

# Diseño centrado en usuario de una aplicación móvil para la implementación e interpretación de datos de sistemas de agricultura de precisión en España



Autor: Lucía Abajo Lis

Tutor: Roberto Mostaza Fernández



UVa



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

# UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

## ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de  
Producto

Diseño centrado en usuario de una aplicación móvil para  
la implementación e interpretación de datos de sistemas  
de agricultura de precisión en España

Autor:

Abajo Lis, Lucía

Tutor:

Mostaza Fernández, Roberto

Departamento de CMelM, EGI,

ICGyF, IM e IPF / Ingeniería

Mecánica



# Agradecimientos

A mis profesores de la Universidad de Valladolid, por haberme enseñado a desarrollar una capacidad analítica y crítica del mundo en el que vivimos y en el que viviremos y las herramientas necesarias para contribuir en él, tanto desde el punto de vista de la ingeniería como del diseño.

A mi tutor, Roberto Mostaza, por acompañarme y guiarme en el desarrollo de este proyecto, y a Lara Delgado que, a pesar de no continuar como docente en la escuela, ha mostrado gran interés en este proyecto, ofreciéndome sus mejores consejos como profesional del diseño de experiencia de usuario.

A todos los agricultores y profesionales de la agricultura de precisión que han confiado en este proyecto y han compartido conmigo sus experiencias en el trabajo del día a día, por todo su tiempo concedido de forma desinteresada para las entrevistas y consultas.

A mis padres, por haberme apoyado y ayudado en lo que necesitaba y en lo que no sabía que necesitaba desde que decidí empezar esta carrera hasta el final. Gracias.

Por último, a mis amigos, por hacer de la Universidad algo más que un centro de estudios y haber crecido juntos tanto como ingenieros como como personas, y a Sergio, por todos sus ánimos y compañía durante el transcurso de este proyecto.



# Índice de Contenidos

Resumen .....	1
Palabras clave.....	1
Abstract .....	3
Keywords.....	3
Introducción.....	5
Motivación.....	9
Metodología.....	11
Objetivos.....	13
1. Radiografía y descripción del sector agrícola.....	15
1.1. El sector agrícola español.....	15
1.1.1. Sectores y actividades económicas implicadas.....	15
1.1.2. Distribución de Superficie de cultivos .....	16
1.1.2.1. Ocupación por superficie según tipo de cultivo.....	17
1.1.2.2. Ocupación de superficie según tamaño de explotación .....	20
1.1.3. Entorno y climatología .....	21
1.1.3.1. Aumento de temperaturas en la Península.....	21
1.1.3.2. Sequía en la Península. Impactos.....	23
1.1.3.3. Implicaciones y consecuencias .....	25
1.1.3.4. Caso real de impacto. El cultivo de la vid .....	26
1.2. La agricultura de precisión en España .....	29
1.2.1. Qué es la Agricultura de Precisión .....	29
1.2.2. Retos de la implementación de la agricultura de precisión en España .....	30
1.2.3. Perspectiva a corto plazo de la implementación de la agricultura de precisión en España .....	34
1.2.3.1. Estrategia de Digitalización del MAPA.....	34
1.2.4. Fases de la Agricultura de Precisión .....	38
1.2.5. Tecnologías básicas aplicables a la toma de datos .....	42
1.2.5.1. Imágenes espaciales satelitales .....	43
1.2.2.3. Drones.....	50

1.2.2.4.	Sensores .....	53
1.2.3.	Fondos y subvenciones destinados a impulsar la implantación de la Agricultura de Precisión .....	56
1.2.3.2.	Plan Estratégico de la PAC 2023-2027.....	56
1.2.3.3.	AEI-Agri.....	60
1.2.3.4.	Interés por fondos de inversión.....	61
2.	Desarrollo de la propuesta de diseño .....	63
2.1.	Empatizar.....	65
2.1.1.	Investigación cualitativa.....	65
2.1.1.1.	Agricultor no usuario de agricultura de precisión.....	68
2.1.1.2.	Agricultor de regadío usuario de agricultura de precisión.....	72
2.1.1.3.	Agricultor de secano usuario de técnicas de agricultura de precisión .....	73
2.1.1.4.	Ingeniero Agrícola relacionado con técnicas de agricultura de precisión .....	75
2.1.2.	Investigación cuantitativa .....	77
2.2.	Definir .....	80
2.2.1.	Quiénes son mis usuarios objetivo: .....	80
2.2.2.	Diseño de Personas .....	81
2.2.3.	Mapa de empatía .....	83
2.2.4.	Planteamiento del problema.....	85
2.2.5.	Objetivos de la solución.....	85
2.3.	Idear.....	86
2.3.1.	Auditoría competitiva .....	87
2.3.1.1.	Aplicación A. Sencrop.....	87
2.3.1.2.	Aplicación B. Plantae.....	89
2.3.1.3.	Aplicación C. Agriculus.....	90
2.3.1.4.	Oportunidades detectadas. ....	91
2.3.2.	Cultivo Zero .....	92
2.3.3.	Arquitectura de la información .....	95
2.3.4.	Identidad de marca.....	97
2.3.4.1.	Fuente y tipografía.....	97

2.3.4.2.	Paleta de la interfaz .....	98
2.3.4.3.	Imagotipo.....	101
2.3.4.4.	Usos correctos de la identidad de marca.....	103
2.3.4.5.	Usos incorrectos de la identidad de marca.....	105
2.3.5.	Esquemas de página .....	107
2.4.	Prototipar.....	112
2.4.1.	Prototipos de baja fidelidad .....	113
2.4.2.	Prototipos de alta fidelidad.....	117
2.4.2.1.	Sistema de diseño.....	118
2.4.2.2.	Ilustraciones.....	119
2.4.2.3.	Pantallas.....	120
2.4.2.4.	Flujos de navegación.....	129
2.4.3.	Presentación de producto.....	131
Conclusiones	.....	133
Bibliografía	.....	137





# Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de la metodología del presente proyecto. Fuente: Elaboración propia .....	11
Figura 2. Esquema de la cadena de valor del sector agroalimentario. Fuente: PwC España.....	15
Figura 3. Gráfico distribución detallada de la tierra Año 2022. Fuente: ESYRCE (mapa.gob.es) .....	17
Figura 4. Mapa Superficie de Cereales respecto a la Superficie Geográfica Provincial. Fuente: mapa.gob.es.....	19
Figura 5. Mapa de la superficie de olivar respecto a la superficie geográfica provincial.....	20
Figura 6. Mapa de evolución del clima en la zona mediterránea en el presente siglo. Fuente: Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022). .....	22
Figura 7. Mapa Porcentaje de precipitación acumulada en el año hidrológico 2021-2022 respecto a la media del periodo 1981-2010. Fuente: Aemet.....	24
Figura 8. Gráfica de Ranking de los países con mayor exposición a los efectos derivados del cambio climático. (0,00= sin efectos, 100= grandes efectos). Fuente: The Economist Intelligence Unit.....	26
Figura 9. Gráfico índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI), clasificación de 2022. Fuente: administracionelectronica.gob.es.....	35
Figura 10. Evolución generacional del sector desde la perspectiva de una agricultura más digitalizada. Fuente: Elaboración propia.....	39
Figura 11. Esquema Secuencia de activación de los Sistemas de Alerta. Fuente: Elaboración propia.....	41

Figura 12. Imagen del Satélite Sentinel-2 de la ESA. Fuente: ESA.....	43
Figura 13. Ecuación NDVI donde NIR es la luz del infrarrojo cercano y Rojo es la luz roja visible.....	44
Figura 14. Valores NDVI según salud de la planta. Fuente: Elaboración propia	45
Figura 15. Imagen de satélite NDVI donde rojo denota las zonas de vegetación insanas hasta el verde intenso, que denota la vegetación más sana. Fuente: Skymatics.....	45
Figura 16. Comparativa de los análisis obtenidos durante la etapa de germinación utilizando tres índices distintos. Fuente: eos.com.....	47
Figura 17 . Valores MSAVI según estado de crecimiento de la planta .....	47
Figura 18. Imagen comparativa del índice NDMI de 2019 y 2021. Fuente: eos.com.....	48
Figura 19. Interfaz de pantalla en cabina de tractor autoguiado. Fuente: sveaverken.com.....	49
Figura 20. Imagen Dron DJI fumigador. Fuente: DJI Agriculture .....	51
Figura 21. Imagen de piloto de drones junto a un dron AerHyb destinado a la monitorización de los cultivos por medio de cámaras. Fuente: Aerocamaras.es .....	52
Figura 22. Imagen de distintos tipos de sensores instalados en una explotación. Fuente: plantae.garden.....	54
Figura 23. Esquema de funcionamiento del procesamiento de datos desde los sensores, a los controladores y actuadores. Fuente: Elaboración propia.....	56

Figura 24. Gráfico de la evolución de la contribución económica de la PAC en 20 años. Fuente: mapa.gob.es.....	57
Figura 25.. Objetivos del PVE relativos al sector agrario y el medioambiental. Fuente: mapa.gob.es .....	58
Figura 26. del fomento del uso de tecnologías en las medidas de la PAC. Fuente: mapa.gob.es .....	59
Figura 27. Ilustración del proceso de Design Thinking. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 28. Ficha de convocatoria a entrevistas para potenciales usuarios. Fuente: Elaboración propia .....	67
Figura 29. Ficha de persona de agricultor: Alfonso. Fuente: Elaboración propia. ....	82
Figura 30. Ficha de persona de perfil tecnológico agrícola: Luisa. Fuente: Elaboración propia. ....	83
Figura 31. Mapa de empatía de Alfonso. Fuente: Elaboración propia .....	84
Figura 32. Captura de pantalla presentación app Sencrop. Fuente: App Store-Sencrop .....	88
Figura 33. Captura de Pantalla inicio de sesión de app Plantae. Fuente: App Store- Plantae .....	89
Figura 34. Captura de pantalla de página principal de la app Agricolus. Fuente. App Store- Agricolus.....	90
Figura 35. Ilustración de la explotación Cultivo Zero sobre mapa en vista de satélite ubicada en la localidad de Villardefrades. Fuente: Elaboración propia .	93

Figura 36. Diagrama de flujo de la arquitectura de la información. Fuente: Elaboración propia .....	96
Figura 37. Fuente y tipografías de la interfaz. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 38. Paleta de colores de la interfaz y marca. Fuente: Elaboración propia .....	99
Figura 39. Ilustración de comparativa de relación de contraste. Fuente: Coursera.org.....	100
Figura 40. Ilustración de los bocetos iniciales del logo. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 41. Ilustración del proceso de construcción y trazado del isotipo. Fuente: Elaboración propia .....	101
Figura 42. Ilustración de la construcción de la versión final del imagotipo. Fuente: Elaboración propia .....	102
Figura 43. Ilustración de los usos correctos de la identidad de marca. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 44. Ilustración de usos incorrectos de la identidad corporativa. Fuente: Elaboración propia.....	106
Figura 45. Esquemas de interfaz de inicio y parcelas. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 46. Esquemas de interfaz de humedad, nutrientes, notas y tareas. Fuente: Elaboración propia .....	111
Figura 47. Esquemas de interfaz de tiempo y perfil. Fuente: Elaboración propia .....	112

Figura 49. Wireframe página parcelas intermedia 2ª versión. Fuente: Elaboración propia .....	115
Figura 50. Wireframe página de parcelade trigo 1ª versión. Fuente: Elaboración propia.....	115
Figura 48. Wireframe página parcela de trigo 2ª versión. Fuente: Elaboración propia.....	115
Figura 51. Wireframe página de inicio LoFi. Fuente: Elaboración propia .....	115
Figura 52. Wireframes de página de carga, inicio, información de parcela y tareas. Fuente: Elaboración propia.....	116
Figura 53. Captura de pantalla de la configuración de las transiciones entre pantallas del prototipo de baja fidelidad. Fuente: figma.com.....	116
Figura 54. Captura de pantalla de las conexiones de flujo entre pantallas del prototipo de baja fidelidad. Fuente: Elaboración propia .....	117
Figura 55. Sistema de diseño DeMetrics. Fuente: Elaboración Propia .....	118
Figura 56. Ilustraciones para app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	119
Figura 57. Pantalla de inicio app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	120
Figura 58. Pantallas De interés app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	121
Figura 59. Pantallas de parcelas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia..	122
Figura 60. Pantalla de información de parcela individual. Fuente: Elaboración propia.....	123
Figura 61. Pantallas de humedad app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.	124

Figura 62. Pantallas de alertas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	125
Figura 63. Pantallas de inexistencia de alertas y notificación pospuesta app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	126
Figura 64. Pantalla de tareas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	126
Figura 65. Pantalla de notas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia .....	127
Figura 66. Pantalla del tiempo app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	128
Figura 67. Pantalla de dispositivos app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia .....	128
Figura 68. Pantalla de chats app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia .....	129
Figura 69. Pantallas de la app DeMetrics en dispositivos iPhone 12. Fuente: Elaboración propia .....	131
Figura 70. Marquesina de parada de autobús publicitaria en Villardefrades. Fuente: Elaboración propia .....	132
Figura 71. Stand de feria para app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia.....	132

# Resumen

El modelo actual de agricultura en España resulta insostenible dado su consumo excesivo de recursos y productos de insumo, además de la baja rentabilidad económica de estas prácticas para los agricultores, que dependen de ayudas para poder mantener sus explotaciones.

Como solución a ello, la agricultura de precisión se enfoca en optimizar la gestión de cultivos maximizando su eficiencia a través de tecnologías que recopilan y analizan los datos derivados de la actividad agrícola. No obstante, existen ciertos retos para su implementación en España.

En el presente proyecto se desarrolla un diseño centrado en el usuario de una aplicación móvil de apoyo para la gestión de cultivos para agricultores usuarios de la agricultura de precisión con el fin de promover estas prácticas, abordando las necesidades y problemas de sus potenciales usuarios para contribuir a una agricultura más sostenible y rentable.

## Palabras clave

Agricultura de precisión — Diseño centrado en usuario — Transformación Digital — Análisis de Datos — Aplicación móvil





## **Abstract**

The current agricultural model in Spain is unsustainable given its excessive consumption of resources and inputs, in addition to the low economic profitability of these practices for farmers, who need to depend on subsidies in order to sustain their farms.

As a solution, precision agriculture focuses on optimizing crop management by maximizing its efficiency through technologies that collect and analyze data generated by agricultural activity. However, there are certain challenges for its implementation in Spain.

In this project, a user-centered design of a mobile application is developed to support crop management for farmers using precision agriculture as a means of promoting these practices by addressing the needs and problems of potential users, contributing to a more sustainable and profitable agriculture.

## **Keywords**

Precision agriculture — UX Design — Digital Transformation — Data Analytics — Mobile application



# Introducción

El sector agrícola representa alrededor del 1,2% del PIB de la Unión Europea, según datos de 2017, y un 2,4% del PIB de España, lo que refleja la importancia de este sector para el desarrollo de la actividad económica, social y territorial tanto a nivel nacional como internacional. No obstante, se encuentra constantemente expuesto a un gran número de factores variables, en ocasiones de difícil predicción, que lo someten a situaciones críticas en las que se requiere tomar medidas rápidas para adaptarse a estos nuevos sucesos. Más allá de la conocida crisis climática que afecta, entre otros, a los niveles de humedad y temperatura del país, se suman las inestables normativas en cuanto a uso de las tierras, productos fitosanitarios y maquinaria impuestas por los mandos de gobierno, además de la competencia generada por el comercio exterior y el impacto de las guerras sobre productos básicos para la actividad, como la electricidad, el combustible o el producto bruto utilizado para el crecimiento de las cosechas.

Todos estos factores repercuten sobre el sector, directa o indirectamente, creando una necesidad de adaptación y evolución constante. Por ello, la agricultura ha sufrido en las últimas décadas una transformación que ha hecho de esta un sector avanzado y competitivo, más que tradicional. En este sentido, la agricultura tiene que dar respuesta a retos como la creciente demanda de productos, necesidades, preferencias, y circunstancias climatológicas y políticas. En términos generales, el campo deberá hacer frente a una lucha de productividad y competitividad, en un mundo en el que la sostenibilidad, el cambio climático y la escasez de recursos jugarán un papel importante, así como los impactos sociales y económicos que derivarán de esta actividad.

Para ello, resulta primordial que los agentes principales del sector puedan entender las circunstancias a las que se enfrentan, así como conocer las

oportunidades y tecnologías con las que afrontar estas nuevas y heterogéneas condiciones. En caso contrario, podrían arriesgarse a perder su posición dentro del marco competitivo, como ya ha sucedido con algunos cultivos especialmente en la zona sur de España, que se han visto afectados negativamente por las inestables políticas agrarias, así como otros factores climatológicos como la sequía.

España cuenta históricamente con una de las mejores condiciones para el cultivo de muchos alimentos, gracias a las temperaturas cálidas que se alcanzan en verano y la alta incidencia de la luz solar. Sin embargo, la opinión de los trabajadores implicados en las actividades del sector no coincide con la que se podría esperar dada la buena naturaleza de la región para ello, ya que muchos sienten formar parte de una actividad desprotegida, obstaculizada por la normativa y fácilmente afectada por los desequilibrios socioeconómicos y medioambientales a escala nacional y europea.

No obstante, muchas organizaciones y asociaciones a nivel europeo y estatal ya han comenzado a proponer medidas y ayudas para proteger este sector clave para la economía mundial. La mayoría de ellas, se basan en la transformación digital del sector mediante la implementación de dispositivos IoT (*Internet of Things*) interconectados de medición, análisis de datos y robótica. El término más ampliamente usado para definir la implementación de estas tecnologías en la agricultura se conoce como agricultura de precisión, agricultura 4.0 o *Smart Farming*.

Esta transición tecnológica aboga por la optimización de los recursos de los que se dispone, la anticipación a problemas derivados de la climatología, infecciones, plagas y enfermedades, y la actuación limitada al foco del problema. Estas medidas se traducen en una reducción de los costes de la actividad agrícola, una reducción en el uso de insumos como carburante, electricidad y productos

fitosanitarios como fertilizantes y pesticidas, y por ende, una actividad más sostenible con el medio ambiente, la sociedad y el propio sector agrícola.

En los próximos años, se espera que la mayoría de las explotaciones hayan adoptado en mayor o menor medida, según sus necesidades, estas tecnologías. Sin embargo, se presentan algunos retos para ello: el arraigo de la agricultura tradicional, el desconocimiento o desconfianza hacia las nuevas tecnologías y la gran inversión inicial que suponen.

Por ello, mediante el siguiente proyecto se desarrollará el diseño de interfaz y de experiencia de usuario de una aplicación móvil en la que los propios agricultores y agentes intermediarios puedan conocer las métricas y estados de sus cultivos, así como recibir recomendaciones y alertas de ellos en tiempo real, para así acercar las tecnologías a los propios clientes mientras puedan ser testigos de las mejoras que aporta la agricultura de precisión al sector.



# Motivación

La agricultura es uno de los sectores más importantes de la economía española, tanto por su contribución al PIB como por su papel en el mantenimiento del medio rural y la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, los agricultores españoles han sufrido importantes cambios y adaptaciones en los últimos años debido a factores como la competencia de otros países, el cambio climático y cambios frecuentes y poco efectivos a nivel normativo.

En España, los continuos cambios en el sector agrícola han supuesto una disminución en las explotaciones agrícolas y de la mano de obra de un 7,6% entre los años 2009 y 2020 (INE). A esta disminución de actividad, se suman las repercusiones de la crisis generada por la pandemia del COVID-19, y la más reciente inflación de precios derivada de la inestabilidad de los precios de los combustibles y de la guerra de Ucrania, cuyas repercusiones se ven reflejadas en un aumento de precios de los insumos agrícolas, como son los fertilizantes, los carburantes y la energía eléctrica, con costes en algunos casos hasta tres veces mayores que hace dos años.

A pesar de nunca haber tenido una relación cercana con el mundo agrícola, sí he presenciado las protestas de los agricultores en Valladolid, las noticias devastadoras sobre las pérdidas de toneladas de alimento debido a problemas de logística durante la pandemia, la escasez de algunos tipos de vegetales derivada de las sequías o las heladas... Más recientemente, no ha habido vez que haya entrado a un supermercado sin oír quejas por parte de los clientes de la desorbitante subida de precios de productos básicos como los alimentos.

Como futura ingeniera y persona motivada por la posibilidad de resolver problemas, sentí una necesidad de poder aportar a un sector tan desfavorecido, pero a la vez, tan importante para la economía y fundamental para el desarrollo

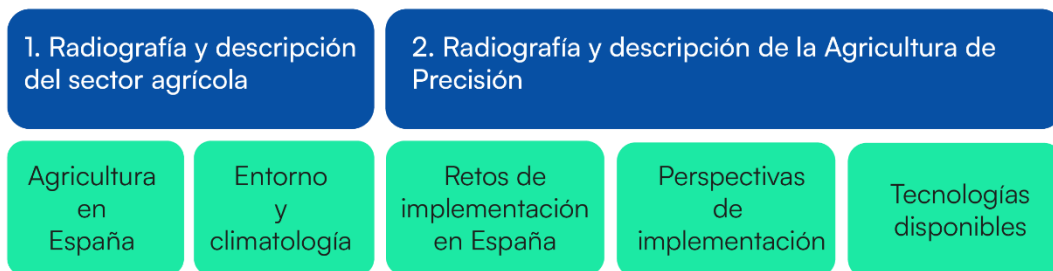


de la vida, la conservación de la biodiversidad del entorno y la salud de las aguas, el suelo y el medio ambiente. Para ello, he optado por el diseño de una aplicación móvil para agricultura de precisión a través del diseño UX (centrado en usuario), por el que recientemente he sentido interés y me ha parecido una buena oportunidad el explorarlo a través de un proyecto propio como este.

