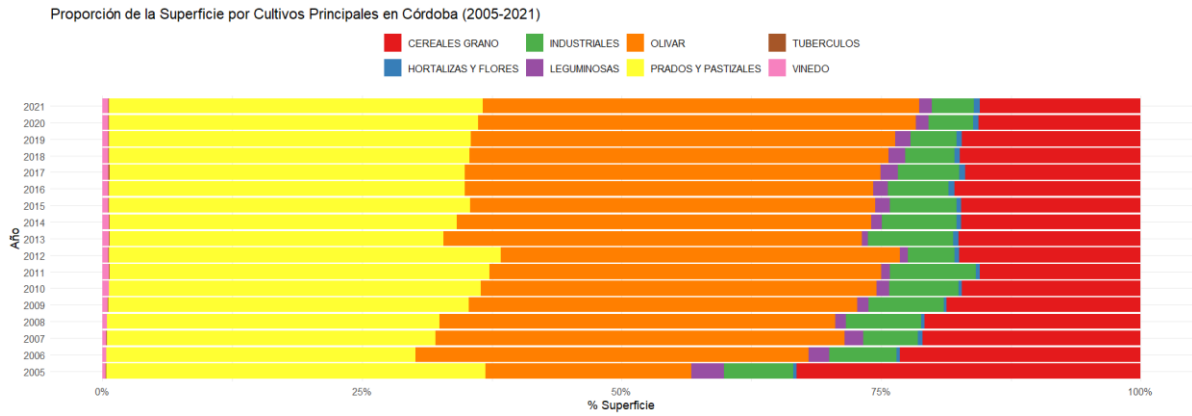


Figura 20 Evolución de los cultivos principales en Córdoba

La provincia de Granada comparte al igual que Córdoba cultivos principales como "Cereales Grano", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 21). La región muestra una alta proporción de superficie dedicada al olivar, pero con la diferencia marcada en los últimos tres años afectándose considerablemente la dominancia de los cereales granos. Por otro lado, la presencia de diversificación en las "Leguminosas", "Hortalizas y Flores" e "Industriales" los cuales varían cada año en su registro.

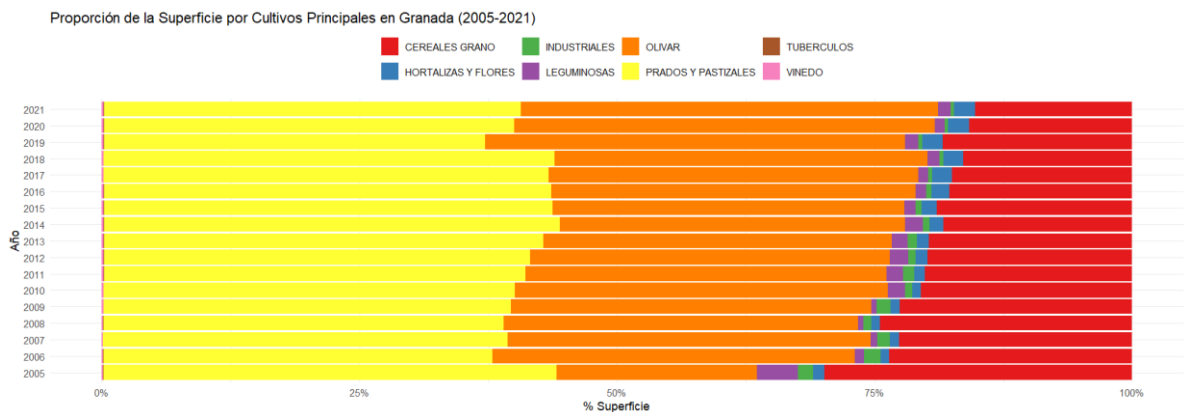


Figura 21 Evolución de los cultivos principales en Granada

La provincia de Huelva tiene como principales cultivos los "Cereales Grano", "Industriales", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 22). Existe un dominio evidente por parte de los prados y pastizales, mientras que en menor proporción se tiene para los cereales grano, olivos e industriales con registro de cantidades muy similares a lo largo del tiempo. Por otro lado, se destaca el "Viñedo" por su ascenso considerable a partir del 2009.

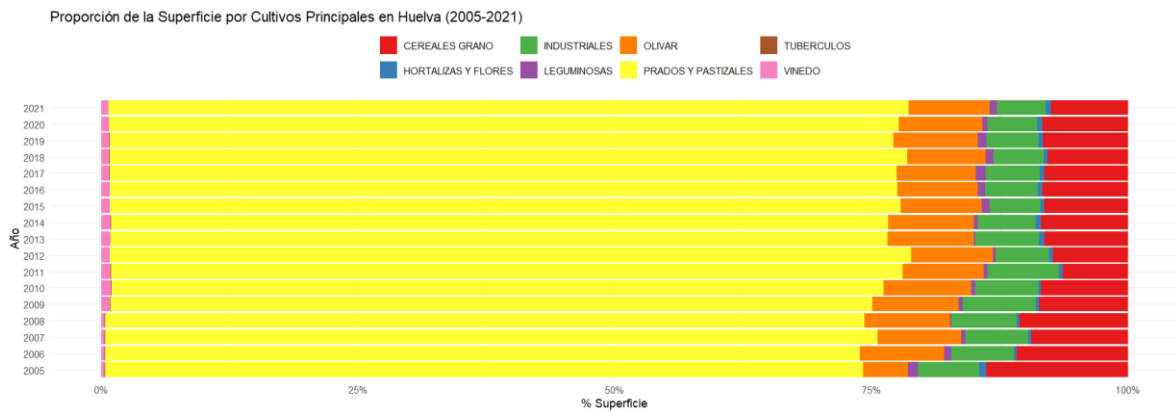


Figura 22 Evolución de los cultivos principales en Huelva

La provincia de Jaén tiene como principales cultivos el "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 23). A diferencia del caso anterior, el dominio reside por parte de los olivos lo cual era de suponer debido al contexto histórico de la región. Paralelamente, se identifica como los "Cereales Grano" van a medida disminuyéndose, especialmente después del 2013. De igual manera, el caso de "Industriales" presenta una tendencia de descenso a partir del 2006.