# Metodología

Para la realización de este TFG, se ha dividido la metodología en dos ramas. La primera de ellas, una investigación del área de estudio mediante la consulta de fuentes externas. Por otro lado, para la parte de desarrollo propio, se ha seguido la metodología *Design Thinking* (Fig. 1):

## Investigación Área de Estudio



## Design Thinking



Figura 1. Esquema de la metodología del presente proyecto. Fuente: Elaboración propia

## Radiografía y descripción del sector

Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de las principales bases de datos y publicaciones relacionadas con la agricultura, como son los informes y análisis del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), el INE (Instituto Nacional de Estadística), la asociación de agricultores ASAJA, investigaciones de entidades públicas como

universidades. o informes y estudios económicos realizados por empresas privadas.

### **Radiografía y descripción de la agricultura de precisión**

Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de empresas privadas especializadas en el sector, así como noticias, normativa, informes y propuestas de carácter público y privado.

La metodología *Design Thinking* se especificará más adelante en el proyecto. En esta parte, se desarrolla la propuesta de la solución propia mediante el diseño de una aplicación móvil, en la que se ha considerado toda la investigación del área de estudio, además de investigaciones propias de esta etapa.

# Objetivos

El objetivo de este proyecto será aportar una solución de valor que contribuya a la implementación de la agricultura de precisión en España mediante el diseño de una aplicación móvil centrada en el diseño de experiencia de usuario. Con ello, se espera poder contribuir a la optimización de la productividad del sector, reducir el consumo de insumos y los costes asociados a ellos, así como mejorar el impacto medioambiental, social y económico derivado de la actividad agrícola.

Por otro lado, se espera que la solución actúe como intermediaria entre los agricultores y profesionales del sector con las tecnologías de agricultura 4.0, y genere la confianza suficiente en sus usuarios para lograr objetivos reales a medio y largo plazo. Los objetivos sobre los que actúe la solución deberán estar alineados con los objetivos para la transformación digital propuestos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y otros organismos reguladores del sector.



# 1. Radiografía y descripción del sector agrícola

## 1.1. El sector agrícola español

### 1.1.1. Sectores y actividades económicas implicadas

La actividad agrícola en España no sólo supone un pilar fundamental como fuente de alimento imprescindible para la vida y la salud, sino que es un sector fundamental para la actividad del país en el ámbito territorial, social, económico y medioambiental. En el año 2020, la agricultura generó un 3,16% del PIB del país, lo que hace a España la nación con mayor proporción de PIB agrario de la Unión Europea, por delante de Alemania e Italia que cuentan con un 2,1%. [1]

Además, la agricultura no sólo genera riqueza en su propia actividad, sino que su interrelación con otros sectores es clave para el desarrollo de otras actividades básicas para la economía del país. (Fig. 2)



Figura 2. Esquema de la cadena de valor del sector agroalimentario. Fuente: PwC España

Observando el esquema, en el que se toma el sector agrícola como actividad central, se puede apreciar la influencia de este en la atención a la demanda y la cadena de suministro de alimentos en cantidad y calidad suficiente, influyendo

no sólo en el consumo individual o familiar, sino atendiendo a sectores como las superficies de venta, la hostelería, centros educativos, hospitales y residencias, y correspondientemente, a los agentes encargados de su distribución. Por otra parte, la agricultura no sólo atiende al consumo vegetal por parte de las personas, sino que atiende también a las necesidades de alimentación generadas por la actividad ganadera e incluso la creciente producción de biocombustibles.

Otro aspecto a considerar en la cadena de valor es el creciente atractivo turístico que genera la gastronomía del país, la exportación de productos alimenticios de calidad, las Denominación es de Origen y el impacto de las redes sociales y blogs de gastronomía. Se debe considerar también, se sitúa la cadena de suministro de insumos, como son las semillas, fertilizantes, productos fitosanitarios y técnicos especializados en la salud y tecnología vegetal.

La influencia transversal de la actividad agrícola en el conjunto de las diferentes actividades económicas muestra la importancia de la agricultura en la economía del país.

### **1.1.2. Distribución de Superficie de cultivos**

El papel medioambiental y social generado por esta actividad queda reflejado también en su ocupación territorial. En España, se dedican casi 17 millones de hectáreas al cultivo, lo que representa casi un tercio de la superficie del país. No obstante, esta superficie ha decrecido un 1,07% desde 2018. Para entender cuáles son las tendencias del mercado de cultivos en España y la evolución del sector en el suministro de alimento, así como para observar su adaptación a los factores influyentes, se presenta un resumen de estudio sobre una encuesta sobre superficies y rendimientos publicada por ESYRCE (Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos), que abarca desde el año 2004 hasta el 2022.

### 1.1.2.1. Ocupación por superficie según tipo de cultivo

Observando la ocupación por superficie de los distintos tipos de tierra de cultivo de los últimos años (Fig. 3), destaca una disminución notable de un 8,61% en la ocupación de las tierras arables desde el año 2004, entre las que se encuentran los cultivos herbáceos (cereales, leguminosas, tubérculos, industriales, hortalizas...) y de barbecho. [2]

En contraposición, se observa que los cultivos leñosos, entre los que se encuentran principalmente el cultivo del olivo y la vid, han aumentado un 32,5% en el mismo intervalo temporal.

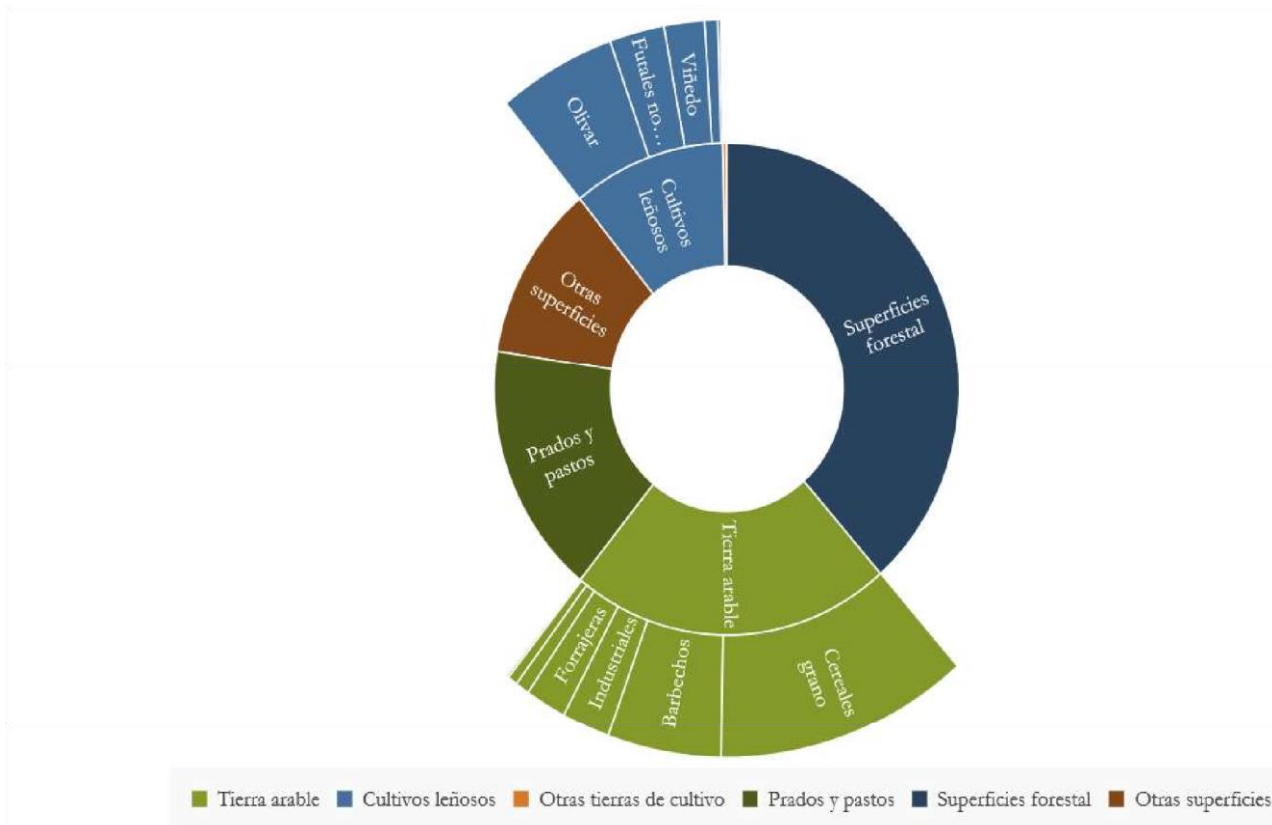


Figura3. Gráfico distribución detallada de la tierra Año 2022. Fuente: ESYRCE (mapa.gob.es)

Este contraste entre el uso de las tierras se debe principalmente a la mejor adaptación de la olivicultura y la viticultura a las nuevas condiciones climatológicas y edafológicas. Las condiciones edafológicas son aquellas



referentes a la capacidad que presenta el suelo de sostener el crecimiento de plantas y otros organismos. Influyen factores físicos como la textura, la permeabilidad, o la profundidad y químicos como el pH, la disponibilidad de nutrientes y la presencia de elementos tóxicos, y otros biológicos como la presencia de microorganismos beneficiosos para el suelo.

Por otro lado, las tierras arables han sido más susceptibles a la urbanización y la erosión del suelo provocada por la sequía. Se suma además el interés promovido por distintas organizaciones de fomentar los cultivos leñosos por la mayor rentabilidad que ofrecen y la capacidad que presentan para generar energía renovable de biomasa.

A pesar de los cambios en los usos agrícolas, todavía existe un porcentaje mayor en la península de cultivo de cereal, ya que, a pesar de ser un alimento que no presenta un gran margen de beneficio para los agricultores, es fácil de producir y no requiere de condiciones muy específicas para su crecimiento ni de muchos cuidados. En este sentido, se presenta una producción más o menos constante a lo largo de los años de trigo blando y semiduro, con una ocupación de superficie actual de 1.903.557 ha, el segundo de mayor ocupación entre los cereales de grano por detrás de la cebada, con 2.384.903 ha. En total, la superficie de grano del país es de 5.946.06 ha.

De hecho, observando el mapa se aprecia que, en el área de Castilla y León, especialmente en las provincias de Valladolid y Palencia, el cereal ocupa de un 33% a un 50,5% de la superficie de la tierra (Fig. 4).

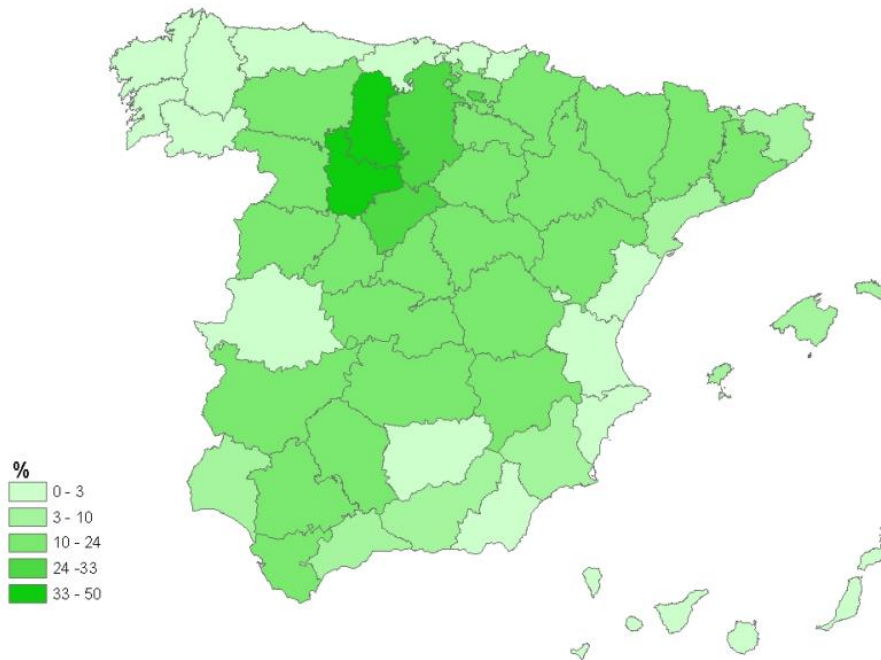


Figura 4. Mapa Superficie de Cereales respecto a la Superficie Geográfica Provincial. Fuente: [mapa.gob.es](http://mapa.gob.es)

Por otro lado, se observa una fuerte caída en la ocupación del viñedo desde el año 2009 que no se ha remontado, en oposición a la superficie del olivar, que ha ido en aumento desde el año 2016. De hecho, el olivar es el cultivo que mayor superficie ocupa de su grupo, con 2.768.267 ha actualmente, dentro de las 5.375.463 que ocupan los cultivos leñosos. Ello se debe a su baja dependencia a la humedad, que ha favorecido la expansión de este cultivo desde las zonas sur de España hacia el norte. Por el contrario, la vid se ha visto perjudicada por sus exigentes necesidades edafológicas. Actualmente, la superficie de viñedo en España es de 948.024 ha.

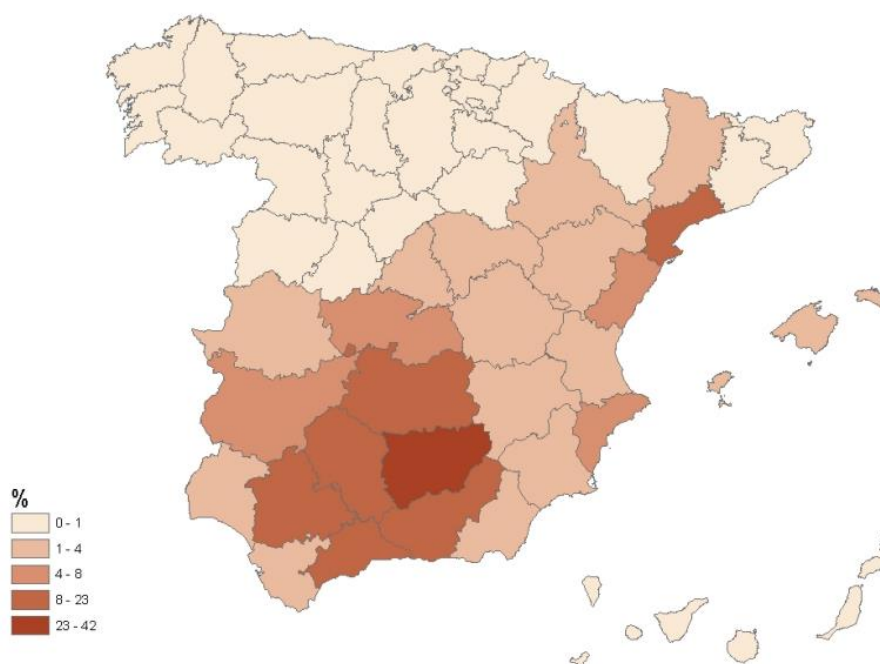


Figura 5. Mapa de la superficie de olivar respecto a la superficie geográfica provincial

(Fig. 5) El olivo alcanza ocupaciones del 23% al 42% en la provincia de Jaén, y un 8% al 23% en otras zonas de Andalucía y la costa mediterránea.

### 1.1.2.2. Ocupación de superficie según tamaño de explotación

[3] Para determinar el tipo de tecnología más adecuada para cada explotación, así como la cantidad y precisión de las mediciones necesarias para optimizar la productividad de los cultivos, es necesario también conocer sus tamaños por superficie más comunes en España.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, el tamaño medio de una explotación agrícola en España es de 26,37 hectáreas. Sin embargo, el tamaño medio en la comunidad de Castilla y León asciende a 63,02 hectáreas, siendo esta la comunidad con el tamaño medio por hectárea más alto del país. A la cola, se encuentra Canarias con un tamaño medio de tan sólo 4,81 hectáreas.

Desde el año 2009 hasta el año 2020, se da un incremento del 7,4% del tamaño medio de la explotación, mientras que el número de explotaciones agrícolas desciende un 7,6% en el mismo rango temporal. El motivo de ello podría ser la tendencia de los últimos años a unificar campos de cultivo contiguos, y el abandono de algunos campos de cultivo debido al abandono generacional o la imposibilidad de continuar la producción en esa superficie por degradación del suelo o el cambio en las condiciones climáticas. Prueba de ello, es el incremento en la Superficie Agrícola Utilizada en cultivos leñosos de entre un 15% y un 24%, ya que presentan mayor resistencia a la subida de temperaturas y sequías, y al aumento de cultivo de invernadero de 42,1%, alcanzando las 65 mil hectáreas. La superficie Agrícola Utilizada en España actualmente es de 23.913.682 hectáreas.

### **1.1.3. Entorno y climatología**

En los últimos años, la agricultura española se ha visto afectada en gran medida por cambios en la climatología a nivel nacional. Según el último informe de IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) nuestros ecosistemas se encuentran actualmente expuestos ante situaciones críticas, especialmente provocadas por el aumento del nivel del calentamiento global, que requieren de una actuación inmediata.

#### **1.1.3.1. Aumento de temperaturas en la Península**

Siguiendo la tendencia actual de la evolución del calentamiento, se prevé que para el último tercio del siglo la Península Ibérica presente un clima desértico y semiárido de tipo cálido por la mitad oriental, mientras que el mediterráneo se expanda hacia el norte hasta ocupar la mayor parte de la zona cantábrica, donde actualmente encontramos un clima oceánico templado (Fig. 6).

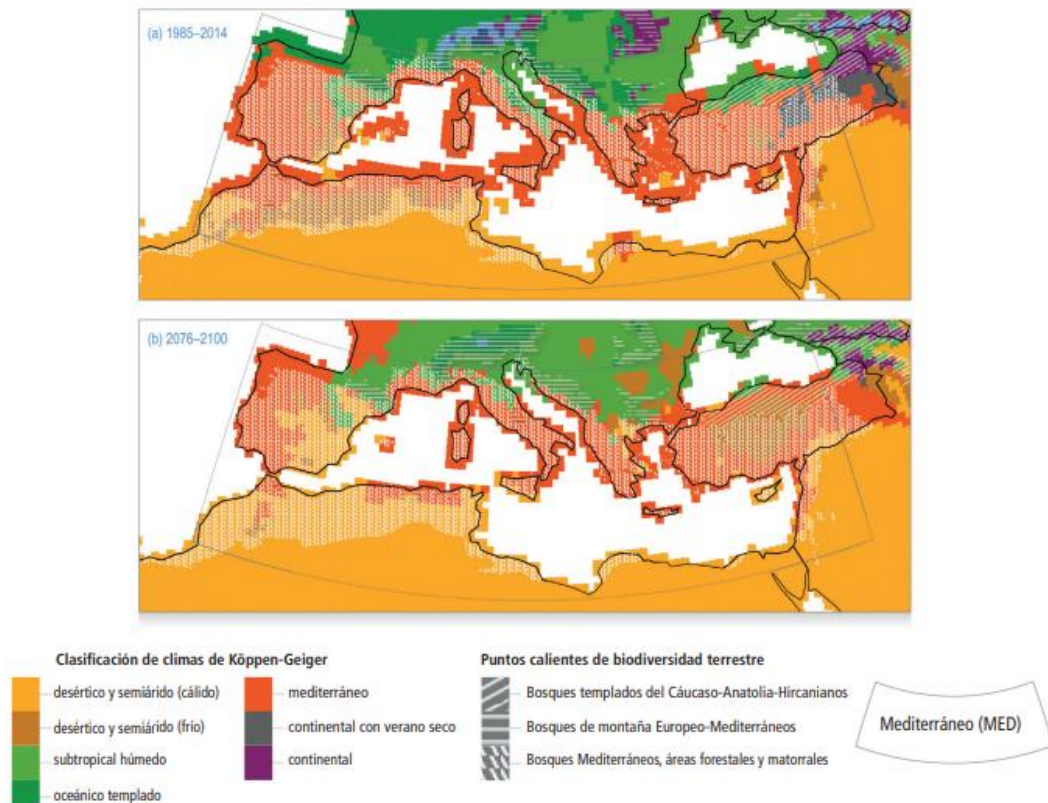


Figura 6. Mapa de evolución del clima en la zona mediterránea en el presente siglo. Fuente: Informe Grupo de Trabajo II del IPCC (2022).

Los rápidos cambios en la climatología a la que se expone el país ocasionarán la pérdida de grandes extensiones de cultivo si las explotaciones no son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones. Adicionalmente, el aumento de temperatura causará un efecto dominó sobre otros factores, como son la pérdida de agua, el cambio temporal de los ciclos de lluvias, que afecta a las épocas de siembra y cosecha, y la aparición de condiciones de temperaturas más extremas, así como un aumento de periodos de sequía o temporales. [4]

Como consecuencia del “efecto invernadero” y de no paliarse este, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes, todos los años se producirán olas de calor extremas en España. El 75% del país se encuentra actualmente en un estado alarmante de sufrir un proceso de desertificación. [5]

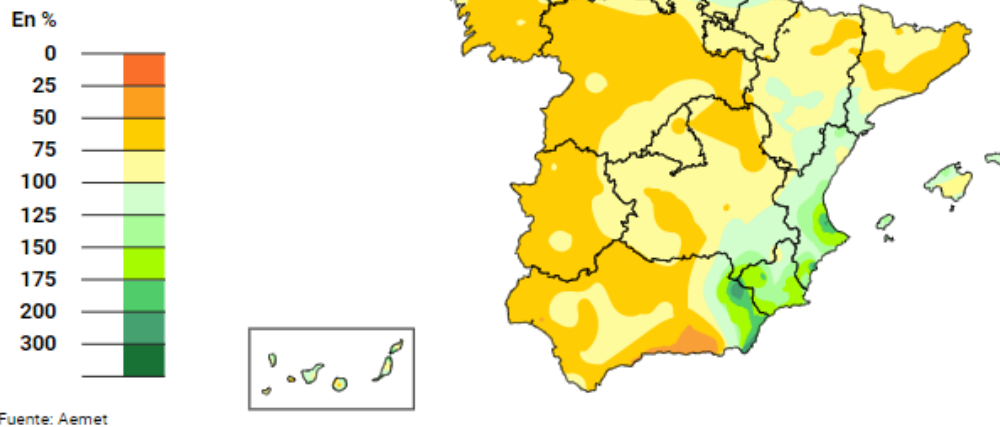
Por otro lado, cabe destacar que la actividad agrícola es responsable del 14% de las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, responsables en parte de este aumento de temperaturas. Por ello, existe un gran margen para adoptar mejoras dentro del sector en cuanto al uso sostenible de recursos y producción para disminuir el impacto que tiene estas emisiones sobre sí mismo y el bienestar del resto de sistemas.

### 1.1.3.2. Sequía en la Península. Impactos

En los últimos tres años, las largas sequías han provocado daños irreversibles a un gran número de explotaciones. Las áreas más afectadas se encuentran en la mitad sur del país. En Andalucía, la región de mayor exportación de alimentos de España, los embalses están al 30% de su capacidad. Los agricultores de cultivos de secano son de los grupos más amenazados, ya que su producción depende del agua de lluvia y no cuentan con sistemas de regadío auxiliares. Este modelo de agricultura tiende a desaparecer, debido a la gran dependencia del riego artificial en la que se encuentran las explotaciones del país. [6]

En la figura (Fig. 7) podemos apreciar cómo ha disminuido la precipitación en los últimos años, donde las zonas más afectadas por este cambio son aquellas en la parte oeste del país.

**Porcentaje de precipitación acumulada en el año hidrológico 2021-2022 respecto a la media del período 1981-2010.**



*Figura 7. Mapa Porcentaje de precipitación acumulada en el año hidrológico 2021-2022 respecto a la media del período 1981-2010. Fuente: Aemet*

Además, la sequía tiene un impacto social creciente en España, ya que contribuye a una mayor concentración de población en zonas urbanas, el aumento de la población estacional, el uso inadecuado del agua, a lo que se suma la falta de iniciativas políticas y los obstáculos culturales. El sector ganadero también está siendo gravemente afectado por la escasez de agua. [7]

Considerando que la agricultura es uno de los sectores que más agua dulce consume, llegando a alcanzar actualmente valores entre el 60 y el 70% del total del consumo de agua en nuestro país, y debido a la tendente desaparición de los cultivos de secano, se prevé que para el año 2050 estos porcentajes aumenten en un 19%. [8]

Recientemente, el pasado 11 de mayo de 2023, el Gobierno ha aprobado un plan de ayuda urgente de 2.910 millones de euros para hacer frente al impacto de la sequía. La previsión es que no se esperan lluvias significantes hasta el mes de septiembre en este año. Esta cantidad se destinará en parte a grandes proyectos de infraestructuras hídricas y a subvencionar hasta el 70% del coste de las pólizas

a los agricultores que incluyan la cobertura por riesgo de sequía, especialmente en cultivos de secano. [9]

Esta media muestra la situación de alto riesgo a la que se expone el sector agrícola. Se estima que en el país ya se han perdido cinco millones de hectáreas de cereales de secano debido a este problema. Que un sector productivo sea tan dependiente de financiación y ayudas externas para poder seguir adelante, revela la necesidad de un cambio en los métodos que se emplean en estas actividades hasta la actualidad. Por ello, resulta fundamental reestructurar y optimizar el uso del agua empleado en la agricultura, ya sea mediante técnicas de riego localizado, o prácticas más sostenibles en las que se evite que el agua empleada sea contaminada por productos químicos como algunos fitosanitarios, que llegan a alterar también la salubridad y características del suelo.

### 1.1.3.3. Implicaciones y consecuencias

El cambio climático supone una amenaza para el sector agrícola a varios niveles:

- Previsión imprecisa del clima, afectando a la planificación de actividades agrícolas.
- Aumento de plagas y enfermedades y aparición de estas donde antes no existían.
- Desplazamiento de variedades vegetales no autóctonas a zonas nuevas.
- Disminución de grupos de biodiversidad más frágiles.
- Desequilibrio en la producción de alimento por regiones.
- Sequía.
- Reducción de la tierra arable.
- Aumento del nivel del mar, afectando a la agricultura de costas e islas.



Cabe destacar que España es de los países con mayor exposición a los efectos derivados del cambio climático por su condición peninsular y su ubicación en la cuenca mediterránea (Fig. 8), considerando el aumento de temperatura, la sequía, las inundaciones, el grado de severidad de las tormentas, el aumento del nivel del mar y el compromiso político por gestionar el cambio climático.

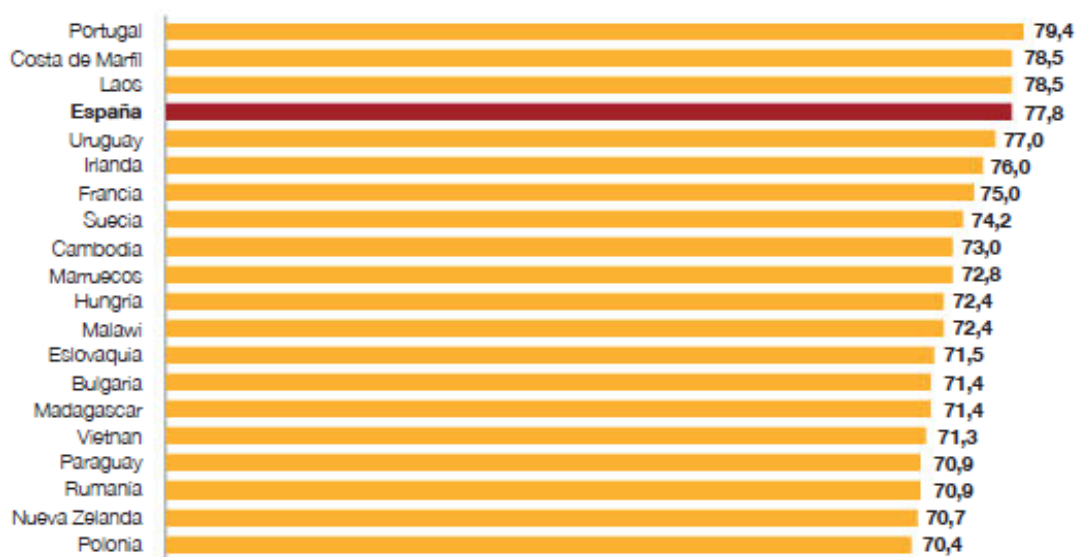


Figura 8. Gráfica de Ranking de los países con mayor exposición a los efectos derivados del cambio climático. (0,00= sin efectos, 100= grandes efectos). Fuente: The Economist Intelligence Unit

Para hacer frente a estas complicaciones, cada vez más agricultores y empresas optan por contratar servicios o adquirir dispositivos propios de la tecnología de agricultura de precisión. Sin embargo, no siempre se puede hacer frente a las repercusiones del cambio climático mediante la incorporación de la tecnología o alteración de las condiciones naturales en las que crece la planta.

#### 1.1.3.4. Caso real de impacto. El cultivo de la vid

España cuenta con la mayor superficie de cultivo de viñedo a nivel mundial. Es el exportador principal a nivel global en términos de volumen, y el tercer exportador internacional en términos de valor, por detrás de Francia e Italia. [10]

La actividad vinícola en España es uno de los sectores productivos más influyentes del país, no sólo dentro de su marco económico, gracias al empleo que genera y al papel que desarrolla en exportación a nivel internacional, sino también por la amplia extensión de su cultivo a nivel nacional en un gran número de comunidades autónomas, lo que contribuye a conservar el medioambiente y el entorno rural. [11]

En la región de Castilla y León, el interés económico por esta actividad es indudable. La región genera 1.000 millones de euros anuales con la explotación de este sector, lo que representa el 1,8% del PIB de la comunidad. Además, según datos de la Federación Española del Vino (FEV), en el año 2022 empleaba alrededor de 19.000 trabajadores, de los cuales 15.000 son viticultores y 3.500 empleos directos generados por los productores. Estos empleos incluyen a viticultores, bodegueros, enólogos, técnicos de laboratorio, trabajadores de bodega y de viñedos, comerciales, distribuidores y otros profesionales relacionados con la industria del vino. El sector también genera empleos indirectos en áreas como el turismo y la hostelería, que se benefician del atractivo de las regiones vitivinícolas y de la promoción de sus vinos. [11]

Sin embargo, esta actividad se encuentra en riesgo debido al cambio climático que azota a la agricultura del país. Como consecuencia a las inestables condiciones climáticas en la mitad sur de la península para la producción vegetal, la solución para muchas explotaciones ha sido desplazar los cultivos a la zona norte de España, donde las temperaturas son más bajas durante la noche, y se mantienen altas durante el día. Estas prácticas han sido muy visibles en varios tipos de cultivo, pero especialmente recurrentes para las explotaciones vitivinícolas.[12]

Otros métodos de adaptación a las altas temperaturas en la mitad sur de la península para la vid, ha sido agregar levaduras sintéticas para alterar su pH y

adelantar hasta 20 días la vendimia, ya que el ciclo de la vid se veía acortado por la pronta maduración de las uvas. Esto se traduce en un vino más amargo y de peor calidad y pureza, y como resultado, la mayoría de clientes han mostrado un desinterés por los vinos producidos mediante estas técnicas, lo que implica que estas medidas no han resultado muy exitosas. [13]

El interés en cultivar la vid en altas temperaturas diurnas y bajas temperaturas nocturnas, no es otro que favorecer la actividad natural fotosintética de la planta. A altas temperaturas diurnas, la planta muestra mayor tasa fotosintética, lo que se traduce en una mayor rapidez en el metabolismo de los ácidos y producción de aromas. Por otro lado, a temperaturas nocturnas bajas, la degradación del ácido málico de la planta es más lenta. Cuando el ácido málico es degradado lentamente, permite que la planta tenga una mejor capacidad de regular la acidez en el fruto y puede contribuir a una mayor estabilidad del vino. Además, la degradación lenta del ácido málico también puede ayudar a mejorar la suavidad del vino y reducir la percepción de acidez en el paladar. [13]

Una temperatura baja nocturna también afecta a una mejor retención de los azúcares y un metabolismo más lento de componentes como los antocianos. Los antocianos son un tipo de pigmento vegetal responsable de los colores rojos, violetas y azules en las hojas, flores y frutas de muchas plantas. [13]

Es conveniente que una planta metabolice lentamente los antocianos porque estos pigmentos juegan un papel importante en la protección de la planta contra el daño causado por la luz solar y otros factores ambientales. La presencia de antocianos puede influir en la calidad y el sabor de la fruta. En caso contrario, puede retener estos pigmentos por más tiempo, lo que ayuda a proteger la fruta contra el daño causado por la exposición a la luz solar y otros factores ambientales. Además, la presencia de antocianos en la fruta puede afectar positivamente su sabor, aroma y valor nutricional. [13]

Este caso demuestra que, a pesar de poder disponer de medios para paliar las repercusiones del cambio climático, como puede ser la alteración de las plantas mediante productos fitosanitarios o el uso de otras tecnologías, no siempre se podrá disponer de un remedio que actúe de igual manera para la planta que en ausencia del problema, ya que la tecnología tiene sus límites. Por tanto, es siempre conveniente actuar de manera preventiva antes que curativa, y hacer frente al cambio climático antes de que las repercusiones que tenga este sobre las tierras arables sea irreversible.

## **1.2. La agricultura de precisión en España**

### **1.2.1. Qué es la Agricultura de Precisión**

La agricultura de precisión, agricultura 4.0 o *Smart Farming* es una práctica agrícola que se apoya en el uso de tecnologías avanzadas para controlar y optimizar los procesos de producción. En vez de aplicar la misma cantidad de insumos en una explotación completa, la agricultura de precisión tiene en cuenta variables y condiciones específicas de cada zona de la explotación y adaptará el método de tratamiento en base a las distintas condiciones para hacerlo más eficiente. De esta forma, se incrementa la cantidad y calidad del producto agrícola mientras se reduce significativamente el uso de agua, energía, fertilizantes, pesticidas o carburante, entre otros. El objetivo principal de ello es el ahorro de costes, reducir el impacto ambiental y producir más y mejor alimento a través de este ahorro de inputs. [14]

En España, la implementación de la agricultura de precisión ha ido en aumento en los últimos años, con el objetivo de mejorar la productividad y la rentabilidad de las explotaciones, reducir el impacto ambiental de la agricultura y adaptarse a los retos del cambio climático. Según un estudio realizado por la empresa

*AgriMarket*, en el año 2016 un 45% de las explotaciones agrícolas españolas utilizaba tecnologías de agricultura de precisión, mientras que en el año 2020 esta cifra se situaba en el 58%. Por otro lado, en los últimos años, las inversiones en empresas agro-tecnológicas han aumentado en un 82%. [15, 16]

La agricultura de precisión se introduce en España en la década de los años 90, con la aparición de los primeros equipos de posicionamiento global (GPS) y sistemas de información geográfica (SIG). En la década de los 2000, se produjo un gran avance en el desarrollo de estas tecnologías, motivado por el aumento del coste de los insumos (semillas, maquinaria, combustible, pesticidas, agua, mano de obra, etc.) y la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de estos. Se desarrollaron tecnologías que permitían el control de las máquinas agrícolas mediante sistemas de navegación por satélite, la monitorización de la humedad del suelo y la medición de parámetros climáticos, entre otras.

En los últimos años, esta práctica ha seguido evolucionando en España gracias a la aparición de nuevas tecnologías, como los drones y los sensores remotos, que permiten una monitorización más precisa y rápida de los cultivos. También se ha desarrollado sistemas de información y herramientas de análisis de datos que permiten una toma de decisiones más eficiente. No obstante, siguen existiendo algunas barreras que ralentizan el desarrollo de estas tecnologías y diferencias con respecto a otros países, donde la agricultura de precisión está más implementada.

## **1.2.2. Retos de la implementación de la agricultura de precisión en España**

A pesar del avance positivo en su implantación, nuestro país aún se enfrenta a algunos retos para ampliar el uso de la agricultura de precisión. Analizando el momento en el que nos encontramos en cuanto a su grado de aplicación,

podemos detectar los puntos clave sobre los que trabajar para aportar soluciones útiles y adaptadas a las circunstancias reales a las que se encuentra el sector. Estos retos surgen desde el ámbito social, técnico, legal y normativa, económico-financiero e infraestructuras.

Algunos de los desafíos detectados son:

- **Falta de formación y capacitación.** Uno de los principales retos que enfrenta la agricultura de precisión en España es la falta de formación y capacitación de los agricultores. A menudo, los agricultores no tienen la formación necesaria para comprender y utilizar adecuadamente la tecnología de agricultura de precisión. Más allá de la implantación de dispositivos extraños a aquellos con los que acostumbran a trabajar, es difícil entender y familiarizarse con los objetivos de aplicación que tienen de primera mano, ya que son términos actuales y de aplicación técnica especializada.
- **Coste elevado de la tecnología.** Aunque los costes de esta tecnología han disminuido en los últimos años, sigue siendo una inversión significativa para muchos agricultores. El alto coste de la tecnología puede impedir que algunos agricultores adopten estas técnicas, ya que, aunque lo más habitual es que se logre rentabilizar la adquisición o contratación de estos servicios, se suele dar un primer momento en el que se puede desconfiar de su eficacia. Por otro lado, cabe destacar que el coste de implantación de esta tecnología no es homogéneo en todo el territorio. Existen diferencias notables entre regiones y sectores, así como entre el tamaño de las explotaciones y el tipo de cultivo. Por ejemplo, según un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, en 2020, el coste medio de la implantación de tecnología de precisión en una explotación de viñedo en La Rioja fue de alrededor de 1.300 euros

por hectárea, mientras que, en una explotación de secano en Castilla y León, el coste medio fue de unos 300 euros por hectárea. [17]

- **Dificultades en la recopilación y gestión de datos:** La agricultura de precisión implica la recopilación y gestión de grandes cantidades de datos. Existe una falta de estándares y protocolos para la recopilación y gestión de datos, lo que dificulta su integración y análisis, especialmente cuando trabajan a la vez dispositivos de distintos tipos sobre una misma medición de parámetro.
- **Protección del dato.** Por otro lado, la gestión de estos datos también acarrea una garantía de seguridad y privacidad de estos. Para ello, habrá que prestar gran atención al almacenamiento de los datos, la propiedad intelectual de su tratamiento, y asegurar una política segura para los clientes en cuanto a la gestión y utilización de los datos recogidos de sus cultivos. Si este aspecto no llega a desarrollarse adecuadamente, podría generarse desconfianza hacia la tecnología por parte de los potenciales clientes. Además, la consecución de las tareas relativas a la protección del dato también conlleva una inversión económica mayor.
- **Limitaciones en la conectividad.** Para poder utilizar eficazmente la agricultura de precisión, es necesario tener una conexión de alta velocidad y una buena cobertura de red. Sin embargo, en algunas áreas rurales de España, la conectividad puede ser limitada o inexistente, lo que dificulta la aplicación de esta tecnología. A pesar de ello, existen alternativas móviles a los problemas de conectividad, como las tecnologías de geoposicionamiento RTK y RTX. Estas tecnologías resuelven los problemas de conectividad en superficies agrícolas mediante la utilización de una red de estaciones base o terrestres que proporcionan correcciones de señal y técnicas de corrección diferencial a tiempo real a las GNSS

(*Global Navigation Satellite System* ) para mejorar la precisión del posicionamiento en el campo. [18]

- **Resistencia al cambio.** La agricultura en España tiene un fuerte arraigo y una larga tradición. Muchos agricultores tienen un enfoque tradicional y no creen en una necesidad de cambio en la metodología de las actividades.
- **Normativa agrícola no adaptada a la presencia de las tecnologías.** A pesar de las grandes ventajas que aportan los drones en la aplicación de productos fitosanitarios en, por ejemplo, zonas de difícil acceso, no ha sido hasta recientemente que la legislación española ha aprobado el uso de estos dispositivos como forma de tratamiento aéreo. Por otro lado, las normas EPPO sobre la evaluación de la eficacia, que miden la cantidad de dosis mínima efectiva de productos de sanidad vegetal, no contemplan el valor que aportan las tecnologías de agricultura de precisión, como el uso de sensores que permiten detectar el foco del problema y dosificar producto únicamente en esa zona, lo que reduciría la dosis mínima que estipula la EPPO, y por tanto se disminuiría el impacto ambiental que generan estos productos químicos sobre la salud de la tierra y del consumidor.

En el posterior desarrollo de este proyecto, se tendrá en cuenta estos puntos para alcanzar soluciones tecnológicas mediante el uso agricultura de precisión que sean viables y resulten rentables en nuestro país, con el fin de minimizar el impacto que tienen estos problemas en las perspectivas a futuro de la agricultura española.



### **1.2.3. Perspectiva a corto plazo de la implementación de la agricultura de precisión en España**

La rentabilidad de la aplicación de la agricultura de precisión en los cultivos depende de varios factores, como el tipo de cultivo, la disponibilidad de tecnología, la experiencia del agricultor y las condiciones del mercado. En general, se considera que la agricultura de precisión es más rentable en cultivos de mayor escala, ya que permite optimizar los costes y aumentar la eficiencia de la producción donde es más difícil detectar las zonas afectadas o cubrir los daños que se puedan generar por una tardía intervención o detección o una solución ineficaz.

Sin embargo, la rentabilidad de la agricultura de precisión también puede variar dependiendo del tipo de cultivo y de las características específicas de cada explotación agrícola. En algunos casos, la agricultura de precisión puede ser rentable incluso en explotaciones pequeñas.

Para valorar los métodos de digitalización de la agricultura, el Ministerio de Pesca, Agricultura y Alimentación ha elaborado y presentado un Plan de Estrategia de Digitalización para el Sector Agroalimentario, Forestal y el Medio Rural, en el que se recogen y definen las líneas estratégicas y medidas necesarias para impulsar la transformación digital en el sector. [19]

#### **1.2.3.1. Estrategia de Digitalización del MAPA**

Este plan fue expuesto en septiembre de 2020 con la perspectiva de lograr una serie de objetivos en los años siguientes. Sigue la línea de los diez puntos planteados por la declaración de Cork 2.0 de 2016, desarrollados en la Conferencia Europea sobre el Desarrollo Rural, en los cuales se tratan de abordar puntos de mejora para la vida rural. [20]

La estrategia de digitalización se compone de tres objetivos principales, dentro de los cuales se desarrollan otros puntos correspondientes en los que se expone de forma más concreta cómo abordar los puntos de la declaración de Cork desde una perspectiva más actualizada. [19]

El desarrollo de esta estrategia también se fundamenta sobre el Informe DESI (Índice de la Economía y la Sociedad Digitales) de 2018. Este índice mide el progreso de los países de la UE hacia una economía y sociedades más digitalizadas. Según este informe, España ocupaba el puesto número 10 de 28 Estados miembros de la UE en 2018, aunque en el último informe de 2022 se constata que se ha alcanzado el séptimo puesto. [21]

### Objetivo 1. Reducir la brecha digital

Según el último Informe DESI, España ocupa el tercer puesto en conectividad por segundo año consecutivo. También destaca la mejora de integración de las tecnologías digitales, área en el que se ha avanzado cinco puestos en los últimos cinco años. Actualmente, se ocupa el puesto número 11 (Fig. 9). [21]

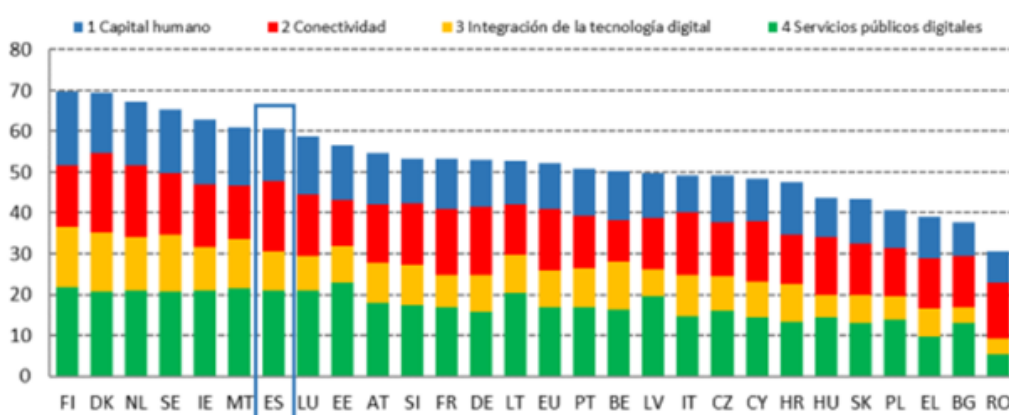


Figura 9. Gráfico índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI), clasificación de 2022. Fuente: [administracionelectronica.gob.es](http://administracionelectronica.gob.es)

Para la consecución de este objetivo se plantean dos líneas estratégicas:

1. La primera se centra en la mejora de la **conectividad** entre agentes y dispositivos implicados en la actividad mediante mejoras en infraestructuras. En este sentido, ya se ha notado una amplia mejora en el alcance de la velocidad de fibra óptica y conexión 5G en las áreas rurales.
2. La segunda línea se enfoca hacia la **capacitación** del sector. Abarca desde el impulso para la inclusión de la digitalización en la formación reglada, la adquisición de competencias nuevas relativas al caso, y la atracción de jóvenes y mujeres capacitados y técnicamente formados como habitantes y trabajadores activos del medio rural.