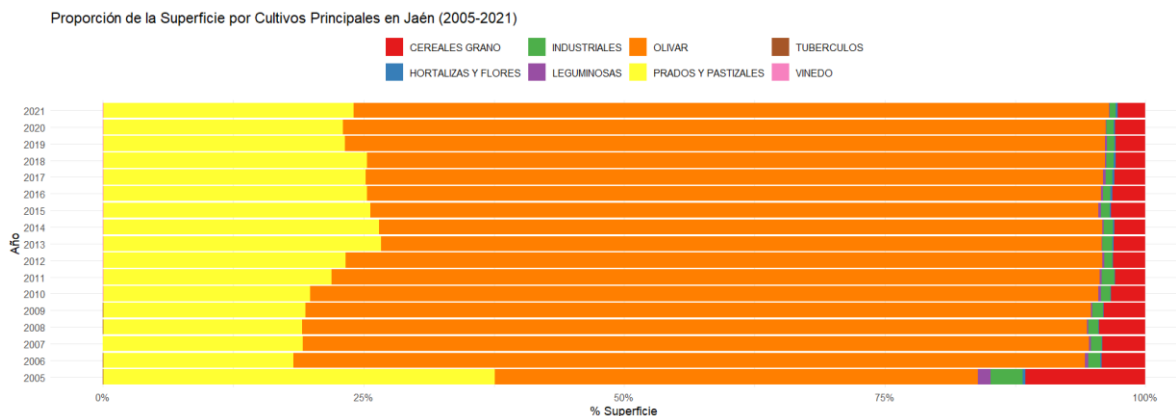


Figura 23 Evolución de los cultivos principales en Jaén

La provincia de Málaga comparte al igual que Jaén cultivos principales como "Cereales Grano", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 24). Pese la región muestra una proporción de superficie dedicada al olivar a lo largo del periodo, no tiene la misma magnitud a la anterior pues existe una distribución proporcional también entre los otros dos, principalmente en los prados y pastizales. Sin embargo, se denota la presencia de otros cultivos como el "Viñedo" con un crecimiento considerable en el 2008 y que se mantiene en el resto de los años; asimismo, ocurre para las "Hortalizas y Flores". Finalmente, se observa una reducción mínima del tipo "Industriales" a partir del 2017.

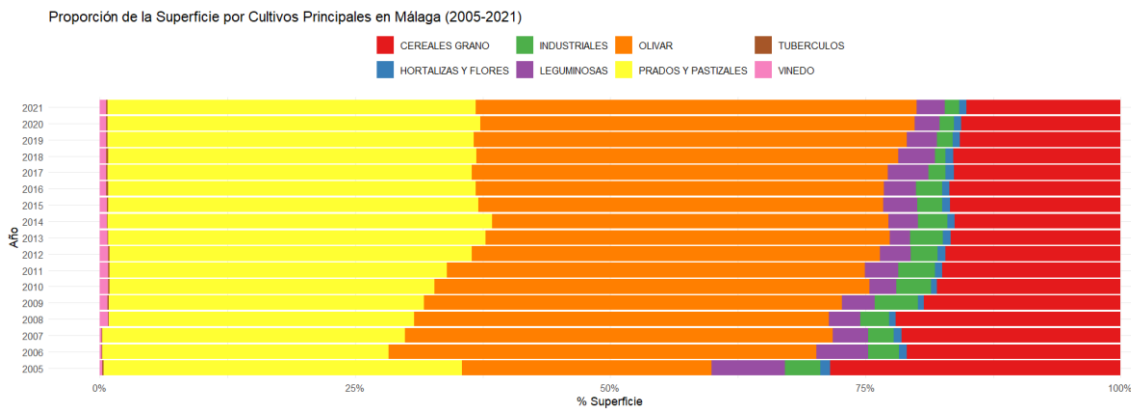


Figura 24 Evolución de los cultivos principales en Málaga

La provincia de Sevilla tiene como principales cultivos los "Cereales Grano", "Industriales", "Olivar" y "Prados y Pastizales", todos con una proporción estable (Figura 25). El caso de los cereales grano tiende a disminuirse en el último año, mientras que el olivo aumenta a partir del 2014, pero sin llegar a desplazarlo. Además, existe un leve aumento por parte de "Hortalizas y Flores" en ese mismo año. Finalmente es importante señalar, como el cultivo "Tubérculos" es el único presente en resto de las provincias de manera significativa.

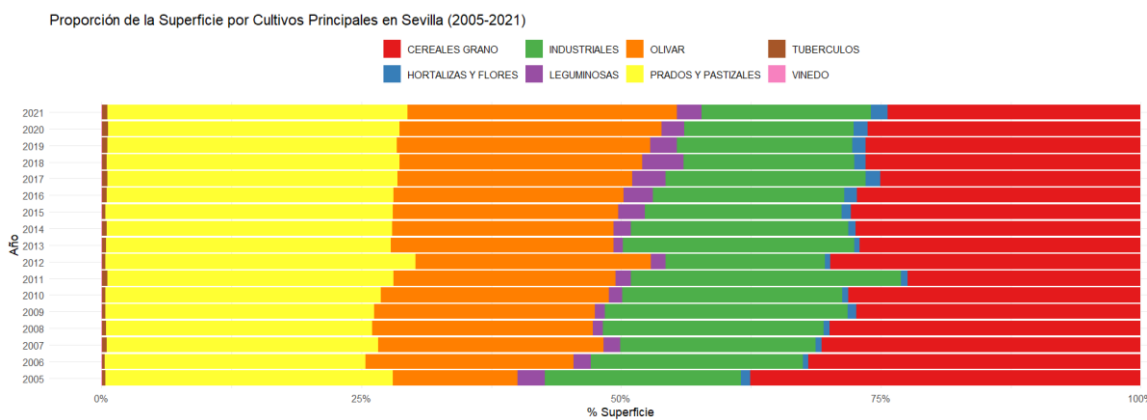


Figura 25 Evolución de los cultivos principales en Sevilla

4.3 Evolución paisajística de los principales cultivos en Andalucía

La descripción de los paisajes de Andalucía se divide en dos niveles principales que son fundamentales para desarrollar indicadores para evaluar y gestionar los espacios del territorio a escala regional y subregional (Figura 26). El primero, por medio de un enfoque morfoestructural para reconocer áreas paisajísticas que se organizan dentro de áreas específicas. Mientras que el segundo, relacionado con las características escénicas del paisaje, las cuales se definen unidades fisionómicas, responsables de las particularidades formales (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, s.f.).

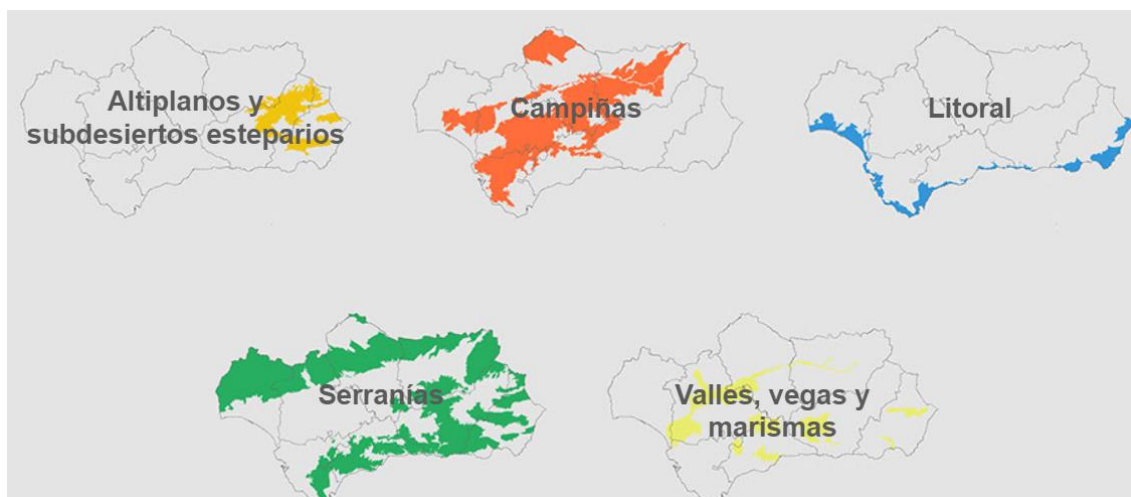


Figura 26 Unidades de paisajes en Andalucía (Centro de Estudios Paisaje y Territorio, s.f.)