**Objetivo 2. Fomentar el uso de datos.** A través de este objetivo se busca fomentar el uso de datos en el sector agrícola y pesquero mediante la creación de una infraestructura de datos común que permita la recolección, análisis y utilización de información de manera eficiente y efectiva. Esto incluye la implementación de soluciones tecnológicas que permitan la recopilación automatizada de datos, la estandarización de los mismos, y su posterior análisis y uso para la toma de decisiones. Además, se promueve la colaboración entre diferentes agentes del sector, la apertura de datos y la mejora de la capacitación y formación de los profesionales del sector para el uso de estas tecnologías. El objetivo final es mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector agrícola y pesquero a través del uso de datos.

Para la consecución de este objetivo se plantean tres líneas estratégicas:

La **Interoperabilidad** como vía a una mejor capacidad para la toma de decisiones. Por interoperabilidad se entiende el acuerdo en lenguajes comunes y compatibles en el registro y uso de los datos. Para ello, se necesita del desarrollo de nuevas plataformas que unifiquen la forma de registro de los datos. Esto abrirá las puertas a los agricultores a poder elegir la fuente de datos, dentro de un mercado

compatible en cuanto al servicio que prestan los competidores para poder comparar resultados entre varias fuentes y así conseguir resultados de mayor fiabilidad.

Formar una red de **Datos Abiertos** en las Administraciones Públicas e investigación para así fomentar la transparencia, colaboración y participación entre los agentes implicados e interesados.

Una compartición de **Datos De La Cadena De Valor y Medioambientales** en alianza con la Comisión Europea. Esto implica la recopilación de información sobre la producción, transformación y comercialización de los productos, así como los impactos medioambientales asociados, y su integración en una plataforma de datos que permita su análisis y utilización por todos los países interesados en la toma de decisiones. Además, se fomenta la colaboración entre los diferentes agentes de la cadena de valor para la recopilación y compartición de datos, la estandarización de estos y la mejora de su calidad.

**Objetivo 3. Impulsar el desarrollo empresarial y los nuevos modelos de negocio.** Mediante este objetivo se pretende crear estrategias tecnológicas en colaboración con el sector primario para alcanzar soluciones digitales de valor para el sector. Se propone romper con la brecha entre la tecnología y la industria agroalimentaria a través del acercamiento de las nuevas tecnologías a este sector, para que también este pueda beneficiarse de lo que puede ofrecer. Para la consecución de este objetivo se plantean cuatro líneas estratégicas:

1. **Fomento de los Centros de Innovación Digital (DIH)** para la mejora del rendimiento empresarial y la operación de estos centros a nivel regional, nacional y europeo.
2. **Compra Pública Innovadora** de bienes y servicios innovadores para el impulso de difusión e intercambio de información.

3. Fomento de la colaboración entre centros de conocimiento, *startups*, empresas tecnológicas y empresas del sector.
4. **Apoyo a la implantación de la metodología *LivingLabs* en España**, espacios físicos o virtuales donde se llevan a cabo experimentos, pruebas y evaluaciones de tecnologías y soluciones innovadoras en un entorno controlado y en colaboración con usuarios y otros actores relevantes.

### **1.2.4. Fases de la Agricultura de Precisión**

La agricultura de precisión comprende desde la analítica y gestión de datos, conocida como *Big Data* y la robótica desarrollada para generar y recoger esa información a tiempo real, hasta la valoración y toma de decisiones relacionada con los datos obtenidos. Podemos dividir este proceso en cinco etapas [22]:

1. **Toma de datos.** Tomados de uno o más medidores capacitados para esta tarea. Existen una gran variedad de dispositivos asociados a esta tecnología disponibles en el mercado, desde maquinaria agrícola IoT, estaciones meteorológicas, hasta drones especializados. No obstante, valorando el modelo de agricultura que nos encontramos en España (tipo de suelo, tamaño, tipo de cultivo, plagas frecuentes, condiciones climatológicas...), se puede hacer una selección de aquellos más indicadas para su aplicación en nuestro terreno, que serán detallados más adelante. Hay que tener en cuenta, además, que estos dispositivos a menudo coinciden entre ellos en la capacidad de medición de ciertos parámetros mediante métodos diferentes. En línea con la estrategia digital ya comentada y propuesta para este sector, se espera que pronto se pueda hacer un análisis de datos que recoja las métricas de dos o más dispositivos para cierto parámetro de forma sencilla y homogeneizada, y así poder reducir el margen de error mediante la comparación entre ellos.

Por otro lado, se estima que en el corto plazo el tamaño medio de las explotaciones aumente y tiendan a unificarse las contiguas unas a otras, lo que modificará los sistemas de toma de datos e interpretación en comparación con los más recomendables para el presente. También deberá tenerse en cuenta la inversión en formación y empleo joven por el que se aboga en los próximos años (Fig. 10). No obstante, no debe dejarse de lado a los trabajadores de mayor edad y menor formación que actualmente viven de sus cultivos, ya que pasaremos por una etapa de transición en la que todo agente relacionado con la actividad agrícola debe sentirse acogido por las nuevas implementaciones digitales en la medida de lo posible. [23]

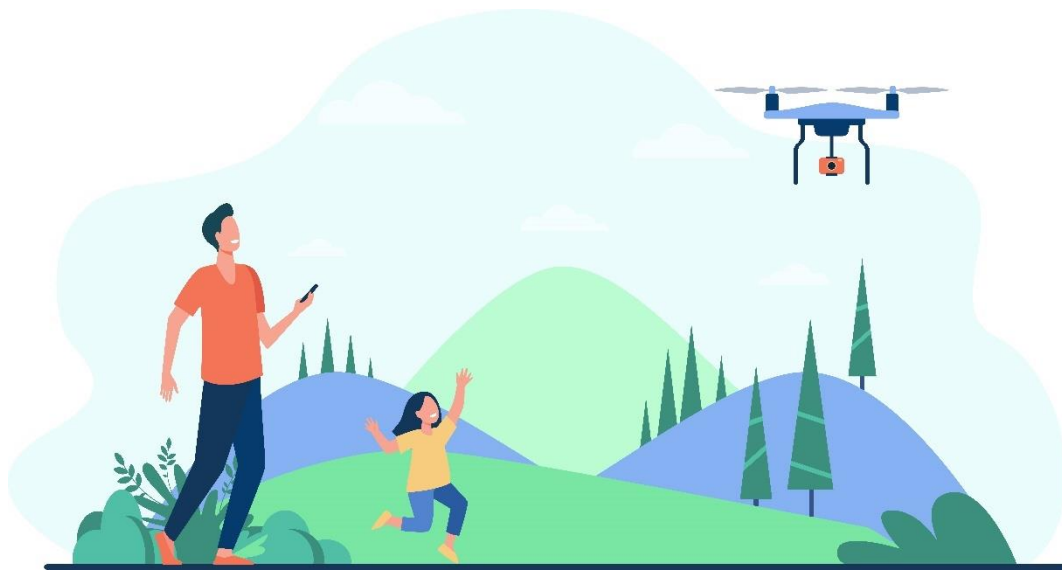


Figura 10. Evolución generacional del sector desde la perspectiva de una agricultura más digitalizada.  
Fuente: Elaboración propia

2. **Análisis e interpretación de datos.** Para que la toma de datos tenga utilidad, es necesario hacer un estudio de ellos y organizarlos para conseguir una mejor interpretación. Por ejemplo, en el ámbito de la teledetección mediante satélites y drones, es común contar con mapas de prescripción que permiten visualizar cada parcela. Estos, ayudan a establecer los límites entre las parcelas y programar futuras cosechas gracias a los datos registrados.

2.1. **Machine Learning.** Se trata de un método que permite formular unas reglas a partir de datos de entrada y modelos de respuesta basados en experiencias existentes o pasadas. Actualmente, su uso está muy extendido debido a la popularización de las inteligencias artificiales. En agricultura de precisión, el análisis de datos e interpretación se basa en la interpretación de patrones que se pueden extraer de los datos y el aprendizaje reforzado a partir del cual se generarán las decisiones.

3. **Toma de decisiones.** Los softwares de soporte de decisiones o DSS son considerados uno de los agentes más relevantes en la agricultura inteligente. Uno de los modelos más comunes en este sector es el DSSAT (Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de la Agrotecnología). Este software cuenta con 42 modelos de simulación sobre los que se puede casi replicar una parcela física y observar cómo actúa bajo ciertas condiciones. Cabe destacar que, cuantos más factores externos no controlables intervengan, como las condiciones meteorológicas, más complejo es la red de toma de decisiones. En cambio, en un espacio donde casi todos los parámetros pueden ser controlables, como en un invernadero, este se vuelve mucho más sencillo. [24]

3.1 **Sistemas de Alerta Temprana (SAT).** Son un conjunto de herramientas que emiten señales a tiempo real de un suceso que pueda provocar impactos negativos. Cuando detectan una amenaza, se identifica a qué o a quiénes puede afectar, y se notifica al responsable para finalmente actuar con una estrategia que permita minimizar los daños (Fig. 11). En agricultura de precisión, los SAT han sido de gran utilidad para notificar a los agricultores la previsión de un cambio meteorológico brusco, teniendo en cuenta además el aumento en el número de estos desde finales del siglo pasado. También se emplean en la alerta de accidentes

en averías en maquinaria, ineficiencia de la aplicación de productos sanitarios, aguas contaminadas, la presencia de cuerpos extraños, riesgo de plagas, o un aumento de elementos contaminantes en el ambiente. [24]

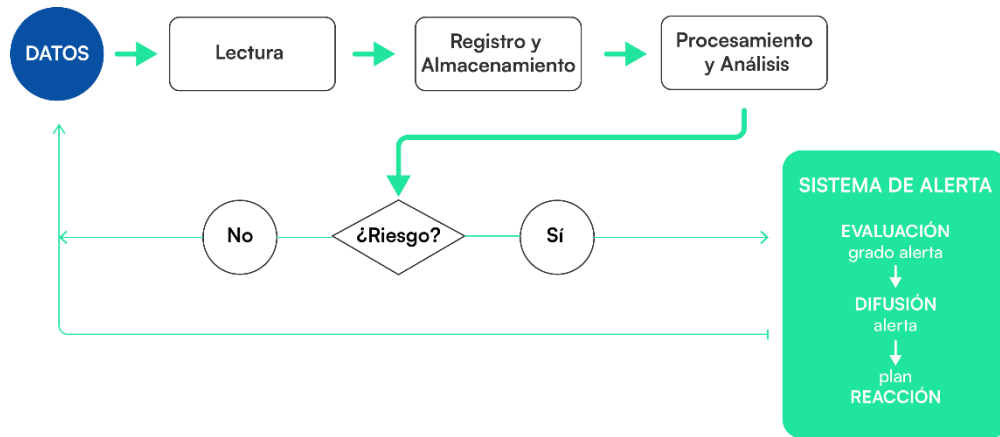


Figura 11. Esquema Secuencia de activación de los Sistemas de Alerta. Fuente: Elaboración propia.

3.2 **Sistemas de recomendación.** Los sistemas de recomendación se relacionan con las reglas aprendidas a partir del *Machine Learning*, ya que nacen de las predicciones de las tendencias y preferencias del usuario aprendidas. Su aplicación se extiende desde el ámbito del marketing y la publicidad, hasta la agricultura de precisión, en la que se emplea un sistema de filtrado híbrido, basado en el filtrado de contenido (enfermedades, temperaturas, datos de riego registrados) y el filtrado colaborativo (basado en las preferencias entre usuarios parecidos).

4 **Aplicación y actuación.** Tecnología de Aplicación Variable de insumos (VRT). Esta tecnología permite distinguir entre el suministro de insumos según las necesidades de cada zona. Tras la captura de datos con los sensores, se puede optar por dos técnicas de actuación: actuación en base a información de los mapas o a tiempo real. En el caso del método basado en mapas, se elaboran los mapas de prescripción tras la recopilación de datos. Estos mapas



los veremos más adelante con el cálculo de índices de vegetación derivados de las imágenes satelitales. Para este procedimiento, se debe poder controlar la ubicación de la máquina en el momento de la aplicación del producto para y ordenar qué cantidad de insumo depositar y a qué velocidad. Para ello, se sigue la regla de las 4Rs, por la que se debe atender a cuatro puntos básicos: tipo de producto (*Right Source*), cantidad adecuada (*Right rate*), dónde (*Right Place*) y en qué momento (*Right Time*). [25]

- 5 **Valoración de la eficacia del proceso.** Tras haber realizado cada uno de los pasos previos, se debe hacer un balance de rendimiento de la maquinaria y dispositivos empleados, así como un estudio económico y un balance energético. Esto ayudará a comprobar la efectividad de las técnicas aplicadas, y realizar mejoras en el caso de que sea posible, para que las siguientes actuaciones sean más efectivas.

### **1.2.5. Tecnologías básicas aplicables a la toma de datos**

En la actualidad, podemos encontrar la agricultura de precisión aplicada en una gran cantidad de cultivos en España, especialmente en cultivos donde existe un gran interés económico y una presentación al mercado internacional más cuidada, como los productos vinícolas. Existe una amplia gama de tecnologías compatibles con el modelo de agricultura español. [26]

Una de las aplicaciones más compatible, considerando el esfuerzo económico que supone incorporar estas tecnologías, es el análisis a través de imágenes satelitales gracias al bajo coste asociado y la alta disponibilidad de estas, ya que existen un alto número de bases de consulta para casi todas las zonas geográficas terrestres. Estas permiten a los agricultores, junto con las herramientas para su interpretación, distinguir de forma precisa las zonas con problemas, decidir qué

método aplicar y calcular el mejor momento para ello. De forma compatible pueden incorporarse otras tecnologías como drones, sensores o estaciones climatológicas, dependiendo de las necesidades de cada cliente.

A continuación, veremos qué parámetros podemos medir con cada uno de estos dispositivos y qué diferencias y ventajas ofrecen unos respecto de otros.

### 1.2.5.1. Imágenes espaciales satelitales

Existe una gran cantidad de base de datos de satélites disponibles de uso abierto para la medición de parámetros agrícolas. Uno de los satélites con sistema MSI (*MultiSpectral Instrument*) más empleados para la agricultura es la misión Sentinel-2 del programa Copernicus de la ESA (*European Space Agency*) (Fig. 12). Esta misión consta de dos satélites idénticos en la misma órbita, equipados con cámaras multiespectrales de alta resolución y un campo de visión de 290 km de ancho. Cada cinco días los satélites habrán cubierto completamente las superficies terrestres, islas y aguas costeras. En adelante, estos satélites serán los que se tomen como referencia para las imágenes y cálculo de índices de campo utilizados en este proyecto. [27]



Figura 12. Imagen del Satélite Sentinel-2 de la ESA. Fuente: ESA.

Tras obtener las imágenes, es necesario hacer una interpretación de estas para que puedan ser de utilidad. Para ello, se hace uso de herramientas específicas de cálculo que procesan estos datos, como son los índices de vegetación.

Los índices de vegetación definen, a partir de combinaciones matemáticas de dos o más bandas espectrales medidas por un sensor de la reflectancia espectral de la vegetación, la presencia o no de árboles y plantas y su estado general. Esta herramienta permite aumentar el contraste entre la vegetación, que tiene una alta reflectancia, y el suelo desnudo, estructuras o elementos no vivos. A continuación, se enumeran algunos de ellos.[27]

- **NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).** Es uno de los índices más utilizados en observación remota desde la década de los años 70. Se trata de un indicador de la presencia de vegetación respecto a elementos no vegetales y su estado, además de permitir detectar cambios anormales en el proceso de crecimiento. Para calcular el NDVI se compara matemáticamente la cantidad de luz roja visible y la luz infrarroja cercana reflejada (Fig. 13). El pigmento de clorofila en una planta sana absorbe la mayor parte de luz roja visible, mientras que la estructura celular la refleja. Por tanto, una planta con alta actividad fotosintética reflejará más luz roja. [27]

$$NDVI = \frac{NIR - Rojo}{NIR + Rojo}$$

*Figura 13. Ecuación NDVI donde NIR es la luz del infrarrojo cercano y Rojo es la luz roja visible*

Para estimar el grado de salud de la planta, se mide el valor de su NDVI y se compara con una escala comprendida entre [-1, 1] (Fig. 14).

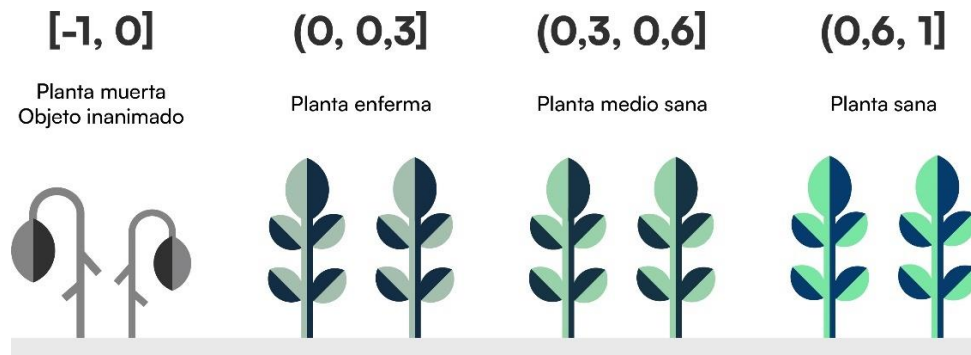


Figura 14. Valores NDVI según salud de la planta. Fuente: Elaboración propia

Una imagen NDVI se representa como un mapa de colores, donde cada color corresponde a un cierto rango de valores. No existen unos colores estándar, pero generalmente se usa el “rojo-verde”. (Fig. 15)

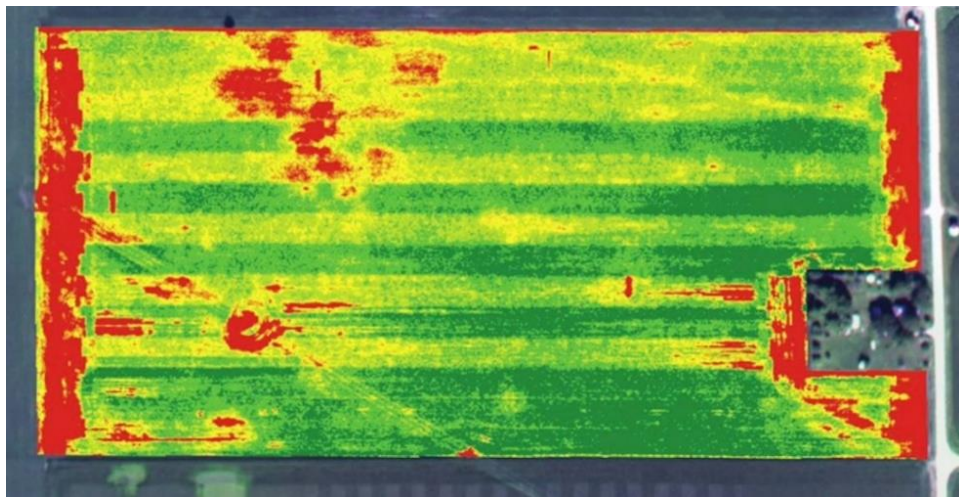


Figura 15. Imagen de satélite NDVI donde rojo denota las zonas de vegetación insanas hasta el verde intenso, que denota la vegetación más sana. Fuente: Skymatics

Entre sus aplicaciones se encuentra: [28]

- Medición de la biomasa y evaluación de la salud de los cultivos.
- Identificación de plagas, enfermedades y hongos o zonas excesivamente secas antes de que el daño sea irreversible.
- Establecer las condiciones normales de crecimiento para cada cultivo en un área específica según el periodo temporal.
- Estimar el rendimiento del cultivo (en combinación con otros parámetros).

- Ajustar el uso de agua, nutrientes y pesticidas para cada área.
  - Monitorizar sequías y pronosticar zonas con peligro de incendio.
- **Índice de Clorofila de borde Rojo (ReCI).** Se usa para calcular la cantidad total de clorofila en las plantas. La cantidad de clorofila en una planta es un buen indicador de su salud, ya que es el compuesto responsable de absorber la luz solar para transformarla en la energía necesaria para la planta mediante la fotosíntesis. Este índice funciona de forma parecida al NDVI, y la imagen satelital obtenida después del cálculo del índice sigue los mismos parámetros. La diferencia reside en que el índice de clorofila es más preciso a la hora de determinar la salud de la planta, especialmente en la detección de las primeras fases de senescencia. Se conoce como senescencia al proceso de envejecimiento y muerte de los tejidos y órganos de la planta causado por la disminución de eficiencia fotosintética y la degradación de la clorofila. Entre sus aplicaciones se encuentra: [29]
    - Identificación de deficiencias nutricionales.
    - Evaluación de la absorción de fertilizantes nitrogenados.
    - Mapeo prescriptivo de RVA (Realidad Virtual Aumentada).
    - Predicción del rendimiento.
  - **Índice de Vegetación Ajustada al Suelo Modificado (MSAVI).** Este índice se emplea para ampliar los límites de aplicación del análisis NDVI, ya que logra cubrir las zonas con un alto porcentaje de suelo desnudo. De ahí viene su definición de “ajustado al suelo”, ya que detecta y minimiza el efecto de este en los cálculos. En estas áreas, los análisis NDVI ReCI proporcionan datos no válidos debido a la baja presencia de clorofila o la poca cantidad de vegetación. Por ello, su uso se indica para las primeras etapas de desarrollo de los cultivos, cuando las plantas aún no han alcanzado grandes volúmenes.