El paisaje de altiplanos y subdesiertos esteparios presenta como principales cultivos los "Cereales Grano", "Olivar" y "Prados y Pastizales", (Figura 27). El caso de los cereales grano tiende a disminuirse drásticamente a lo largo de los años, mientras que los prados y pastizales aumentan escalonadamente. Por otro lado, los olivos muestran un incremento considerable en los años 2010, 2014, 2016, 2018 y 2020.

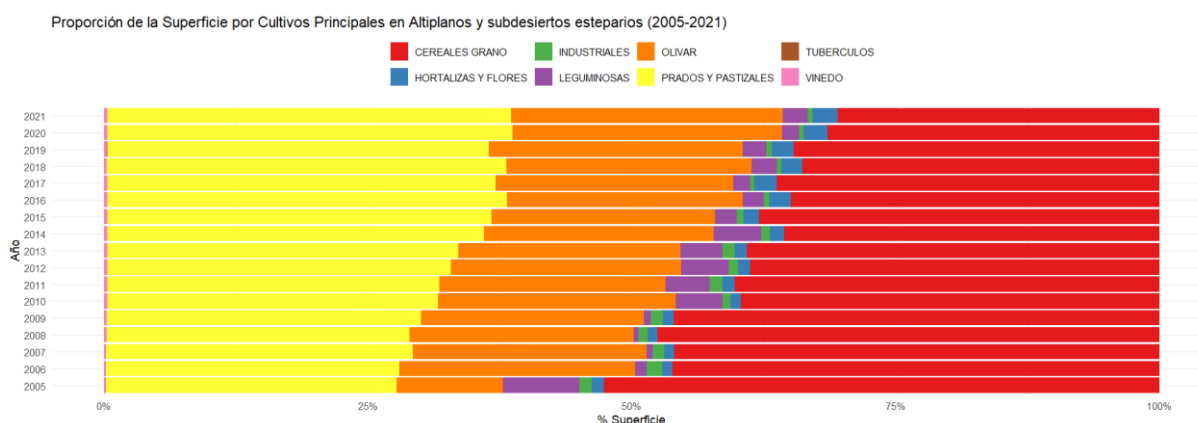


Figura 27 Evolución de los cultivos principales en Altiplanos y subdesiertos esteparios

El paisaje campiñas presenta como principales cultivos los "Cereales Grano", "Industriales", "Olivar" y "Prados y Pastizales" (Figura 28). Existe un dominio y constante aumento por parte del olivo, mientras que los prados y pastizales ya no tiene la relevancia como en otros gráficos; además, compite con los industriales quienes crecen hasta el 2014 y se estabilizan. Cabe mencionar, como en aumento las "Hortalizas y Flores" durante todos los años para este sector.

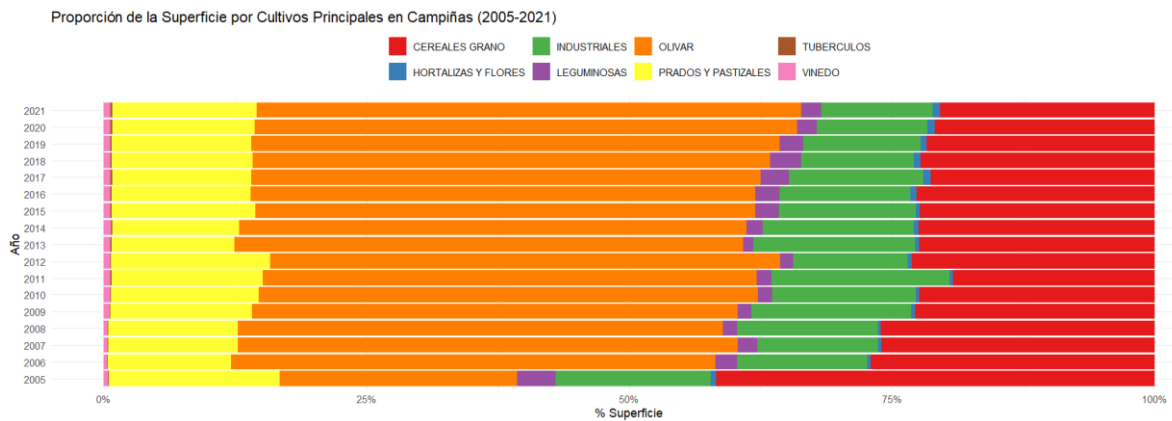


Figura 28 Evolución de los cultivos principales en Campiñas

El paisaje litoral presenta como principales cultivos los "Cereales Grano" y "Prados y Pastizales" (Figura 29). Se observa un porcentaje aplastante por parte del prados y pastizales, mientras que el resto de los cultivos como "Olivar" e "Industriales" mantienen flujos constantes. Por otro lado, los cereales granos presentan caídas y subidas cada tres años aproximadamente a partir del 2006.

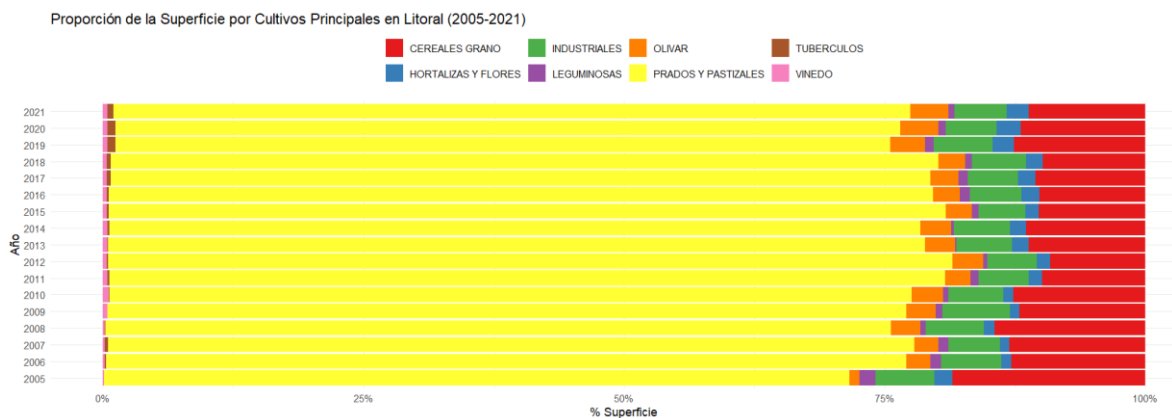


Figura 29 Evolución de los cultivos principales en Litoral

El paisaje serranías presenta como principales cultivos los " Prados y Pastizales " y "Olivar" (Figura 30). Al igual que el caso anterior, existe un total dominio y aumento relativo por parte de los parados y pastizales, mientras que los olivos quedan en segundo plano y disminuyen a lo largo del periodo. Finalmente, los "Cereales Grano" son los únicos destacables en ese tipo de paisajes a mostrar.