En la siguiente imagen (Fig. 16), se puede apreciar como el índice MSAVI es más efectivo en la diferenciación del análisis de una parcela respecto a los índices NDVI o NDRE (equivalente a ReCI) para la etapa de germinación y desarrollo de las hojas, donde hay mucha tierra descubierta. Mediante el índice MSAVI aplicado en este caso de estudio se aprecia que la germinación no ha sido homogénea a lo largo de toda la parcela.

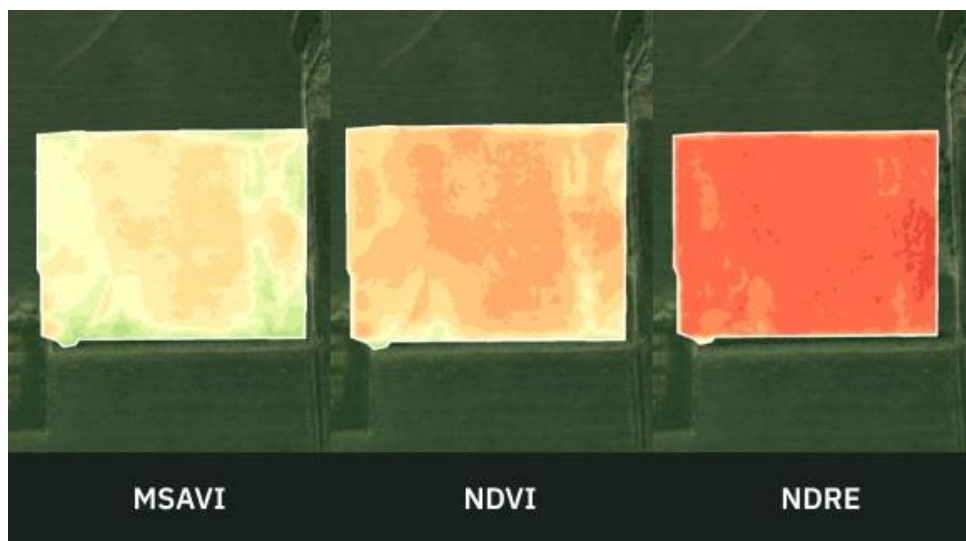


Figura 16. Comparativa de los análisis obtenidos durante la etapa de germinación utilizando tres índices distintos. Fuente: eos.com

De la misma forma que los índices anteriores, el índice MSAVI indica según valores comprendidos entre  $[-1, 1]$  el estado de crecimiento de la planta. (Fig. 17).



Figura 17. Valores MSAVI según estado de crecimiento de la planta

Se considera que a partir de valores de 0,5 ya se puede pasar al cálculo de valores NDVI. [30]

- **Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI).** Este índice detecta niveles de humedad en la vegetación mediante la combinación de bandas espectrales e infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR). Este índice permite detectar el estrés hídrico en fases tempranas, antes de que sea demasiado tarde para actuar sobre la sequía. Al igual que los anteriores, los valores del estrés hídrico están comprendidos entre [-1, 1], donde los valores más bajos indican mayor estrés hídrico y valores superiores menor estrés. Algunas de sus aplicaciones son: [31]
  - Monitorización del contenido de agua en los cultivos.
  - Mejora de la planificación logística de cosechas.
  - Determinación de niveles de combustibilidad en zonas en riesgo de incendio.

En la siguiente imagen (Fig. 18), se compara el análisis NDMI de una parcela realizado con dos años de diferencia. La de la derecha corresponde al año 2021, en el que hubo varios períodos prolongados de sequía.



Figura 18. Imagen comparativa del índice NDMI de 2019 y 2021. Fuente: eos.com

### 1.2.2.2. Guiado de vehículos

Los sistemas de posicionamiento se emplean también para el control de la ubicación y trayectoria de los vehículos agrícolas sobre el terreno (Fig. 19). Con ello, podemos ahorrar tiempo y combustible, y prevenir errores comunes en el trabajo convencional con maquinaria, como puede ser el solapamiento o huecos entre pasadas y uso inadecuado de insumos y carburantes, bien sea por exceso o por defecto. [32]

Se puede distinguir entre dos tipos de guiado según el grado de actuación del agricultor sobre el vehículo.

- **Guiado manual.** El vehículo va dotado de un receptor en la parte delantera del tractor y una pantalla LEDs en la cabina con la información del camino óptimo a seguir en base a los datos analizados y recogidos por los satélites.
- **Guiado automático.** También conocido como autopiloto. Un procesador transmite la información recibida por los sensores directamente a la caja de dirección del vehículo.

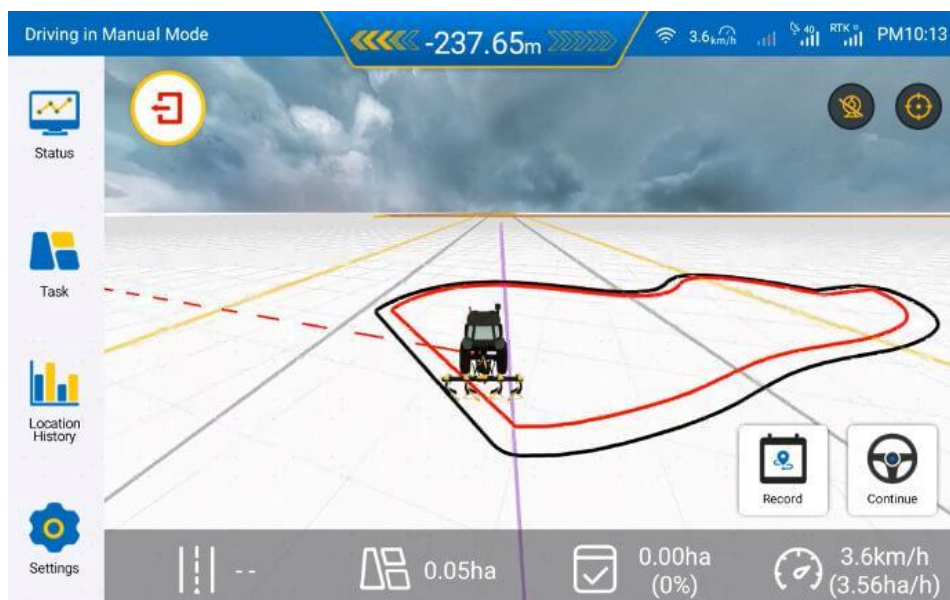


Figura 19. Interfaz de pantalla en cabina de tractor autoguiado. Fuente: sveaverken.com



### 1.2.2.3. Drones

**Dron de vigilancia.** Estos drones pueden ser programados para hacer patrullas de vigilancia periódicamente. En vuelo a bajas alturas, son capaces de distinguir las caras de ladrones, distinguir especies de plagas o dar un diagnóstico en base a los signos detectados de enfermedades en los cultivos.

**Dron de siembra.** Estos drones depositan semillas en el campo. Son especialmente útiles para áreas en las que la maquinaria no puede acceder y para sembrar en áreas más pequeñas y localizadas.

**Dron de fumigación y riego.** Otro de los usos de drones es su utilización para el tratamiento físico de cultivos, ya que algunos modelos son capaces de fumigar y pulverizar productos para el control de plagas o la gestión de malezas en zonas localizadas, además del riego en zonas concretas o de difícil acceso (Fig. 20). Estos drones están equipados con soluciones de producto en agua en tanques con una capacidad de hasta 20 litros y boquillas adaptables. Este uso es de gran utilidad no sólo por la capacidad del dron de fumigar en tan sólo un área localizada, sino para aplicar producto en aquellas zonas en las que un tractor no tiene alcance y quedan desprotegidas. No obstante, este servicio es muy caro debido a la carga en vuelo de los drones, que oscila entre los 300 gramos y 22 kilos, lo que requiere de baterías de gran tamaño.



*Figura 20. Imagen Dron DJI fumigador. Fuente: DJI Agriculture*

**Dron de monitorización.** A pesar de que los drones también aportan análisis a partir de imágenes, sería inviable sustituir los satélites por ellos. Es por esto que estos dispositivos se utilizan ocasionalmente como apoyo a las imágenes satelitales, cuando se necesitan de imágenes de mayor resolución y para alcanzar las “zonas ciegas” de los satélites, como puede ocurrir en presencia de nubes. Los parámetros que mide son de aplicación parecida, con la ventaja de tener un alcance de mayor precisión, Además, se pueden utilizar para crear mapas y modelos interactivos tridimensionales.

Hay que considerar que los costes asociados al servicio de los drones para captación de imágenes son mucho mayores que las imágenes de satélite. [33]



Figura 21. Imagen de piloto de drones junto a un dron AerHyb destinado a la monitorización de los cultivos por medio de cámaras. Fuente: Aerocamaras.es

Los drones son considerados vehículos aéreos no tripulados (UAV), Como tal, su uso se rige en base a la normativa establecida en el BOE por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea AESA. Algunas de las principales condiciones que impone la normativa son las siguientes [34, 35]:

- Para utilizar drones en agricultura, es necesario contar con una autorización de AESA.
- Los drones deben ser operados por personal debidamente autorizado y capacitado.
- Se deben respetar las normas de seguridad aérea y de protección de la privacidad.
- Los vuelos con drones deben ser realizados dentro del rango visual del operador y a una altura máxima de 120 metros.
- Se deben respetar las zonas prohibidas o restringidas, como aeropuertos, aeródromos, áreas urbanas, espacios protegidos, entre otros.
- Se debe contar con un seguro de responsabilidad civil.

Además, es importante destacar que en algunas comunidades autónomas de España, como Cataluña y País Vasco, existen normativas adicionales que regulan el uso de drones en su territorio. Por lo tanto, es necesario consultar la normativa específica de cada lugar antes de realizar vuelos con drones en agricultura.

#### 1.2.2.4. Sensores

Dada la heterogeneidad de los suelos incluso en una misma explotación, es de utilidad disponer de dispositivos que nos permitan llevar un seguimiento de las características de estos para poder obtener el mayor rendimiento del cultivo en cada zona. Algunos de los factores diferenciadores entre los suelos pueden ser:

- Compactación del suelo
- Humedad
- Pendiente o latitud
- Salinidad
- Nutrientes
- Textura

Los sensores son dispositivos que nos permiten reconocer y recoger estas características para, posteriormente, hacer valoraciones individuales de cada zona y poder aplicar los métodos más aconsejables. Para ello, se comienza con un sistema de control que consta de un transductor (sensor) que transforma la variable fisicoquímica en una señal eléctrica, que posteriormente será filtrada por un acondicionador de señal. Este registrará la medida y observará si el valor está dentro del rango óptimo. [36]



Figura 22. Imagen de distintos tipos de sensores instalados en una explotación. Fuente: [plantae.garden](http://plantae.garden)

Los sensores tienen distinta forma y ubicación de instalación según los parámetros que se desee medir (Fig. 22). Comúnmente encontraremos los sensores instalados en el suelo, pero también los encontraremos sobre postes o incluso tejados. Según la variable fisicoquímica medida, se puede distinguir entre los siguientes tipos de sensores:

- **Eléctricos y electromagnéticos.** Determinan la conductividad eléctrica del suelo en base a factores como la humedad, textura, porosidad, temperatura y concentración electrolítica del suelo.
- **Ópticos.** Miden las propiedades ópticas de la planta, como la transmitancia luminosa (medidor de clorofila) o la reflectancia. Estas propiedades se relacionan con la cantidad de nitrógeno que contiene la plantación. La reflectancia nos permite obtener el índice NDVI que nos

aportaban los mapas de satélite, con la ventaja de que los sensores alcanzan zonas no visibles para estos. Los sensores ópticos son útiles para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar.

- **Mecánicos.** Permiten determinar la resistencia del suelo a maquinaria pesada a través de su compactación, la cual se relaciona con la cantidad de oxígeno y capacidad de absorción de agua y nutrientes que tiene este.
- **Acústicos.** No son tan empleados, pero permiten medir la textura y compactación del suelo mediante la propagación de ondas.
- **Electroquímicos.** Permiten determinar la capacidad de compuestos orgánicos volátiles (COVs) presentes en el aire, CO<sub>2</sub> y otros gases o partículas contaminantes.

Los controladores ECU (*Electronic Control Unit*) manejan los datos entrantes de estos sensores para fijar una tasa de dosis de ajuste. Para ello, se procesa la información hasta llegar al valor adecuado de aplicación para el terreno y se generan unas señales que llegan a los actuadores. Estos realizan los ajustes correspondientes a los dispositivos encargados del suministro de insumo sólido o líquido (Fig 23). Como propuesta de desarrollo de este TFG, también se añade la posibilidad de incorporar estos datos en una app en la que el actuador pueda ser el agricultor.

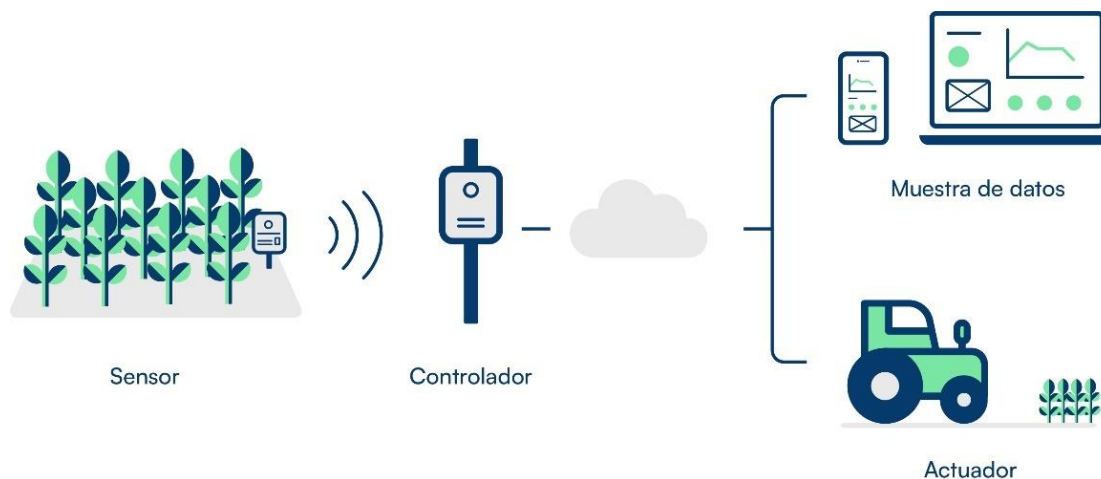


Figura 23. Esquema de funcionamiento del procesamiento de datos desde los sensores, a los controladores y actuadores. Fuente: Elaboración propia

### 1.2.3. Fondos y subvenciones destinados a impulsar la implantación de la Agricultura de Precisión

En perspectiva del compromiso tomado por otros países en la adopción e impulso para la implementación de estas tecnologías, y los casos de éxito observados en sus distintas aplicaciones, no es de extrañar que en España se comenzase a tomar acción para conseguir extender estos métodos en su territorio. Muchas de las ayudas destinadas al sector, y más concretamente a la transición a agricultura de precisión, vienen de fondos públicos europeos y estatales, aunque algunas de ellas son acciones promovidas por entidades privadas.

En cualquier caso, estas ayudas no se destinan a cualquier explotación agrícola que la solicite. Se debe cumplir con una serie de requisitos en la mayoría de casos para poder optar a ellas.

#### 1.2.3.2. Plan Estratégico de la PAC 2023-2027

A principios de este año 2023, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (APA) aprobó la concesión de 23 ayudas a proyectos innovadores, entre los

cuales 14 entran en el marco de “La eficiencia en el uso de recursos, en particular la agricultura de precisión e inteligente, la innovación, la digitalización y la modernización de la maquinaria y equipos de producción”. Un total de 7,2 millones de euros se destinarán a estos 14 proyectos. Esta es la cuarta convocatoria de subvenciones gestionadas por el Ministerio de APA en el marco de programación de desarrollo rural 2014-2022. De hecho, debido a la amplia demanda que recibe el Ministerio para apoyar este tipo de proyectos, se han destinado también 75 millones de euros de gasto público total al plan de innovación AEI-Agri en el Plan Estratégico de la PAC de España 2023-2027. Esta demanda refleja la voluntad y necesidad del sector por ser apoyado en la implantación de soluciones digitales que contribuyan de forma positiva al cuidado de sus explotaciones. Por otro lado, se debe considerar las reformas en la PAC, que entraron en vigor el 1 de enero de este año. [37]

La influencia de las ayudas de la PAC en la agricultura española puede verse reflejadas en el siguiente gráfico (Fig 24):

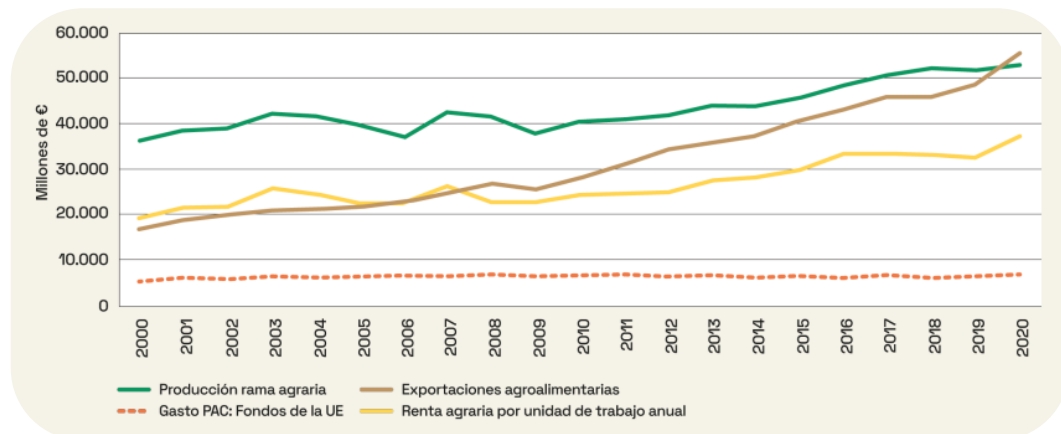


Figura 24. Gráfico de la evolución de la contribución económica de la PAC en 20 años. Fuente: [mapa.gob.es](http://mapa.gob.es)

Se observa que, a pesar de haber recibido una cantidad de **fondos estable** desde el año 2000 al 2020, se ha logrado en veinte años:

- Un incremento del 46% de la **producción de la rama agraria**.
- Un incremento del 226% de exportaciones agroalimentarias.



- Un incremento del 93% de la renta agraria por unidad de trabajo anual.

Considerando el gran impacto que estos fondos generan sobre la actividad agrícola del país, es de interés conocer también qué objetivos se plantean de presente a futuro. En este sentido, la PAC presentó a finales del año 2021 una nueva reforma de la política agraria con una serie de objetivos a cumplir entre los años 2023 y 2027 que los agricultores deben llevar a cabo para poder optar a estas ayudas. En términos generales, estos objetivos se basan en los tres pilares de la sostenibilidad:

- **Bloque Económico:** Asegurar unos ingresos justos, incrementar la competitividad y equilibrar el poder en la cadena alimentaria
- **Bloque Medioambiental:** Protección y conservación del medio ambiente, el paisaje y la biodiversidad.
- **Bloque Rural y Social:** Apoyo al relevo generacional y la protección a la actividad en las zonas rurales y los alimentos de calidad y salud.

De forma transversal a estos tres pilares de la sostenibilidad, se plantea un objetivo común de modernización del sector agrario a través de la **formación, innovación y digitalización** de las zonas rurales.

Se espera que estas líneas de trabajo en torno a la sostenibilidad permitan que la agricultura se alinee con los objetivos del **Pacto Verde Europeo** (Fig. 25).

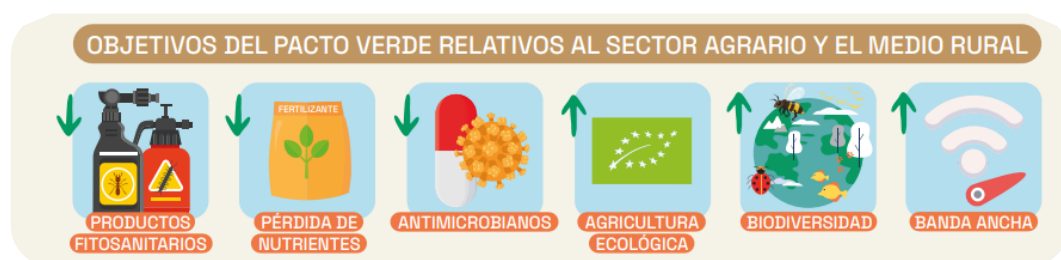


Figura 25.. Objetivos del PVE relativos al sector agrario y el medioambiental. Fuente: mapa.gob.es

Para lograr el objetivo transversal a los tres principales bloques, se incrementa en 60% el presupuesto en asesoramiento y formación para el periodo 2023-2027 y la PAC establece las siguientes medidas (Fig. 26) [38]:

1. **Servicios de Asesoramiento a las explotaciones.** Para hacer frente a la transición digital del sector, se necesitará de herramientas de apoyo para compartir nuevos conocimientos e ideas. El asesoramiento tendrá lugar sobre los tres bloques principales de objetivos con una información tecnológica y científica actualizada.
2. **Redes PAC.** Se tratarán de foros en los que los usuarios podrían intercambiar conocimientos y la implementación de las innovaciones en la práctica. Una a nivel nacional y otra a nivel europeo.
3. **Medidas de Desarrollo Rural.** Entre las que destaca la implementación de la Asociación Europea para la Innovación en materia de Productividad y Sostenibilidad agrícolas. También se incluye el plan de inversiones en comunicaciones e infraestructuras en zonas rurales.