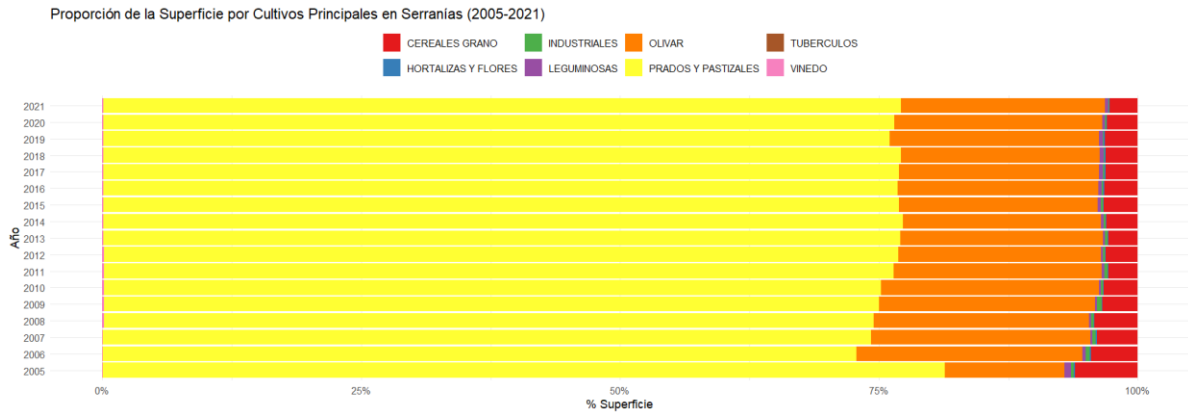


Figura 30 Evolución de los cultivos principales en Serranías

El paisaje de valles, vegas y marismas presenta como principales cultivos los "Cereales Grano", "Industriales" y "Olivar" (Figura 31). El caso de los cereales grano tiende a disminuirse todos los años con mayor incidencia en los años 2011 y 2021. Por otro lado, el olivo tiene una tendencia positiva durante todo el periodo mostrándose una especialización y rentabilidad para este paisaje. Además, se mantiene similar la cantidad de registros en industriales los cuales muestran alteraciones. Finalmente, es la presencia del cultivo "Tubérculos" está presente en todo momento.

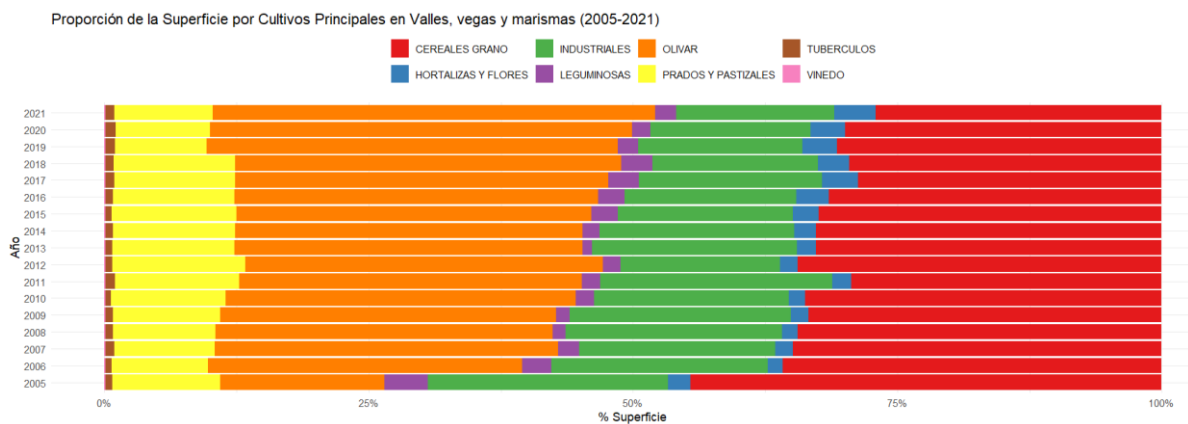


Figura 31 Evolución de los cultivos principales en Valles, vegas y marismas

5 VALORACIONES Y CONCLUSIONES

El estudio realizado demuestra que la PAC ha tenido un impacto notable en la distribución y evolución de los cultivos en Andalucía. En particular, se ha observado un aumento significativo en la superficie destinada al olivar, consolidándose este como un cultivo clave en la región, lo que resalta su relevancia tanto económica como cultural. En contraste, los cultivos de cereales han disminuido, lo que sugiere una posible reorientación de las estrategias agrícolas en respuesta a las políticas de subvenciones y a las condiciones del mercado.

Por otro lado, la creación de una base de datos espacial robusta ha sido fundamental para gestionar el gran volumen de datos implicado en este análisis. La capacidad de integrar diversas fuentes de información y automatizar el procesamiento de datos ha permitido obtener una representación precisa de la evolución de los cultivos, lo cual es crucial para la planificación agraria y la formulación de políticas en la región.

Finalmente, el uso de TIG y herramientas de código abierto como QGIS y PostgreSQL ha resultado eficaz para monitorear y analizar la dinámica del uso del suelo en Andalucía. Estos métodos no solo han facilitado la gestión de la información, sino que también han abierto nuevas oportunidades para investigaciones futuras. La posibilidad de integrar varias fuentes de información y de automatizar el procesamiento de datos permitió obtener una representación precisa de la evolución de los cultivos, fundamental para la planificación agraria y para la formulación de políticas en la región.

El trabajo desarrollado, puesto a disposición de otros investigadores, puede ser de utilidad para realizar múltiples estudios de carácter socioeconómico en la región y, en general, servir como una fuente de datos base para multitud de estudios que requieran de datos para desarrollar soluciones digitales que permitan extraer resultados que mejoren la productividad, la rentabilidad o la sostenibilidad del sector agroalimentario andaluz.

6 BIBLIOGRAFÍA

Analistas Económicos de Andalucía. (2021). El sector agrario en Andalucía 2021. Málaga: Unicaja.

Baker, J., Harris, R., & Lovett, A. (2018). *Modelling the impacts of agricultural changes on landscape-scale ecosystem services*. *Science of The Total Environment*, 622, 1714-1728. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.034>

Beaufoy, G. (2001). The environmental impact of olive oil production in the European Union: Practical options for improving the environmental impact. <http://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/oliveoil.pdf>

Bénetière, A., Tardieu, H., & Fallot, A. (2002). *Land-use planning and public participation: Theoretical concepts and methodological experiments*. *European Journal of Agronomy*, 16(1), 17-30. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)

Bertoni, D., Aletti, G., Ferrandi, G., Micheletti, A., Cavicchioli, D., & Pretolani, R. (2018). Farmland use transitions after the CAP greening: A preliminary analysis using Markov chains approach. *Land Use Policy*, 79, 789-800. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.031>

Boza, S. (2013). Incidencia de las políticas públicas en la evolución del sector agrícola-ecológico: El caso de Andalucía, España. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(72), 291-310.

Cárdenas-Polonio, F., Martínez-Dalmau, J., & Berbel-Vecino, J. (2022). Transferencia, innovación y agricultura: El caso de la difusión del cultivo del almendro en el sur de España. *Revista X*, 118(4), 476-492.

Centro de Estudios Paisaje y Territorio. (n.d.). Mapa de paisaje de Andalucía. CEPT. <http://cept.paisajeyterritorio.es/inf.-mapa-de-paisaje.html>

Comisión Europea. (2000). *Reglamento (CE) n.º 1593/2000 de la Comisión, de 17 de julio de 2000, por el que se establecen determinadas medidas en relación con los programas de apoyo al sector agrícola*. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 182.

Comisión Europea. (2017a). *Agricultura. Una asociación entre Europa y los agricultores*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <http://doi.org/10.2775/24724>

Comisión Europea. (2017b). La PAC en pocas palabras. https://ec.europa.eu/agriculture/cap-overview_es?2nd-language=fr

Consejo Europeo. (2021). Cronología: La historia de la PAC. EIP-AGRI. <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/cap-introduction/timeline-history/>

Firbank, L., Petit, S., Smart, S., Blain, A., & Fuller, R. (2008). Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: A British perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 777-787.

Herrero Colina, C. (2021). *La Política Agraria Común en España* (Trabajo de fin de grado). Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/51913>

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA). (2022). *Andalucía en detalle: Información estadística en pequeñas áreas regulares*. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/>

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA). (s.f.). Sistema de información multiterritorial de Andalucía (SIMA). <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm>

Junta de Andalucía. (2020). *Informe Anual del Sector Agrario en Andalucía*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

Junta de Andalucía. (2015). Marco 2014-2020 Programa de Desarrollo Rural. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/areas/politica-agraria-comun/desarrollo-rural/paginas/marco-2014-2020-programa.html>

Lázaro-López, A., González-SanJosé, M. L., & Gómez-Miguel, V. D. (2018). *Una base de datos espacial integrada en un Sistema de Información Geográfica para la gestión del terroir: Un nuevo sistema consistente e interactivo*. *E3S Web of Conferences*, 50, 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002008>

Lima-Cueto, F. J. (2022). Desarrollo de métodos geo-espaciales de evaluación y seguimiento de las medidas de carácter medioambiental de la política agraria común (PAC) en relación al control de la erosión hídrica del suelo. Aplicación en explotaciones de olivar de montaña de la provincia de Málaga.

López-Colom, A. (2022). Los pueblos de nuestras montañas: Una construcción del paisaje cultural del valle de Siarb (Pirineo leridano, España). *Ager: Journal of Depopulation & Rural Development Studies*, (34).

Martínez Navarro, M. A. (1998). La política agrícola común y sus efectos sobre la agricultura gaditana. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.

McGuire, A. D., Melillo, J. M., Kicklighter, D. W., & Prentice, I. C. (1998). *The carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO₂, climate, and land-use effects with four process-based ecosystem models*. *Global Biogeochemical Cycles*, 12(2), 327-348. <https://doi.org/10.1029/98GB02512>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2018). La Política Agrícola Común post 2020: Una respuesta desde España. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2021). Anuario de estadística 2021: Distribución del suelo según usos y aprovechamientos.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2022). El Plan Estratégico de la PAC de España (2023-2027). Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (s.f.). Historia de la PAC. <https://www.mapa.gob.es/es/pac/historia-pac/>

Moyano Ruz, S. (2017). La evolución de la política agraria común: el caso del olivar y el viñedo en Andalucía.

Matthew, N. & Stones, R. (2005). *Beginning Databases with PostgreSQL: From Novice to Professional* (2da ed.). Apress.

Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European journal of agronomy*, 16(4), 239-262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)

Ortega Márquez, M. (2020). La oferta de información estadística agraria en Andalucía. *Indice: Revista de Estadística y Sociedad*, (77), 20-22.

Parlamento Europeo. (2022). Los instrumentos de la PAC y sus reformas. Fichas técnicas sobre la Unión Europea.

Parras, M. (2022). Las claves de la nueva política agrícola común para el campo andaluz. *Revista X*, 10(2), 149-160.

Ramankutty, N., & Foley, J. A. (1998). Characterizing patterns of global land use: An analysis of global croplands data. *Global biogeochemical cycles*, 12(4), 667-685. <https://doi.org/10.1029/98GB02512>

Rodríguez García, J. (2011). La política agraria común y la agricultura andaluza: Un análisis crítico.

Rodríguez García, J. (2012). La política agraria común y la agricultura andaluza: Un análisis crítico. Discurso de admisión en la Academia Andaluza de Ciencia Regional. <http://www.acacr.es/discursos/La%20pol%C3%ADtica%20agraria%20com%C3%BAn%20y%20la%20agricultura%20andaluza.%20Un%20an%C3%A1lisis%20cr%C3%ADtico.pdf>

Schmidt, M., & Weyland, F. (2006). Sankey diagrams as visualizations of energy flows. *Energy Efficiency Journal*, 1(2), 113-123.

Vaquerizo Villar, Á. (2022). La nueva orientación de la PAC 2021-2027 y su aplicación en España.

Venturini, E. (2017). La nueva PAC a partir de 2020: análisis y estrategias [Tesis de maestría, Universidad de La Laguna].

Verburg, P. H., van de Steeg, J., Veldkamp, A., & Willemen, L. (2010). *From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization*. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1324-1335. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.12.004>

Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote sensing of environment*, 236, 111402.

7 ANEXO

Tabla 2 Resumen clasificación de cultivos declarados

CLS_NOMCUL (Clasificado)	SUB_NOMCUL (Subgrupo)	GRU_NOMCUL (Grupo)	
BARBECHO	BARBECHO	BARBECHOS	
ARROZ	ARROZ	CEREALES GRANO	
AVENA	AVENA		
CEBADA	CEBADA		
CENTENO	CENTENO		
MAIZ	MAIZ DULCE		
MEZCLA AVENA-CEBADA	MEZCLA CEREALES DE INVIERNO		
MEZCLA AVENA-TRIGO			
MEZCLA AVENA-TRITICALE			
OTROS CEREALES	OTROS CEREALES		
ESCANDA	OTROS CEREALES DE GRANO		
ALFORFON	OTROS CEREALES GRANO		
ALPISTE			
MIJO			
TEFF			
TRANQUILLON			
TRIGO KHORASAN			
TRITORDEUM			
QUINOA			QUINOA
SORGO	SORGO		
TRIGO BLANDO	TRIGO BLANDO		
TRIGO DURO	TRIGO DURO		
TRITICALE	TRITICALE		
ALFALFA	ALFALFA		FORRAJERAS
BERZA	BERZA		
GUISANTE FORRAJERO	GUISANTE FORRAJERO		
MEZCLA ALGARROBAS-AVENA	MEZCLAS FORRAJERAS		
MEZCLA ALGARROBAS-CEBADA			
MEZCLA CON PREDOMINANCIA CFN			
MEZCLA EN MARGENES MULTIFUNCIONALES			
MEZCLA GUISANTE-AVENA			
MEZCLA GUISANTE-CEBADA			
MEZCLA HABA-AVENA			
MEZCLA VEZA-AVENA			
MEZCLA VEZA-AVENA-CEBADA			
MEZCLA VEZA-CEBADA			
MEZCLA VEZA-RAYGRASS			
MEZCLA VEZA-TRIGO			
MEZCLA VEZA-TRITICALE			
MEZCLA YEROS-AVENA			
MEZCLA YEROS-CEBADA			