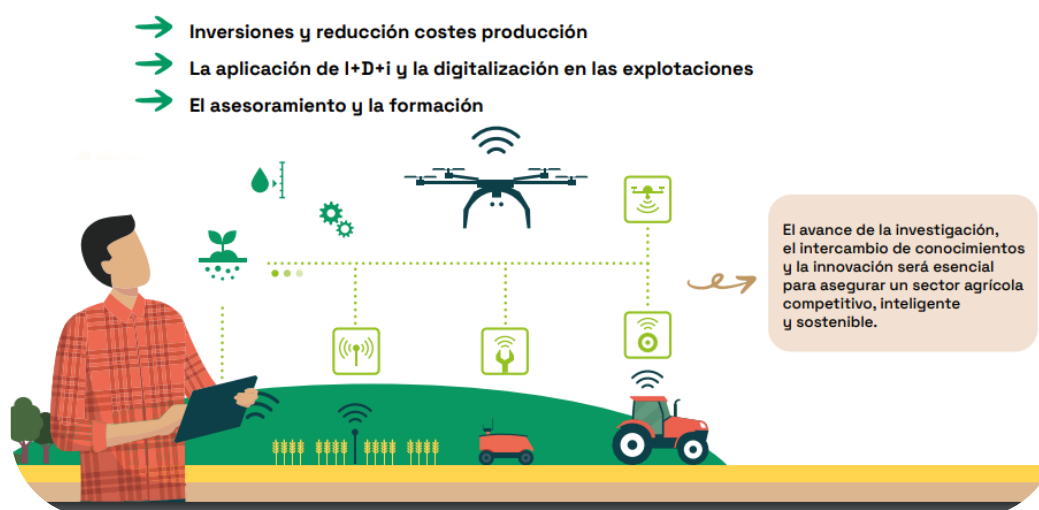


Figura 26. del fomento del uso de tecnologías en las medidas de la PAC. Fuente: mapa.gob.es

### 1.2.3.3. AEI-Agri

La AEI-Agri (Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas) es una iniciativa de la Unión Europea que tiene como objetivo promover la innovación en el sector agrícola y mejorar su productividad y sostenibilidad. Algunos de los requisitos establecidos por la AEI-Agri para poder recibir fondos y apoyos para la innovación en la agricultura son [39]:

- **Proyectos innovadores.** Es necesario que los proyectos presentados sean innovadores y aporten soluciones nuevas y efectivas a los desafíos del sector agrícola.
- **Cooperación entre actores.** La AEI-Agri promueve la colaboración y cooperación entre diferentes actores del sector agrícola, incluyendo agricultores, investigadores, empresas, administraciones públicas y otros actores relevantes.
- **Enfoque en la sostenibilidad.** Los proyectos apoyados deben tener un enfoque en la sostenibilidad y contribuir a mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la agricultura.
- **Valor añadido.** Los proyectos deben aportar valor añadido al sector agrícola, ya sea a través de la mejora de la calidad de los productos agrícolas, la reducción de los costos de producción, la innovación en la cadena de valor o de otras formas.
- **Plan de difusión y transferencia.** Los proyectos deben contar con un plan de difusión y transferencia que permita compartir los resultados y las lecciones aprendidas con otros actores del sector y contribuir así a la difusión de la innovación.

Se consideran de relevancia estos objetivos ya que son los más comunes para aplicar a diferentes fondos dentro de los distintos planes de innovación en la agricultura propuestos tanto a nivel estatal como europeo.

#### 1.2.3.4. Interés por fondos de inversión

Los fondos de inversión y las sociedades cotizadas de inversión en el mercado inmobiliario (SOCIMIs) están invirtiendo cada vez más en activos agrícolas en España, atraídos por las altas rentabilidades que pueden obtener al tratarse de una actividad económica esencial para la alimentación y sin posibilidad de desaparecer. El interés se centra en la adquisición de tierras de cultivo pequeñas de fincas contiguas que van quedando fragmentadas herencia tras herencia, y unificarlas, así como la compra de pequeñas empresas.

Los inversores están aprovechando las oportunidades que brinda la actual crisis sanitaria para diversificar sus carteras y buscar inversiones en sectores menos afectados por la pandemia, como es el caso del sector agroalimentario. Además, la creciente demanda de productos orgánicos y el aumento de los precios de los alimentos también han contribuido a que la inversión en tierras agrícolas sea atractiva para los inversores.

Entre las ventajas que ofrece la inversión en activos agrícolas destacan la estabilidad de los precios de la tierra y la posibilidad de obtener rentabilidades del 10% anual, superiores a las que se pueden obtener en otros sectores. Sin embargo, la inversión en activos agrícolas también presenta ciertos riesgos, como la dependencia de factores externos como el clima o las fluctuaciones de los precios de los alimentos, que pueden afectar a la rentabilidad de la inversión. [40].



## 2. Desarrollo de la propuesta de diseño

Partiendo de la investigación realizada recién expuesta, se ha decidido contribuir a la transición tecnológica del sector agrícola mediante una propuesta de valor que pueda mejorar la rentabilidad económica del sector, así como lograr reducir el consumo de recursos como agua, energía y carburantes, o productos químicos como fertilizantes o pesticidas que, más allá de su alto coste, generan un negativo impacto en la salud del suelo, los animales y por ende, las personas. Por otro lado, para esta propuesta ha sido fundamental considerar los retos a los que se enfrenta el sector agrícola en España, ya que este será el entorno que se tomará como referencia para diseñar soluciones.

Más allá del terreno de trabajo, existe otro vértice clave para conseguir los objetivos marcados por el Ministerio y otras entidades: los profesionales del sector. Por ello, se ha decidido crear un diseño centrado en el usuario o diseño UX, ya que serán los agricultores o personas involucradas en el trabajo del campo los intermediarios entre la solución a desarrollar y el resultado del trabajo en la agricultura. Diseñar poniendo el foco en el usuario objetivo permitirá crear una propuesta más dirigida al objetivo final, dado que, si nuestros potenciales usuarios no se sienten a gusto trabajando con la solución ofrecida, esta no atiende a sus necesidades o retos o no la encuentran útil, no podrá crear ningún impacto de valor sobre el sector, ni económico, ni medioambiental ni social.

Para llegar a una propuesta de valor, se seguirá la metodología *Design Thinking*. El *Design Thinking* es una metodología comúnmente empleada en el diseño de productos y servicios enfocada en comprender profundamente las necesidades y deseos de los usuarios y en crear soluciones innovadoras y efectivas para satisfacerlas. El proceso de *Design Thinking* consta de cinco fases principales (Fig. 27):

1. **Empatizar.** Se trata de comprender las necesidades y deseos de los usuarios y ponerse en su lugar. Esto implica realizar investigaciones de campo, entrevistas con usuarios y observaciones para entender cómo piensan, sienten y actúan los usuarios en relación con las aplicaciones móviles y el problema al cual se tratará de aportar mejoras a través de soluciones.
2. **Definir.** El objetivo es definir el problema a resolver y establecer los objetivos del diseño en base a los requerimientos detectados en los usuarios. Para ello, se analizan los datos recopilados en la fase de empatía y se identifican patrones y tendencias para dar con la solución a el o los problemas.
3. **Idear.** en esta fase, se generan una amplia variedad de ideas para abordar el problema y se exploran diferentes enfoques para solucionarlo. Esto implica realizar sesiones de lluvia de ideas y otras metodologías de pensamiento creativo para alcanzar posibles soluciones. Surgirán los primeros esquemas de página y la arquitectura de la información de la app.
4. **Prototipar.** Tras la fase de ideación, se materializan se crean prototipos de las soluciones más convincentes. Para ello, se crean diseños de baja y alta fidelidad para dar cuerpo a las ideas a través de herramientas como *Figma*. Mediante este proceso los diseños serán probados y recibirán comentarios de otros usuarios, para realizar iteraciones de mejora sobre estos modelos hasta alcanzar la propuesta final.

5. **Probar.** Tras hacer el desarrollo de programa del prototipo final elegido, se consigue la primera versión de la app. Antes de sacarla al mercado, es conveniente lanzar una versión beta, en la que algunos usuarios realicen pruebas de usabilidad. Se recogerán los resultados y comentarios de estas pruebas para iterar y mejorar la versión beta antes de sacar la primera versión final de la app. Esta última fase no se llevará a cabo en este proyecto, ya que se requiere del desarrollo del software de la aplicación, una tarea propia de desarrolladores de código.



Figura 27. Ilustración del proceso de Design Thinking. Fuente: Elaboración propia

## 2.1. Empatizar

El primer paso de este proceso es empatizar con los potenciales usuarios: comprender sus deseos y necesidades, así como conocer cómo se relacionan con las tecnologías, sus hábitos y rutinas, y los problemas que encuentran en el área de estudio a investigar.

### 2.1.1. Investigación cualitativa

Como investigación cualitativa, se han realizado entrevistas individuales a ocho potenciales usuarios de la app. Cinco de ellos han sido agricultores de distintos perfiles y tres de ellos a profesionales relacionados con la prestación de servicios de agricultura de precisión. En ella, se han recogido las opiniones, pensamientos, experiencias y sentimientos de cada uno. Esto ha sido posible gracias a que las entrevistas se realizaron mediante videollamada, por lo que, más allá de las



palabras, se consideraron también las expresiones y el tono de los entrevistados. La duración media de cada entrevista fue de media hora.

Para contactar con los agricultores, pregunté a gente de mi entorno que sabía que podía tener contactos con profesionales relacionados con el sector agrícola, si pudieran difundir la siguiente convocatoria (Fig. 28). Rápidamente, se pusieron en contacto conmigo 11 agricultores. Tras una llamada rápida con cada uno de ellos para valorar la adecuación de sus perfiles, finalmente se seleccionaron a cinco.

En el caso de los perfiles técnicos, se encontraron a través de LinkedIn revisando los empleados de las empresas que prestaban servicios de consultoría agrícola. Escribí a cada persona individualmente comentándoles de forma breve mis intenciones. A aquellos que respondieron, un total de 15, les envié la misma ficha de convocatoria y un total de seis aceptaron con los que contacté inicialmente. Finalmente, se escogieron tres perfiles que mejor encajaban con lo deseado. También algunos me dirigieron a compañeros suyos para hacerles preguntas más concretas.

Todos los participantes de estas entrevistas accedieron a mostrar sus datos en este proyecto de acuerdo a la LOPD 7/2021, así como a redactar sus palabras y realizar una interpretación de ellas para el objetivo de la investigación.

# ¿TRABAJAS EN EL MUNDO AGRÍCOLA?

¿TE GUSTARÍA PARTICIPAR EN LA MEJORA DE TU SECTOR?

## ¿Qué buscamos?



### PERFILES DIVERSOS.

Queremos conocer la experiencia de empresas, agricultores, ingenieros y cualquier persona implicada en el cuidado de cultivos. Valorable trabajo o conocimiento sobre métodos de AGRICULTURA DE PRECISIÓN o trabajo con viñedos en CyL.



### OBJETIVO.

Las entrevistas servirán para un estudio de experiencia de usuario en el que se valorará la opinión y experiencia de diferentes agentes implicados en el trabajo agrícola y su relación con la agricultura de precisión, si existiera.

Esta información será recogida e interpretada para la elaboración de un TFG de ingeniería para la Universidad de Valladolid con el fin de aportar mejoras tecnológicas de valor al sector.



**¡TU OPINIÓN ES IMPORTANTE!**



### ¿QUIERES PARTICIPAR?

No te quitaré mucho tiempo, pero te agradeceré enormemente tu interés por este proyecto.

CONTÁCTAME:  
Tlf: 672795190  
Mail: [luciabis01@gmail.com](mailto:luciabis01@gmail.com)



Figura 28. Ficha de convocatoria a entrevistas para potenciales usuarios. Fuente: Elaboración propia

Las ventajas detectadas realizando las entrevistas en la investigación ha sido poder adaptar las preguntas en tiempo real según las respuestas de los

entrevistados y las necesidades que estos comentaban. Estas modificaciones permitieron generar más confianza entre ellos y el entrevistador, ya que percibían la empatía y el interés que se tiene sobre su experiencia individual. Es importante destacar que lo que se pretendía en todo momento era conocer en términos generales sus necesidades, los puntos sobre los que detectan que convendría una mejora, lo que más disfrutaban de su trabajo y su relación con la tecnología, más que el realizar una evaluación de campo en la que ponderase más su grado de conocimiento en materias precisas por encima de su experiencia personal.

Como desventaja de esta metodología, decir que las entrevistas toman mucho tiempo de preparación y realización, por lo que el tamaño de la muestra que se selecciona suele ser pequeño. En este estudio se ha tratado de coger una muestra diversa dentro de una zona geográfica limitada, correspondiente al área y zonas contiguas a la provincia de Valladolid en el caso de los agricultores.

A continuación, se presenta algunos comentarios y transcripciones de la mitad de las entrevistas. No se incluyen todas ya que hay muchos puntos en los que los entrevistados coinciden. No obstante, sí se tendrá en cuenta lo comentado por todos los entrevistados para el diseño de la aplicación.

### 2.1.1.1. Agricultor no usuario de agricultura de precisión

**Nombre:** Roberto Jiménez

**Formación/ Ocupación:** Formación Profesional en Agricultura

**Edad:** 18 años

**Zona de trabajo:** Villalar de los Comuneros, Valladolid

**Tipo de explotación:**

200 ha, de las cuales 100 están destinadas al cultivo del cereal por secano y regadío, 10 ha al cultivo de la remolacha y las restantes a cultivos variados (leguminosas, girasol, patata...).

Roberto atendió la entrevista por videollamada desde su tractor, en una pausa en la que “no tenía nada que hacer” durante su jornada. Según decía, acostumbra a coger el móvil y revisar las redes sociales o jugar a juegos en los ratos en los que no tiene mucho que hacer, como cualquier otro joven de su edad. El tiempo medio de uso que le da a este dispositivo depende de la época del año en la que se encuentre y la carga de trabajo que tenga. Dice que no siente que tenga problemas de conexión por las zonas en las que trabaja, que depende más de la compañía móvil contratada. Me explica que él “hace de todo” en cuanto a las labores del campo, pero lo que más le gusta es conducir el tractor. Cuida de estas tierras juntos a sus padres en un modo de pequeño negocio familiar.

Con Roberto se trataron algunos de sus casos de éxito, problemas con lo que se había encontrado, preocupaciones y perspectivas a futuro de la actividad agrícola en su zona. Se resumen alguno de los temas tratados incluyendo citas textuales de sus comentarios de cada uno.

*“Lo que más nos fastidia es que se importa mucho de otros países”.*

En lo que más incidió Roberto y más hizo referencia a lo largo de la entrevista, fue la amenaza que supone para los agricultores españoles los bajos precios de la importación extranjera. Bajo su punto de vista, se debe al gran número de regulaciones bajo las que se encuentra la actividad de los agricultores españoles relativas al uso restringido de algunos productos fitosanitarios y fertilizantes, que tienen su uso vetado en España, y sin embargo, sí es legal importar alimentos que han sido cultivados usando esos mismos productos.

*“En España es más caro producir”.*

Sin ir más lejos, me comenta un caso particular en el que su cultivo de remolacha se vio gravemente afectado debido a la repentina prohibición de un pesticida que incluía la semilla de la remolacha en su siembra que evitaba que la planta fuera atacada por gusanos. Este cambio provocó que la gran mayoría de su remolacha

fuera comida por los gusanos, y la parte que consiguieron rescatar necesitaba de muchos cuidados en cuanto a revisiones, fumigación recurrente con el tractor y mayor implicación de la mano de obra. Este testimonio coincide con los datos de estadísticas publicadas, ya que, según el Informe del Sector Agrícola realizado por PwC de 2019, las limitaciones al uso de productos fitosanitarios han causado pérdidas de producción al 29% de los agricultores encuestados y aumentos de costes para un 31%. [41] Considerando que en los últimos años estas han aumentado, se entiende que ha afectado negativamente al aumento de costes para el sector.

Las implicaciones finales fueron el desaprovechamiento del cultivo de una gran parte de la remolacha, y un aumento de recursos utilizados (carburante para el tractor, mano de obra y pesticidas) para la parte que se consiguió salvar, lo que se traduce en un aumento significativo de costes invertidos que serán difíciles de compensar.

*“Nuestro tractor puede llegar a consumir 300 litros de gasolina al día. Sumado al aumento del precio del fertilizante, si no fuera por las ayudas de la PAC no sería rentable esta profesión”*

En conclusión, la prohibición del uso de un producto fitosanitario incluido en la semilla se tradujo en una reducción de ganancias significativa para el agricultor, además del súbito cambio normativo que le impidió planificar su explotación.

*“¿Cómo le dices a un señor de 60 años que se ponga a digitalizar sus cultivos en un ordenador?”*

Al preguntarle por su visión de la digitalización del sector, Roberto expresó sentirse abrumado por la imposición de implementación tecnológica. Explica que los altos costes de inversión no son rentables para su tamaño de explotación.

*“La maquinaria es muy cara y para mi tipo de explotación no la amortizaría en la vida”*

No obstante, relata más adelante que su familia hizo una gran inversión en el tractor que poseen, ya que cuenta con tecnologías más avanzadas que un tractor tradicional sin llegar a ser especialmente desarrollado tecnológicamente en comparación a otros que podemos encontrar en el mercado. Para aumentar su rentabilidad, Roberto presta servicios remunerados a los agricultores de su zona para sufragar los gastos de inversión del vehículo.

Esto último, a pesar de poder ser un hecho que desaconsejara el promover la implantación de nuevos dispositivos tecnológicos, abre las puertas a la posibilidad de ofrecer un modelo de negocio de *renting* o *sharing* de estos dispositivos entre comunidades de agricultores cercanas.

Otro aspecto que llamó mi atención fue la cantidad de tiempo que Roberto pasa en el tractor o por su zona sin realizar ninguna actividad. Este tiempo improductivo o “tiempo muerto” que impide a Roberto y al resto de su familia desatender sus explotaciones.

*“Me quedo aquí por si pasara cualquier cosa. Nunca se sabe, de un momento a otro se te puede averiar una boquilla, que se te salga una tubería... Por eso hay que estar siempre pendiente”*

En este sentido, le comenté si le gustaría poder sentirse más libre de realizar otras actividades. Expresó bastante emoción ante la posibilidad de ello, incluso me comentó que en un futuro cercano les gustaría implantar un sistema de riego automático. Le pregunté si podían tener algún tipo de control en remoto de estas averías, y me explicó que alguno de sus compañeros instalaba cámaras que les permitían revisar desde el móvil a tiempo real si algún sistema dejaba de funcionar.

Roberto expresó un interés especial por poder alejarse de sus cultivos con la tranquilidad de conocer las averías que pudieran ocurrir en su ausencia.

### 2.1.1.2. Agricultor de regadío usuario de agricultura de precisión

**Nombre:** Rafael Meléndez

**Formación/ Ocupación:** Ingeniero Técnico Agrícola y agricultor

**Edad:** 46 años

**Zona de trabajo:** 2 trabajos. Uno como agricultor en Villalpando y Villardefrades y otra como ingeniero técnico de restructuración de viñedos por la zona de Valladolid y Zamora.

**Tipo de explotación:** Una de tamaño medio de 150 ha de agricultura ecológica de leguminosas y otra de tamaño grande de 1100 ha con monte de agricultura tradicional en la que se cultivan cereales, leguminosas y oleaginosas.

Rafael mantiene dos trabajos, uno como agricultor y otro como ingeniero técnico de función pública para mejorar el rendimiento de los viñedos, instalando tecnologías o métodos que optimicen la producción y adaptando las variedades de la uva cultivadas a las necesidades de mercado. No obstante, **disfruta más cuidando de sus explotaciones.** Me interesé en si se había planteado trabajar con viñedo, ya que en zonas no muy lejanas a la suya sí se cultivaban, a lo que respondió

*“el cereal es lo que más se adapta a la zona desde hace 2000 años. Es la base de nuestra alimentación.”*

Me explica también que, a pesar de que en Castilla y León hay mucha superficie, muy poca de ella es productiva y el viñedo necesita de suelos muy drenantes y mucha más atención y cuidados. Además, no se puede competir a nivel de mercado con las zonas cuya producción de uva que cuentan con el sello de Denominación de Origen.

*“La agricultura de precisión es el futuro. Bueno, no. el presente.”*

Rafael incorpora tecnologías de precisión en los sistemas de riego de sus explotaciones y en su tractor, equipado con varios softwares de GPS que detectan qué zonas están pobres de fertilizante o agua, y actúa con una precisión de centímetros aportando recursos únicamente en las zonas que lo necesitan. **Rafael está muy satisfecho con estas tecnologías**, ya que según dice es mucho más cómodo y ha notado una reducción de costes considerable en el uso de recursos como fertilizantes, agua o productos fitosanitarios. Próximamente, espera poder adquirir un aricador guiado con cámara, una máquina que se conduce sola a los sitios donde sea necesario. No obstante, por el momento **no puede permitírselo económicamente**.

*“Cada vez hay menos gente en el campo, y los que quedamos tenemos que estar más especializados.”*

Rafael es consciente de la necesidad de formación y adaptación a la que se enfrentan los agricultores en el presente. Bajo su punto de vista, la evolución de la técnica agrícola debe ser paralela a la del resto del mundo. **Es un sector muy grande y de gran relevancia**, por lo que debe mantenerse en la actualidad tecnológica, climática y social con la que convive.

### 2.1.1.3. Agricultor de secano usuario de técnicas de agricultura de precisión

**Nombre:** Diego Marciel

**Formación/ Ocupación:** Ingeniero Técnico Agrícola y agricultor

**Edad:** 46 años

**Zona de trabajo:** 2 trabajos. Uno como agricultor en Tordesillas y otro como ingeniero técnico en la Consejería de Agricultura gestionando las ayudas al sector.