MEZCLA ZULLA-AVENA		
MEZCLA ZULLA-CEBADA		
NABO	NABO	
ESPARCETA		
FESTUCA		
FLEO		
HIERBA CINTA (PHALARIS ARUNDINACEA L)		
OTRAS SUPERFICIES FORRAJERAS		
RAYGRAS		
RAYGRAS ANUAL (LOLIUM MULTIFLORUM LAM AND HYBRIDS)		
RAYGRAS PERENNE		
TREBOL		
ZULLA		
VEZA FORRAJERA	VEZA FORRAJERA Y MEZCLA	
LIMONERO	LIMONERO	
MANDARINO	MANDARINO	
NARANJO	NARANJO	
NARANJO AMARGO	NARANJO AMARGO	
CAVIAR CITRICO		
CITRICOS HIBRIDOS		
CLEMENTINAS		
LIMA		
MARACUYA		
OTROS CITRICOS		
SATSUMAS		
POMELO	POMELO	
AGUACATE	AGUACATE	
ALBARICOQUEROS	ALBARICOQUEROS	
ALMENDROS	ALMENDROS	
AVELLANO	AVELLANO	
CAQUI	CAQUI	
CASTANO	CASTANO	
CEREZO	CEREZO	
CHIRIMOYO	CHIRIMOYO	
CIRUELOS	CIRUELOS	
FRAMBUESA	FRAMBUESA	
GRANADO	GRANADO	
HIGUERA	HIGUERA	
KIWI	KIWI	
MANGO	MANGO	
MANZANOS	MANZANOS	
MELOCOTONERO		
NECTARINOS	MELOCOTONERO Y NECTARINO	
MEMBRILLO	MEMBRILLO	
NISPERO	NISPERO	

FRUTALES CITRICOS

FRUTALES NO CITRICOS

NOGALES	NOGALES	
ARANDANO	OTROS FRUTALES	
ENDRINO		
FRUTOS DE CASCARA		
FRUTOS DEL BOSQUE		
GROSELLA		
GUAYABO		
LITCHI		
MANO DE BUDA		
OTROS FRUTALES		
OTROS FRUTOS DE CASCARA		
PALMERA DATILERA		
PARAGUAYO		
PITAYA		
ZARZAMORA		
PAPAYA		PAPAYA
PERALES	PERALES	
PISTACHO	PISTACHO	
ACELGA	ACELGA	HORTALIZAS Y FLORES
ACHICORIA	ACHICORIA	
AJO	AJO	
ALCACHOFA	ALCACHOFA	
ALOE VERA	ALOE VERA	
APIO	APIO	
ARGAN	ARGAN	
BERENJENA	BERENJENA	
BROCOLI	BROCOLI	
CALABACIN	CALABACIN	
CALABAZA	CALABAZA	
CEBOLLA	CEBOLLA	
CHAMPINON	CHAMPINON	
COL	COL O REPOLLO	
REPOLLO	COL O REPOLLO	
COLIFLOR	COLIFLOR	
ESCAROLA	ESCAROLA	
ESPARRAGOS	ESPARRAGOS	
ESPINACA	ESPINACA	
AILANTHUS	FLORES Y ORNAMENTALES	
BARDANA		
FLORES		
PLANTAS ORNAMENTALES		
POA		
FRESA	FRESA	
GUISANTE EN VERDE	GUISANTE EN VERDE	
HABA FRESCA	HABA FRESCA	
HUERTA	HUERTA	

JUDIA VERDE	JUDIA VERDE	
LECHUGA	LECHUGA	
MELON	MELON	
ALCAPARRA	OTRAS HORTALIZAS	
BERRO		
BORRAJA		
BRASSICA		
CARDO		
CEBOLLETA		
CHALOTA		
CHIRIVIA		
COLIRRABANO		
ENDIVIA		
GUINDILLAS		
HINOJO		
HORTALIZAS AIRE LIBRE		
HORTALIZAS BAJO PLASTICO		
KALE		
OKRA		
OTRAS HORTALIZAS		
RABANO		
ROMANESCU		
TRAVALERA		
PEPINO	PEPINO	
PIMIENTO	PIMIENTO	
PUERROS	PUERROS	
REMOLACHA DE MESA	REMOLACHA DE MESA	
SANDIA	SANDIA	
TOMATE	TOMATE	
ZANAHORIA	ZANAHORIA	
ALGODON	ALGODON	INDUSTRIALES
CACAHUETE	CACAHUETE	
CAMELINA	CAMELINA	
CANA DE AZUCAR	CANA DE AZUCAR	
CARTAMO	CARTAMO	
COLZA	COLZA	
ANIS DULCE	CONDIMENTOS	
AZAFRAN		
COMINO		
MEJORANA		
MOSTAZA		
OREGANO		
PEREJIL		
REGALIZ		
ALBAHACA		
CILANTRO		

ENELDO		
ESPECIES AROMATICAS		
ESPLIEGO		
GENCIANA		
HIERBABUENA		
HIERBALUISA		
HISOPO		
MANZANILLA		
MENTA		
POLEO		
ROMERO		
SALVIA		
TOMILLO		
VALERIANA		
VERBENA		
GIRASOL	GIRASOL	
LAVANDA	LAVANDA	
LINO	LINO	
OTRAS CRUCIFERAS	OTRAS CRUCIFERAS	
CANAMO		
ESTEVIA		
LUPULO		
OTROS CULTIVOS INDUSTRIALES	OTROS CULTIVOS INDUSTRIALES	
PIMIENTO PARA PIMENTON	PIMIENTO PARA PIMENTON	
REMOLACHA	REMOLACHA	
SOJA	SOJA	
TABACO	TABACO	
ADORMIDERA	OTROS CULTIVOS INDUSTRIALES	
ALGARROBO	ALGARROBA	
ALTRAMUZ	ALTRAMUZ	
GARBANZOS	GARBANZOS	
GUISANTES	GUISANTES	
HABAS	HABAS	
JUDIA	JUDIA	
LENTEJAS	LENTEJAS	
MEZCLA LEGUMINOSA	MEZCLA LEGUMINOSA	
ALBERJON		
ALMORTA		
ALUBIAS		
ALVERJA		
CROTALARIA JUNCEA		
HABONCILLOS		
LEGUMINOSAS		
OTRAS LEGUMINOSAS	OTRAS LEGUMINOSAS GRANO	
TITARROS		
VEZA	VEZA	LEGUMINOSAS

YEROS	YEROS	
ISLAS DE OLIVAR	ISLAS DE OLIVAR	OLIVAR
OLIVAR	OLIVAR	
ABANDONO	BALDIO	OTRAS SUPERFICIES
RETIRADA A 20 ANOS R2078/92		
RETIRADA FORESTACION		
RETIRADA OBLIGATORIA FIJA		
RETIRADA OBLIGATORIA LIBRE		
RETIRADA OBLIGATORIA PARA PAGO UNICO		
RETIRADA VOLUNTARIA		
CABECERA DE CULTIVO PERMANENTE	CABECERA DE CULTIVO PERMANENTE	
CUBIERTA VEGETAL ESPONTANEA	CUBIERTA VEGETAL ESPONTANEA	
DEHESAS R2078/92	DEHESAS R2078/92	
ELEMENTO DEL PAISAJE	ELEMENTO DEL PAISAJE	
JATROPHA	JATROPHA	
MEZCLA DE RESERVORIOS	MEZCLA DE RESERVORIOS	
OTRAS UTILIZACIONES	OTRAS UTILIZACIONES	
RASTROJERAS	RASTROJO	
RASTROJO	RASTROJO	
SETAS	SETAS	
NO CULTIVO	SIN CULTIVO	
POR DEFINIR		
SIN CULTIVO		
SUP DE AGROSILVICULTURA QUE RECIBA O HAYA RECIBIDO AYUDAS DE LOS REGLAMENTOS 1698/2005 Y/O 1305/2013	SUP DE AGROSILVICULTURA QUE RECIBA O HAYA RECIBIDO AYUDAS DE LOS REGLAMENTOS 1698/2005 Y/O 1305/2013	
TIERRA ARABLE NO CULTIVADA	TIERRA ARABLE NO CULTIVADA	
OTROS CULTIVOS HERBACEOS	OTROS CULTIVOS HERBACEOS	OTROS CULTIVOS HERBACEOS
MEZCLA ALMENDRO-OLIVO	MEZCLA LENOSOS	OTROS CULTIVOS LENOSOS
MEZCLA CEREZO-ALGARROBO		
MEZCLA CEREZO-OLIVAR		
MEZCLA NARANJO-AGUACATE		
MEZCLA NARANJO-CAQUI		
MEZCLA NARANJO-MANDARINO		
MEZCLA OLIVAR-FRUTAL		
MEZCLA VINA-FRUTAL		
MEZCLA VINA-OLIVAR		
MORERA	OTROS CULTIVOS LENOSOS	
MORINGA		
OPUNTIA		
TRUFA		
PASTIZAL DE 5 O MAS ANOS	PASTIZALES	PRADOS Y PASTIZALES
PASTO ARBOLADO DE 5 O MAS ANOS		

PASTO ARBUSTIVO DE 5 O MAS ANOS		
PASTO DEL SUDAN		
PASTOS DE MENOS DE 5 ANOS		
PASTOS PERMANENTES DE 5 O MAS ANOS		
AGROSTIS		
CULTIVOS MIXTOS DE ESPECIES PRATENSES	PRADOS	
DACTILO		
AZUFAIFO	AZUFAIFO	
ABETO		
ENEBRO	CONIFERAS	
PINO		
ALCORNOCHE	CONIFERAS Y FRONDOSAS	
ENCINA	ENCINA	
FORESTACION	FORESTACION	
ROBLE	FRONDOSAS DE CRECIMIENTO LENTO	
CHOPOS		
EUCALYPTUS		
SUPERFICIES FORESTALES DE CHOPOS	FRONDOSAS DE CRECIMIENTO RAPIDO	
SUPERFICIES FORESTALES DE EUCALYPTUS		
ACACIA	MATORRAL	
OTRAS SUPERFICIES FORESTALES		
SUPERFICIE FORESTADA (SUBPROGRAMA)		
SUPERFICIES FORESTALES DE POPULUS	OTRAS SUPERFICIES FORESTALES	
SUPERFICIES FORESTALES DE ROTACION CORTA		
SUPERFICIES FORESTALES DE SALIX		
SUPERFICIES FORESTALES MADERABLES		
PAULOWNIA		
SUPERFICIES FORESTALES DE PAULOWNIA	PAULOWNIA	
BATATA	BATATA	
BONIATO		
CHUFA	CHUFA	TUBERCULOS
PATATA	PATATA	
TUBERCULOS	TUBERCULOS	
UVA DE MESA	UVA DE MESA	
UVA PASA	UVA PASA	VINEDO
VINEDO VINIFICACION	VINEDO VINIFICACION	
VIVEROS	VIVEROS	VIVEROS
NO DECLARADO	NO DECLARADO	NO DECLARADO

Tabla 3 Registro total de puntos MODIS para los cultivos clasificados (2005-2021)

ID	CULTIVOS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	BARBECHOS	25875	27044	26128	15268	561	15102	16541	20780	24999	27699	47444	48665	47013	46658	46208	43241	44859
2	CEREALES GRANO	139540	131232	125022	131302	118853	115419	103569	117653	116130	117694	119710	117743	110618	113029	110581	104645	99136
3	FORRAJERAS	955	4556	5164	5275	5419	5781	5441	5324	27564	26794	3559	3703	3758	3869	4041	3751	3794
4	FRUTALES CITRICOS	2134	2936	3633	9642	9651	10055	9969	9816	9674	9709	9825	9669	9791	9862	10115	10260	10746
5	FRUTALES NO CITRICOS	10300	12366	13154	13855	13865	13972	14538	14838	15618	16349	17502	18917	20662	21850	22742	23714	26326
6	HORTALIZAS Y FLORES	3145	2580	2913	2691	3115	2697	3183	3156	3454	3903	4403	5533	6069	5483	5563	5762	6264
7	INDUSTRIALES	47525	55800	50491	60145	67068	58799	74282	47446	66322	63029	57708	55289	56775	48528	49055	46037	45627
8	LEGUMINOSAS	13060	9441	7828	5721	5783	7242	7539	6796	5189	7971	10754	10850	12498	13375	10139	8134	8806
9	NO DECLARADO	713822	562632	555998	545962	520010	515416	502586	490176	463613	454259	462047	469373	473959	476539	497458	495540	487616
10	OLIVAR	78459	211544	216503	218949	219754	225046	227558	228192	230632	233125	234514	235214	236669	239160	242241	244357	245969
11	OTRAS SUPERFICIES	33470	35677	40228	32317	44460	36858	29538	40168	25225	19015	1057	711	906	511	401	11943	12014
12	OTROS CULTIVOS HERBACEOS	1450	509	513	334	356	354	461	436	415	449	0	0	0	0	0	0	0
13	OTROS CULTIVOS LENOSOS	89	98	59	53	52	38	48	55	74	114	137	141	186	257	290	307	318
14	PRADOS Y PASTIZALES	191100	203803	212355	217945	223860	229367	247018	254627	247370	255352	261160	254797	253680	255768	237951	240557	246427
15	SUPERFICIE FORESTAL	8501	8998	8926	9284	35319	31896	25141	28398	31398	31927	37729	36756	34565	32496	30465	28883	29408
16	TUBERCULOS	650	728	906	803	799	602	1196	779	824	1058	884	1104	1321	1159	1365	1499	1330
17	VINEDO	1021	1146	1262	1540	2167	2441	2478	2445	2582	2637	2620	2561	2540	2472	2407	2394	2379
18	VIVEROS	7	13	20	17	11	18	17	18	20	19	50	77	93	87	81	79	84
	TOTAL	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103	1271103