**Tipo de explotación:** Explotación de secano. 100 hectáreas de cereales, (trigo y cebada), leguminosas para pienso y oleaginosas. Su cultivo principal es el cereal, los otros tipos los tiene para la rotación de tierras.

El interés de la entrevista a Diego surge al comprobar cómo este gestiona un cultivo de secano, y ver cómo se podría incluir la agricultura de precisión en este caso. Dada la inoportuna sequía que hemos presenciado en los últimos años en España, es interesante saber cómo se adaptan los cultivos de secano a estas condiciones.

*“Con resignación. Dependemos de la lluvia. Aunque te empeñes en tener regadío, en muchos casos es imposible.”*

Esto se debe a la ausencia de pozos y ríos de los que coger agua para los sistemas de riego. Según Diego, no se pueden adaptar todas las zonas a cultivo de regadío. Esto sugiere que si persiste el problema de las lluvias en España, los cultivos de secano que no puedan adaptarse tenderán a desaparecer.

Para controlar la meteorología de la que tanto dependen sus tierras, consulta las fuentes públicas de previsión meteorológica o la AEMET.

*“No siempre son fiables, pero es lo que tenemos.”*

Diego no siente mucha confianza en los medios más comunes de predicción climatología. Dice que son mejor que nada, pero alguna vez sí ha actuado erróneamente en base a las predicciones meteorológicas que se esperaba.

Lo que más disfruta Diego de su trabajo como agricultor es poder tomar él sus propias decisiones o, en sus propias palabras:

*“ser tu propio jefe y empleado al mismo tiempo.”*

Parece que para Diego es fundamental tomar un papel de mando en su explotación y sentir una responsabilidad en las acciones y correspondientes

consecuencias del campo. De hecho, añade que esto es lo que hace que pueda disfrutar más de su papel como agricultor que como ingeniero en la consejería.

En cuanto a la evolución tecnológica en sus tierras, Diego dice haber incorporado mucha tecnología en los últimos quince años, especialmente en la maquinaria como el tractor, guiado con GPS y con capacidad de gestionar óptimamente los insumos sólo en las áreas necesarias. Desde entonces, ha notado una **mejora en el rendimiento de sus cultivos, una mejor ergonomía para los agricultores** (mejoras en la comodidad del interior del tractor o herramientas más automatizadas y menos pesadas) y en general una **mayor eficacia** en cada paso.

Para hacer un seguimiento de sus explotaciones, además de rellenar el Cuaderno de Explotación, el cual, además, a partir de septiembre de 2023 será obligatorio hacerlo digital, apunta en un Excel los datos cuantitativos relevantes como las fechas de siembra, el tipo de cultivo, la cantidad de producto utilizado, el rendimiento, y a qué precio y a quién vende su producto.

#### 2.1.1.4. Ingeniero Agrícola relacionado con técnicas de agricultura de precisión

**Nombre:** Gregorio Becerra Fernández

**Formación/ Ocupación:** Ingeniero Agrónomo & director técnico en AGRODEX SL

**Edad:** 32 años

**Zona de trabajo:** Extremadura y Madrid (servicios a toda España).

**Especialidad:** Agricultura de precisión. Ha trabajado como operario agrícola de vendimia, gestor de tratamientos y operaciones, piloto profesional de drones para la medición de fincas, gestión hídrica, control de plagas y malas hierbas entre otros y asesor de agricultura digital. Actualmente director técnico de una empresa de servicios de tecnología agrícola.

El día a día de Gregorio consiste en ofrecer servicios personalizados con tecnología de agricultura de precisión a explotaciones agrícolas españolas. Para él, es su pan de cada día y pronto será el de mucha más gente.

*“En base a toda la legislación que se está imponiendo desde Europa, y la incorporación de una generación joven más digitalizada sumado a las nuevas tecnologías la agricultura de precisión es algo cada vez más implantando.”*

No obstante, a pesar de estas perspectivas optimistas a corto plazo, también se encuentra algunos problemas a la hora de prestar sus servicios. Encuentra que **esta tecnología es muy compleja y requiere de un tiempo de formación**, que depende, entre otros factores, del grado de implicación que quiera tener el agricultor con el manejo de los dispositivos. Por ejemplo, si un agricultor quiere ocuparse del manejo de los drones para aplicación de productos fitosanitarios, deberá obtener una licencia que requiere un año de preparación para conseguirla. Otra opción, es solicitar estos servicios a personal especializado para ello.

Por lo general, Gregorio ha observado que en las explotaciones grandes se suele adquirir estas herramientas ya que les acaba saliendo rentable. Las de tamaño mediano tienden más a comprar el servicio. En cualquier caso, **las ayudas económicas a las que pueden acceder los agricultores en la actualidad para incorporar estas tecnologías cubren entre el 40 y el 60% de los gastos.**

También se consultó a Gregorio si considera que estas tecnologías contribuyan a una agricultura más sostenible con el medio ambiente, ya que puede haber opiniones encontradas. Por una parte, la creación de todo dispositivo, especialmente de gran tamaño, genera un impacto en el medio ambiente en uno o varios puntos de su ciclo de vida debido al consumo de material, energía y recursos utilizados desde su fabricación hasta la venta y fin de vida. No obstante,

Gregorio opina que el balance es positivo y que la reducción del consumo de recursos y la disminución de pérdidas de rendimiento del cultivo hacen un balance positivo de cara a la sostenibilidad ambiental, social y económica.

## **2.1.2. Investigación cuantitativa**

La investigación cuantitativa se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos para obtener información objetiva y medible. Para obtener estas cifras, es aconsejable obtener una muestra de los usuarios objetivos relativamente grande. Para ello, se toma como fuente principal el Informe del Sector Agrario Español, publicado en 2019 [41], un informe realizado por PwC con el fin de analizar la situación actual y las perspectivas futuras del sector agrícola español. En este estudio, podemos encontrar una encuesta realizada a 243 participantes de ASAJA, COAG, Fepex, cooperativas agroalimentarias y UPA y a sus agricultores. También se incluyen encuestas realizadas por el INE, mencionadas en este informe.

Es importante destacar que estas encuestas se realizaron en su mayoría en el año 2018 o anteriores, por lo que, posiblemente, en la actualidad estos datos puedan diferir en cierta medida de los resultados del estudio, especialmente considerando el avance en la implementación de las tecnologías en la agricultura que se ha dado en el territorio español en los últimos años. Se consideran, adicionalmente, algunos de los datos ya expuestos en la parte de radiografía del sector para este apartado. En base a estos datos se obtendrá información relevante para el desarrollo de la solución, como el perfil del usuario, el tipo de negocio agrícola más común, problemas, retos y necesidades a las que se enfrentan los agricultores, y su relación, opinión o experiencia con las tecnologías.

**Perfil del usuario.** En 2016, el 74% de los trabajadores de las explotaciones son hombres. El 31% tienen más de 65 años y el 98% no tienen formación agrícola

completa, un porcentaje mucho mayor que los principales países europeos. No obstante, desde el año 2005 los agricultores con formación universitaria han aumentado un 16%. En este sentido, se destaca que los agricultores jóvenes tienden a tener un nivel formativo superior que el de sus progenitores.

Considerando esto, la aplicación deberá hacerse lo suficientemente intuitiva para poder alcanzar un público entre 18 a 50 años de agricultores españoles.

**Modelo de empresa.** En España, el modelo de empresa agrícola es relativamente pequeño y de carácter familiar. El 32% de agricultores encuestados considera probable que, una vez se retire, un familiar se encargará de la explotación, y un 26% considera la venta a personas fuera del ámbito familiar. La dificultad de asegurar una viabilidad económica en muchas explotaciones genera que un 22% de los encuestados cesen la actividad de sus empresas en un futuro. Esta última cifra refleja las dificultades económicas a las que se enfrentan los agricultores por mantener la actividad en sus explotaciones. Se ha observado que, empresas de menor tamaño, tienen una capacidad inferior para invertir en capital humano y tecnológico, lo que repercute en su productividad. Como consecuencia, se observa un gran contraste a nivel de productividad entre empresas grandes y pequeñas proporcionalmente. Prueba de ello es que el 18% de exportaciones totales han sido generadas por el 1% de empresas agrícolas más grandes.

**Tamaño de explotación.** El 51% de explotaciones tienen menos de 5 ha y sólo un 11% tienen más de 50 ha. La superficie media se sitúa en 25 ha. No obstante, debido a la tendencia de los últimos años a unificar explotaciones colindantes se espera que el tamaño de explotación por empresa agrícola aumente.

El tamaño de explotación al que se dirige la aplicación será a partir de 20 hectáreas, hasta un máximo de 1000 ha, que podría llegar a excederse una vez la aplicación haya sido probada durante un periodo de tiempo en explotaciones

medianas. Considerando que el tamaño medio de las explotaciones en Castilla y León supera las 60 ha, se estima que será en esta comunidad donde más pueda actuar esta aplicación.

**Problemas a los que se enfrentan.** Considerando las condiciones del entorno, más de dos terceras partes del territorio español se encuentran en riesgo de desertificación. Se estima que las actividades agrícolas por sí solas en España consumen más del 70% del agua dulce disponible. En una encuesta realizada en 2018, se observó que el 21% de los agricultores manifestaban tener problemas relacionados con la disponibilidad del agua. Por otro lado, el 18% de agricultores encuestados ha notado un aumento de plagas y enfermedades en sus cultivos en los últimos años, y un 23% expresó que sufría resistencia de las plagas a productos fitosanitarios.

Según la Comisión Europea, si no se toman medidas los rendimientos de las cosechas podrían reducirse hasta un 30% de aquí a final de siglo.

**Necesidad y preferencias de los usuarios.** España es el segundo país europeo que más financiación recibe de la PAC. Esta fuerte dependencia genera un impacto negativo en el sector, por lo que se demanda una optimización de los gastos asociados a esta actividad. Los agricultores tampoco parecen tener buenas perspectivas sobre el rendimiento de su sector a futuro.

**Uso actual de tecnologías agrícolas.** Se ha identificado que las tecnologías más usadas entre agricultores españoles relacionadas con la agricultura de precisión son los tractores con sistemas GIS y el control por riego automático. Estas dos opciones resultan ser las más económicas, a la vez que otorgan una gran cantidad de beneficios. Por otra parte, los servicios más costosos son el control de drones, que se ha identificado que las explotaciones que más lo usan son aquellas de tamaño mediano a grande, especialmente en cultivos de olivo y vid.

## **2.2. Definir**

Contemplando el estado del sector agrícola español, así como la actualidad y perspectivas de la implantación de la agricultura de precisión en el país, valorando también los comentarios realizados por los entrevistados en cuanto a ambas, se ha observado un gran número de aspectos sobre los que poder aportar soluciones. Algunos de ellos, esperados, y otros no contemplados en principio, pero que tras las entrevistas han logrado salir a la luz, e incluso se repiten en más de uno de los entrevistados.

A partir de este análisis inicial, se ha logrado definir quiénes son los usuarios objetivo, cómo son, qué necesidades y problemas tienen, para finalmente definir cuál es el problema de forma general, y qué objetivos se plantean de cara a su solución.

### **2.2.1. Quiénes son mis usuarios objetivo:**

- Agricultores y productores agrícolas que buscan optimizar la producción y la eficiencia de sus cultivos.
- Empresas de servicios agrícolas que prestan servicios de consultoría y asesoramiento a los agricultores y que necesitan una herramienta para mostrar los datos recogidos en el campo.
- Investigadores y académicos que se especializan en la agricultura y que necesitan datos precisos y fiables para sus investigaciones.
- Entidades gubernamentales y organizaciones sin fines de lucro que trabajan en proyectos relacionados con la agricultura sostenible y necesitan una herramienta para monitorear y evaluar los resultados de sus programas.

- Inversores y empresas de tecnología interesados en desarrollar y comercializar tecnologías de agricultura de precisión y que necesitan datos y análisis precisos para tomar decisiones de inversión y estrategias de mercado.

## **2.2.2. Diseño de Personas**

Una vez consideradas las experiencias y opiniones de los entrevistados, así como las encuestas consultadas de terceros a 243 agricultores, se han creado dos personas ficticias. En diseño de usuario, estas personas son usuarios ficticios con características y objetivos que representan las de un grupo más amplio.

Nuestras dos personas son Alfonso y Luisa. Alfonso representa al conjunto de agricultores de la zona Valladolid y provincias contiguas. Por otro lado, Luisa representa al grupo de profesionales de servicios de tecnológicos asociados a la agricultura. Cada uno, presenta un perfil distinto en cuanto a edad, zona de trabajo y estudios.

En el caso de los agricultores, las edades se han tomado de las observadas en las entrevistas, así como la ubicación media de trabajo de ellos, que ha resultado ser Uruña, Valladolid. Alfonso es varón ya que el 73% de jefes de explotaciones agrícolas son hombres, además de que todos los perfiles entrevistados han sido varones. A continuación, se presenta la ficha de persona de Alfonso (Fig. 29).





## Alfonso

Edad: 47 años

Educación: Técnico Agrícola

Residencia: Uruëña, Valladolid

Profesión: Agricultor de cereal, leguminosas y oleaginosas

“ Si no fuera por las ayudas, este sector no sería económicamente sostenible. ”

### METAS

- Reducir el consumo de insumos en su explotación
- Formarse en agricultura digital para estar al día
- Prevenir plagas y enfermedades

### FRUSTRACIONES

- Costes de inversión de tecnologías muy altos
- Se siente abrumado por la información técnica que necesitará conocer
- El campo demanda mucha atención y no tiene tiempo para otras actividades

Alfonso lleva desde pequeño ayudando a sus padres en el campo. Desde hace unos años, es él quien lleva el mando de sus explotaciones. No obstante, ahora se siente desbordado por las nuevas imposiciones por parte del gobierno a su sector, y por el aumento de precios de insumos. Por ello, le gustaría encontrar una manera de reducir estos gastos y optimizar su producción.

Figura 29. Ficha de persona de agricultor: Alfonso. Fuente: Elaboración propia.

En el caso del perfil de técnico especialista, si bien estos no serían los usuarios directos de la aplicación, sí representan al conjunto de usuarios indirectos, ya que serían los encargados de ofrecer este servicio y mostrar la app a sus clientes. Por ello, también se consideran importantes sus preocupaciones y metas a la hora de establecer los objetivos del diseño de la app.

El porcentaje de ingenieras agrícolas es de los mayores entre mujeres ingenieras, con un 34% [42]. Un 8% de los 750.000 ingenieros en España son ingenieros agrícolas o agrónomos, frente a un 34% de mujeres. [42]. Sumado a que la mitad de los perfiles técnicos entrevistados o consultados han sido mujeres, se ha decidido representar este género mediante este perfil, ya que, aunque no represente a la mayoría de los usuarios, sí es un tamaño de muestra relevante y por tanto a considerar en mayor o menor medida según qué aspectos de diseño o accesibilidad, que serán tratados más adelante. A continuación, se presenta la ficha de persona de Luisa (Fig. 30).



## Luisa

Edad: 38 años

Educación: Ingeniera Agrícola

Residencia: Las Tablas, Madrid

Profesión: Consultora de servicios de agricultura de precisión

“ La agricultura de precisión no es el futuro, sino el presente. ”

### METAS

- Hacer llegar la tecnología que ofrece a más clientes
- Conseguir más gente interesada en la formación de piloto de drones

### FRUSTRACIONES

- Le cuesta convencer a la gente de la rentabilidad de la inversión
- La normativa de uso de drones avanza más despacio que la tecnología

Luisa comenzó su carrera como asesora agrícola, y poco a poco fue descubriendo las tecnologías emergentes en su campo de estudio. A día de hoy, se dedica a tiempo completo a la distribución de estos servicios y al estudio de caso personalizado para cada cliente. No obstante, la barrera del conocimiento de las técnicas que ofrece son un obstáculo a la hora de ganarse la confianza de sus potenciales clientes.

Figura 30. Ficha de persona de perfil tecnológico agrícola: Luisa. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2.3. Mapa de empatía

Ahora que se conoce a nuestros usuarios tipo gracias al diseño de persona, se expone un mapa de empatía. Un mapa de empatía es una herramienta visual utilizada en el diseño de experiencia de usuario para ayudar a entender a los usuarios y sus pensamientos, palabras y acciones, aquello que ven y oyen y sus dolores y ganancias. Consiste en un diagrama que se divide en secciones que representan estas diferentes categorías, lo que permite visualizar y comprender las motivaciones y preocupaciones de los usuarios de una manera más profunda y detallada. En este caso, veremos cómo se relaciona nuestro usuario Alfonso con su experiencia como agricultor y la oportunidad de disponer de una aplicación de agricultura de precisión que recoja los datos generados de sus explotaciones y le muestre los resultados de estas métricas de forma sencilla,

además de proporcionar alertas y recomendaciones a tiempo real para guiarles en cómo actuar (Fig. 31).



Figura 31. Mapa de empatía de Alfonso. Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4. Planteamiento del problema

A partir del conocimiento que tenemos hasta ahora de los potenciales usuarios, podemos establecer el planteamiento del problema en una sola frase indicando el usuario, una necesidad y el problema que genera esa necesidad.

*“Alfonso es un agricultor que necesita un método que le permita hacer un seguimiento de la salud y prevención de problemas en sus cultivos de forma sencilla, a la vez que reducir sus costes de producción porque necesita optimizar la productividad su explotación debido a las condiciones climáticas desfavorables y la subida de precios de los insumos que la perjudican.”*

## 2.2.5. Objetivos de la solución

- Crear una plataforma que recoja la información del rendimiento de los cultivos para los agricultores.
- Proporcionar una herramienta para que las explotaciones puedan ser independientes de la supervisión constante de los agricultores.
- Dotar a los agricultores de un papel de responsabilidad sobre la toma de decisiones final, pero apoyados por una herramienta profesional.
- Construir una plataforma unificada y diferenciada de otros medios de comunicación típicos mediante la cual, agricultores de una misma zona puedan recibir apoyo e información relevante entre ellos.
- Generar confianza entre la herramienta y los usuarios mediante la transparencia de la información y los datos recogidos.
- Diseñar una herramienta intuitiva y fácil de usar para que, tanto perfiles con un hábito de consumo de tecnología alto como bajo, puedan usarla.
- Proporcionar una aplicación que promueva prácticas sostenibles en el sector agrícola.

- Proporcionar una aplicación que facilite la adaptación de los agricultores a las nuevas medidas impuestas por el MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) relativas a la transformación digital del sector agrícola.
- Dotar a los agricultores de una plataforma donde puedan recibir información relevante para ellos en cuanto al cuidado de sus explotaciones, como nueva normativa, novedades en cuanto a usos impuestos sobre pesticidas y fertilizantes, o ayudas económicas.
- Reducir la dependencia del campo a la mano de obra humana, y reducir los costes asociados a esta.
- Contribuir a la transformación del sector agrícola español mediante la agricultura de precisión para continuar la actividad económica de esta e impulsar la producción de producto nacional.
- Proporcionar una herramienta que contribuya a hacer un uso responsable de recursos como agua, electricidad, combustibles o productos químicos.

Se ha decidido abordar este problema mediante el diseño de una aplicación móvil, con un énfasis en el diseño de la experiencia de usuario, así como un cuidado y visual diseño de interfaz.

## **2.3. Idear**

En la fase de ideación se fomenta la generación de lluvias de ideas, desde las más corrientes a las más absurdas, para explorar todos los límites del problema y potenciar la creatividad y la imaginación dentro de la definición del problema, acotado previamente, y contemplando los objetivos planteados. No obstante, en Design Thinking es común volver a fases anteriores o avanzar en las siguientes, ya que pueden ir surgiendo nuevos puntos de vista para abordar el problema.

Antes de comenzar la ideación, se recomienda realizar una auditoría competitiva para conocer lo que ya está disponible en el mercado, e identificar las fortalezas, debilidades y apuestas únicas de la competencia, para poder aportar soluciones de valor en nuestro proyecto. Posteriormente, se recogen las oportunidades detectadas, en relación con los objetivos de la solución, para poder empezar a materializar el proyecto y crear una identidad de marca coherente, así como unos bocetos iniciales de la solución que se desea abordar. En este proceso, se generan una gran cantidad de bocetos a mano.

### **2.3.1. Auditoría competitiva**

Antes de diseñar la aplicación, se realizó una investigación de mercado en la que se han valorado distintas aplicaciones, no sólo de actuación a nivel nacional, sino de otros países. El interés de esta auditoría reside en detectar cómo son y qué ofrecen las aplicaciones disponibles actualmente en el mercado relacionadas con servicios de agricultura de precisión, detectar cómo están estas posicionadas en el mercado, sus fortalezas y debilidades y detectar oportunidades en base a esto.

Se establece como competición directa aquellas aplicaciones móviles que se sincronicen a través de tecnologías IoT con dispositivos empleados en métodos de agricultura de precisión y puedan mostrar un análisis de los datos recogidos por estos dispositivos a los usuarios mediante una interfaz gráfica intuitiva, personalizada, y adaptada al entorno de uso de los usuarios.