Tabla 4 Transición de puntos MODIS para los cultivos clasificados por "Grupo" y usando como filtro "No Declarado" (2005-2021)

ID	CULTIVOS	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
GRUPO 1: MAYOR SUPERFICIE (PORCENTAJE DE TRANSICIÓN)																	
1	CEREALES GRANO	1.46	22.64	18.12	28.4	22.72	20.76	26.19	20.28	19.96	26.44	27.8	25.47	27.38	25.12	30.89	20.78
2	FRUTALES CITRICOS	0.4	7.78	47.97	14.55	4.47	4.03	4.3	2.23	3.72	6.64	4.93	10.99	5.66	5.72	6.08	10.18
3	FRUTALES NO CITRICOS	1.75	19.04	9.43	10.08	7.33	7.66	11.21	12.42	11.79	12.77	17.61	17.25	17.18	15.63	16.21	22.71
4	INDUSTRIALES	0.35	4.75	3.09	6.97	8.32	10.8	7.45	6.48	4.85	5.59	6.67	7.41	7.19	5.91	4.06	2.84
5	OLIVAR	96.04	45.8	21.39	40	57.17	56.75	50.86	58.59	59.68	48.56	42.99	38.89	42.58	47.63	42.76	43.49
	TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GRUPO 2: MENOR SUPERFICIE (PORCENTAJE DE TRANSICIÓN)																	
1	HORTALIZAS Y FLORES	21.2	24.02	27.16	15.89	22.07	25.12	39.09	32.4	43.07	46.74	34.26	40.93	55.03	50.42	58.44	41.74
2	LEGUMINOSAS	21	19.52	5.97	7.69	34.27	34.45	12.1	14.9	13.38	32.55	45.69	27.03	16.44	21.25	16.02	18.49
3	OTROS CULTIVOS HERBACEOS	2.15	7.51	2.51	0	2.71	3.01	7.54	5.59	3.89	0	0	0	0	0	0	0
4	TUBERCULOS	3.16	7.81	3.14	2.94	5.38	8.83	8.93	4.28	8.52	4.34	5.08	10.04	8.05	11.67	13.85	9.8
5	VINEDO	52.5	39.64	61.07	73.38	35.16	28.33	32.34	42.46	30.41	14.52	10.66	20.46	19.46	15.42	11.26	29.69
6	VIVEROS	0	1.5	0.16	0.1	0.41	0.26	0	0.37	0.73	1.84	4.31	1.54	1.01	1.25	0.43	0.28
	TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GRUPO 3: OTROS USOS DE SUELO (PORCENTAJE DE TRANSICIÓN)																	
1	BARBECHOS	3.49	3.96	1.9	0.03	4.47	4.07	1.79	2.41	2.68	7.95	14.02	11.98	12.76	14	11.44	8.15
2	FORRAJERAS	0.98	0.74	0.95	0.29	1.94	1.63	0.57	4.01	4.96	0.66	0.62	0.59	0.42	0.45	0.28	0.84
3	OTRAS SUPERFICIES	18.06	10.73	10.65	4.08	12.58	9.06	8.13	4.73	6.37	1.01	1.91	3	0.34	1.31	2.81	1.38
4	OTROS CULTIVOS LENOSOS	0.08	0.05	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0	0.1	0.06	0.01	0.15	0.04	0.5	0.08	0.12
5	PRADOS Y PASTIZALES	73.11	81.77	80.72	27.08	67.82	75.78	71.74	75.15	71.24	75.11	69.04	70.8	71.02	73.79	76.43	72.19
6	SUPERFICIE FORESTAL	4.26	2.75	5.76	68.51	13.16	9.43	17.75	13.69	14.66	15.2	14.4	13.48	15.43	9.94	8.97	17.32
	TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5 Transición de puntos MODIS para los cultivos clasificados usando como filtro "No Declarado" (2005-2021)

ID	CULTIVOS	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
1	NO DECLARADO (CONSTANTE)	536072	538642	528259	503059	396214	384065	476238	451158	436931	428426	449823	459449	463034	466997	481643	477662
2	BARBECHOS	1253	681	282	10	2541	2674	379	775	522	1552	1280	907	982	928	1448	1121
3	CEREALES GRANO	2065	1464	2219	1417	14596	12982	1231	1292	1351	1513	750	533	803	672	905	784
4	FORRAJERAS	353	128	141	106	1102	1073	121	1287	967	129	57	45	32	30	35	115
5	FRUTALES CITRICOS	559	503	5874	726	2870	2522	202	142	252	380	133	230	166	153	178	384
6	FRUTALES NO CITRICOS	2477	1231	1154	503	4706	4791	527	791	798	731	475	361	504	418	475	857
7	HORTALIZAS Y FLORES	148	80	173	157	595	768	197	174	177	280	135	106	164	121	135	149
8	INDUSTRIALES	489	307	378	348	5342	6756	350	413	328	320	180	155	211	158	119	107
9	LEGUMINOSAS	146	65	38	76	924	1053	61	80	55	195	180	70	49	51	37	66
10	OLIVAR	135589	2962	2619	1996	36728	35497	2391	3733	4039	2779	1160	814	1249	1274	1253	1641
11	OTRAS SUPERFICIES	6480	1844	1583	1506	7155	5957	1718	1520	1243	197	174	227	26	87	355	190
12	OTROS CULTIVOS HERBACEOS	15	25	16	0	73	92	38	30	16	0	0	0	0	0	0	0
13	OTROS CULTIVOS LENOSOS	29	9	2	5	15	20	5	1	19	12	1	11	3	33	10	16
14	PRADOS Y PASTIZALES	26229	14056	11994	9999	38561	49821	15167	24131	13893	14655	6305	5361	5464	4890	9671	9925
15	SUPERFICIE FORESTAL	1530	472	856	25299	7484	6201	3753	4396	2859	2966	1315	1021	1187	659	1135	2381
16	TUBERCULOS	22	26	20	29	145	270	45	23	35	26	20	26	24	28	32	35
17	VINEDO	366	132	389	725	948	866	163	228	125	87	42	53	58	37	26	106
18	VIVEROS	0	5	1	1	11	8	0	2	3	11	17	4	3	3	1	1
	TOTAL	713822	562632	555998	545962	520010	515416	502586	490176	463613	454259	462047	469373	473959	476539	497458	495540