#### **2.3.1.1. Aplicación A. Sencrop.**

Sencrop (Fig. 32) es una app especializada en el soporte de toma de decisiones mediante la combinación de datos locales con modelos de decisión agronómicos con el fin de optimizar la producción y reducir el uso de insumos. [43]

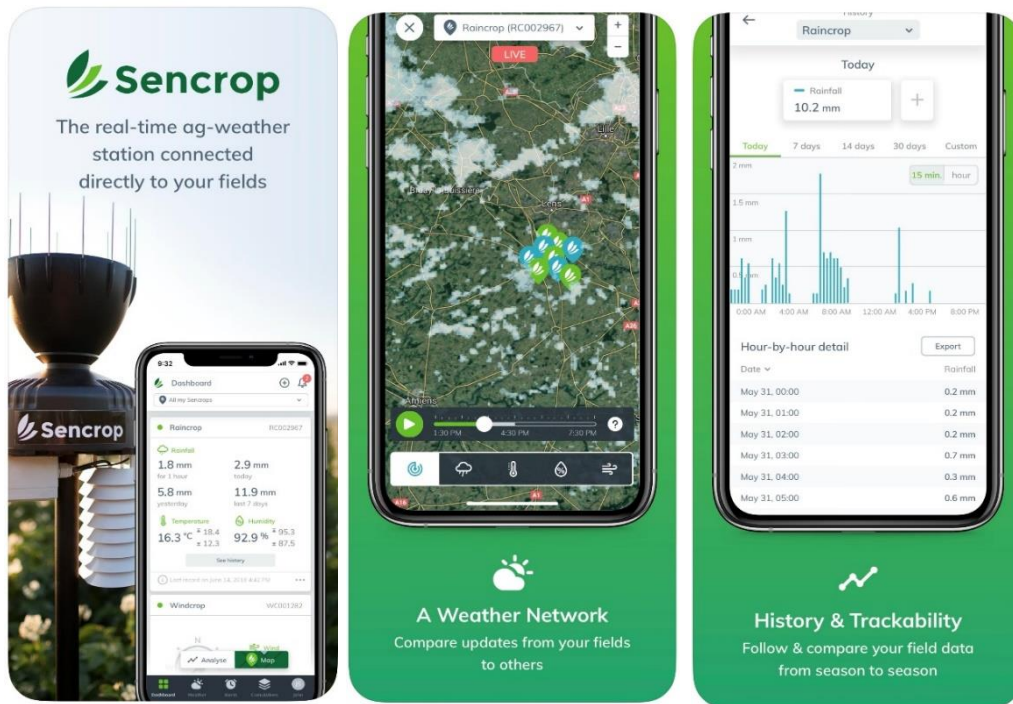


Figura 32. Captura de pantalla presentación app Sencrop. Fuente: App Store- Sencrop

#### Fortalezas.

- Interfaz intuitiva y fácil de usar.
- Ofrece un servicio especializado en el apoyo de toma de decisiones (DSS), por tanto, va más allá de la muestra de datos.
- Tiene en cuenta la normativa europea para ofrecer recomendaciones.
- Permite ver los análisis en cultivos cercanos.

#### Debilidades.

- Falta de personalización en la presentación de datos.
- Limitada disponibilidad de contenido.
- No especifica cómo podría integrarse con dispositivos de agricultura de precisión más allá de estaciones meteorológicas que ofrece la empresa.

#### Apuesta única de valor.

- Proporciona recomendaciones para la agricultura basadas únicamente en la meteorología a tiempo real.

### 2.3.1.2. Aplicación B. Plantae.

Plantae (Fig. 33) es una empresa que ofrece sensores para agricultura de precisión. Junto con estos dispositivos, ofrecen una app móvil donde los agricultores pueden ver los datos recogidos por estos. [44]

Fortalezas.

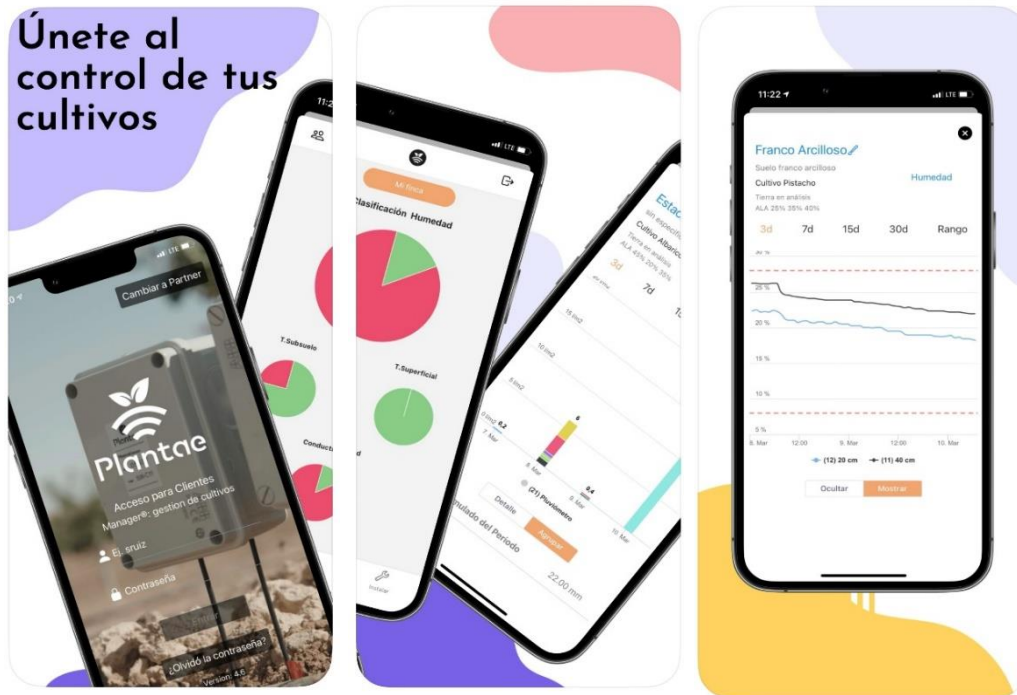


Figura 33. Captura de Pantalla inicio de sesión de app Plantae. Fuente: App Store- Plantae

- Ofrece una interfaz sencilla con características básicas.
- Brinda notificaciones personalizadas y consejos prácticos.

Debilidades.

- Limitada capacidad de análisis de datos al dispositivo que ofrece la compañía.
- Poca integración con otros dispositivos o servicios.
- Diseño no muy atractivo ni distinguible.
- No permite ver la aplicación con el móvil en posición en horizontal.

Apuesta única de valor.

- Especialización y profundidad en el análisis basado en sensores.



### 2.3.1.3. Aplicación C. Agricolus

Agricolus (Fig. 45) es una empresa especializada en agricultura de precisión que ofrece modelos de predicción y soporte a las decisiones basados en sensores y mapeo de campo mediante satélites para cualquier tamaño de explotación. [45]

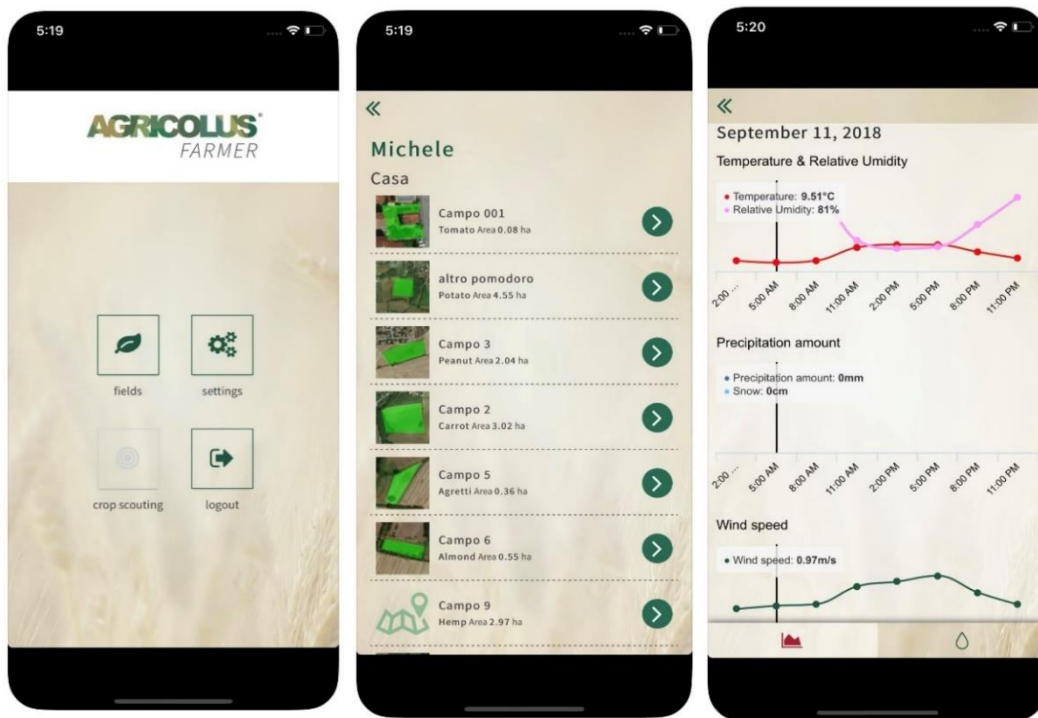


Figura 34. Captura de pantalla de página principal de la app Agricolus. Fuente. App Store- Agricolus

Fortalezas.

- Gran experiencia en el sector por parte de la compañía.
- Brinda asesoramiento experto y recomendaciones personalizadas.
- Integra datos históricos para el análisis comparativo.

Debilidades.

- Interfaz desactualizada, con un diseño anticuado y poco intuitiva.
- Falta de diversidad en las funcionalidades ofrecidas.
- No permite la conexión o personalización con otros dispositivos.

Apuesta única de valor.

- Ofrecen una versión gratuita de hasta 10 hectáreas para probar sus servicios basada en el mapeo por satélite.

#### 2.3.1.4. Oportunidades detectadas.

Considerando las entrevistas con los potenciales usuarios, así como los resultados de las encuestas realizadas por terceros, y contrastando estos resultados con las posibilidades y objetivos que ofrecen las aplicaciones de la competencia, se han detectado un gran número de oportunidades que podrían enriquecer la experiencia del usuario con la aplicación. Algunas de ellas son:

- **Personalización.** Diseñar la aplicación para adaptarse a las necesidades específicas de los agricultores españoles, considerando los diferentes tipos de cultivos, las prácticas agrícolas locales y las condiciones climáticas de la región, así como los dispositivos con los que quieran trabajar.
- **Localización de contenido.** Proporcionar información y recursos relevantes en español, como normativas agrícolas, calendarios de siembra y cosecha, y consejos adaptados a las condiciones de la agricultura en España.
- **Integración con datos locales.** Establecer conexiones con fuentes de datos locales, como estaciones meteorológicas regionales y bases de datos agrícolas nacionales, para obtener información precisa y actualizada sobre suelos, climas y variedades de cultivo en España.
- **Comunidad y colaboración.** Crear una plataforma donde los agricultores españoles puedan conectarse, compartir experiencias, intercambiar conocimientos y recibir apoyo mutuo en el uso de la agricultura de precisión, especialmente entre zonas cercanas.

- **Interpretación de datos.** Proporcionar un diseño intuitivo en el que los datos sirvan como guía a las recomendaciones mostradas para que la app pueda aportar información de utilidad y directa en base a los intereses del usuario.
- **Interfaz intuitiva y atractiva.** Diseñar una interfaz de usuario moderna, fácil de usar y visualmente atractiva, que simplifique el acceso a las funcionalidades y promueva una experiencia de usuario agradable considerando el nivel tecnológico de los usuarios objetivos de esta aplicación, así como las condiciones en las que vayan a hacer uso de la aplicación.
- **Contenido divulgativo o de entretenimiento.** Incluir una sección donde los usuarios puedan explorar más información sobre el campo de aplicación, así como recibir noticias de interés para ellos de forma personalizada.

### **2.3.2. Cultivo Zero**

El diseño de la aplicación se desarrollará en torno a una explotación no real, creada según los valores medio de tamaño de explotación, número de parcelas, tipo de cultivo observados en las estadísticas para la zona de Valladolid y alrededores. También se incluirán a modo de referencia los problemas más típicos entre los agricultores entrevistados, así como el nivel de relación que han demostrado con las tecnologías y la investigación y conclusiones de las encuestas realizadas al sector agrícola por terceros.

Esto no quiere decir que los datos, soluciones e interfaz mostrada en los ejemplos a continuación sean válidos y comunes para todas las explotaciones de la zona.

Sólo serán válidos para nuestro campo de pruebas, definido como Cultivo Zero. La individualidad del estudio para la optimización de cada explotación es uno de los puntos clave de la agricultura de precisión, así como ajustarse a las peticiones, necesidades y presupuesto de cada cliente.

A continuación, se describen las características de la explotación Cultivo Zero:

Localidad: Villardefrades, Tierra de Campos.

Extensión: 154 hectáreas

Subdivisión: 15 parcelas de 10 ha aproximadamente cada una.

Tipo de cultivo: Cereales 90 hectáreas (50 ha de trigo duro y 40 ha de cebada), 50 ha de legumbres (30 ha de lentejas y 20 ha de guisantes), y 14 ha de oleaginosas (girasol).

Se ha localizado una extensión de campo de cultivo en la localidad mediante imagen satélite, medida con la herramienta de medición ofrecida por *Google Maps*, que cumple con la extensión del Cultivo Zero (Fig. 35).



Figura 35. Ilustración de la explotación Cultivo Zero sobre mapa en vista de satélite ubicada en la localidad de Villardefrades. Fuente: Elaboración propia

Para los estados de cada cultivo, se ha tomado como referencia la etapa de crecimiento en la que se encontrarán típicamente cada variedad a mediados del mes de julio:

- **Trigo duro y cebada.** Se encontrarán en la etapa de maduración o llenado de granos, con un temprano color amarillo o dorado.
- **Lentejas y guisantes.** Habrán terminado la fase de germinación y crecimiento vegetativo. Se encontrarán en la etapa de floración.
- **Girasoles.** Estarían en una etapa de crecimiento vegetativo avanzado, con grandes hojas y tallos fuertes. Podrían haber empezado a desarrollar los capítulos florales donde más tarde se alojarán las semillas.

Alfonso es el propietario del Cultivo Zero. Ha decidido adoptar tecnologías de agricultura de precisión para optimizar su producción. Para ello, por ahora ha adquirido un tractor con sistema GIS, varios sensores y de vez en cuando cuenta con un servicio prestado por un dron agrícola para pulverizado y vigilancia. Más adelante, espera poder contar con sistemas de riego inteligentes.

### 2.3.3. Arquitectura de la información

Antes de materializar la propuesta de diseño, es necesario ordenar toda la información que se desea abordar en ella. Una forma útil y visual de estructurar y jerarquizar los contenidos de la aplicación móvil es mediante un diagrama de flujo. En este, se reflejan los flujos de navegación que el usuario podrá realizar, así como los apartados que podrá explorar, representados mediante rectángulos, y las decisiones que podrá tomar en el camino, representadas mediante un rombo gris.

En este diagrama de flujo, podemos observar que, desde la barra de menú de la aplicación, podremos decidir entre cuatro ramificaciones principales, que ocuparán el primer nivel de jerarquía: la página de inicio, que es la que contendrá la mayor parte del contenido de la aplicación, un apartado de chats, otro de notas, y otro para los dispositivos.

En la pantalla de inicio encontraremos las funciones fundamentales de la aplicación, ocupando el segundo nivel de jerarquía: información sobre las parcelas, tiempo, alertas y tareas. Por regla general, las ramificaciones del flujo son lineales e independientes de sus paralelas, excepto en el caso de las alertas y tareas, que se conectan con elementos de su mismo nivel de jerarquía para aportar retroalimentación sobre ellos. Además, desde la página de inicio podremos acceder a información de interés y la configuración de perfil del usuario (Fig. 36).

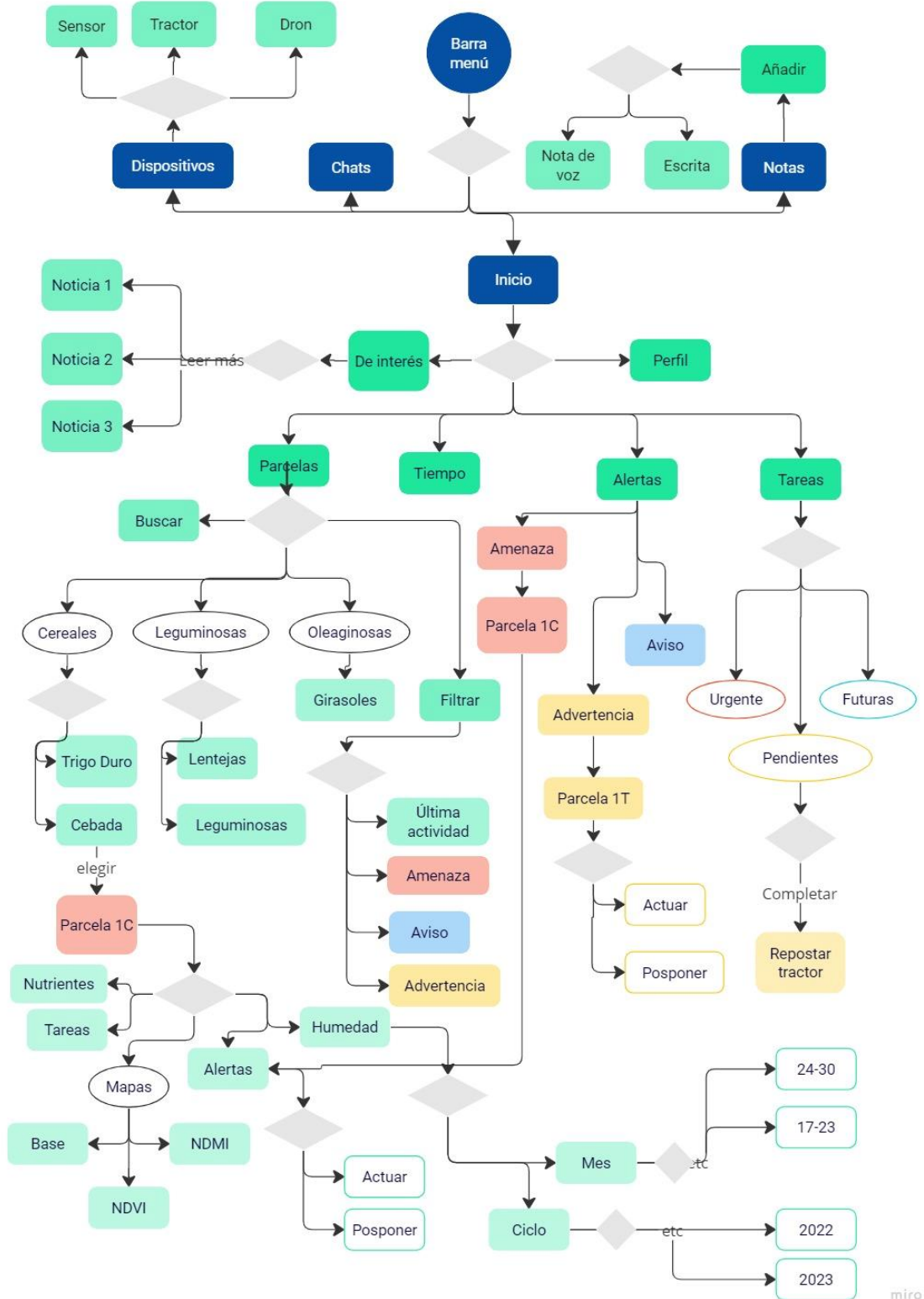


Figura 36. Diagrama de flujo de la arquitectura de la información. Fuente: Elaboración propia

## 2.3.4. Identidad de marca

### 2.3.4.1. Fuente y tipografía

La fuente escogida para la interfaz y redacción de esta memoria es la Satoshi. Satoshi es una fuente *sans serif* modernista. Su diseño combina formas de letras típicamente grotescas, con algunos caracteres diseñados de forma geométrica. En cuanto a su apariencia, Satoshi está inspirada en el modernismo y en el diseño gráfico y tipográfico de la era industrial. La familia ofrece diez estilos tipográficos diferentes, desde Light (ligero) hasta Black (negro), con itálicas complementarias.

En la interfaz de la app podremos encontrar los siguientes estilos (Fig. 37):

#### Satoshi Light

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
*abcdefghijklmnopqrstuvwxyz (italic)*  
0123456789()/'"@~%

#### Satoshi Regular

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
*abcdefghijklmnopqrstuvwxyz (italic)*  
0123456789()/'"@~%

#### Satoshi Bold

**ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ**  
**abcdefghijklmnopqrstuvwxyz**  
***abcdefghijklmnopqrstuvwxyz (italic)***  
**0123456789()/'"@~%**

Figura 37. Fuente y tipografías de la interfaz. Fuente: Elaboración propia.



### 2.3.4.2. Paleta de la interfaz

Para establecer los colores de la interfaz, hay que tener en cuenta tres categorías distintas: presentes en una UI: colores corporativos, colores soporte y colores neutrales de marca.

**Colores corporativos.** Coincide con el color o colores más representativos empleados para el resto de los elementos de la identidad de la marca. Normalmente se trata de uno o dos colores. En la interfaz no se comportarán como colores principales, pero se utilizarán para detalles que se quieran sobresaltar, lo que permitirá percibir que la interfaz se alinea con la identidad de la marca. Podremos encontrar estos colores en elementos como botones, *links* o iconos que se deseen destacar.

**Colores soporte.** Se emplean para comunicar un mensaje de forma puntual a través del significado ampliamente asociado a ese color. Por ejemplo, el rojo se asocia a un peligro, un error o algo que requiere de especial atención, el naranja o amarillo a advertencias, el color verde a una acción satisfactoriamente completada o a valores correctos, y el azul a mensajes ocurrentes de información neutral. A pesar de no formar parte de los colores corporativos, es preferible que los tonos elegidos para estos colores compartan características similares a los colores de la marca, como pueden ser sus valores de saturación o brillo siguiendo los parámetros HSB (*Hue, Saturation, Brightness*).

**Colores neutrales.** Son los más abundantes en una Interfaz de Usuario (UI). Se usan para texto, botones secundarios o cajas. Por lo general, se encuentran dentro de la escala de grises.

Generalmente, en diseño UX se aplica la norma del 10-30-60 para determinar la presencia de cada color en la presentación de la interfaz. Esto quiere decir que

un 10% del color se destinarán a los colores corporativos, usados en este caso para las llamadas a la acción o aquello que se quiera acentuar, un 30% para colores secundarios o de soporte, como el gris claro en nuestro caso, destinado a botones menos relevantes y elementos complementarios, y un 60% al color neutro, que corresponde a un blanco ártico en la paleta de esta aplicación. (Fig. 38)

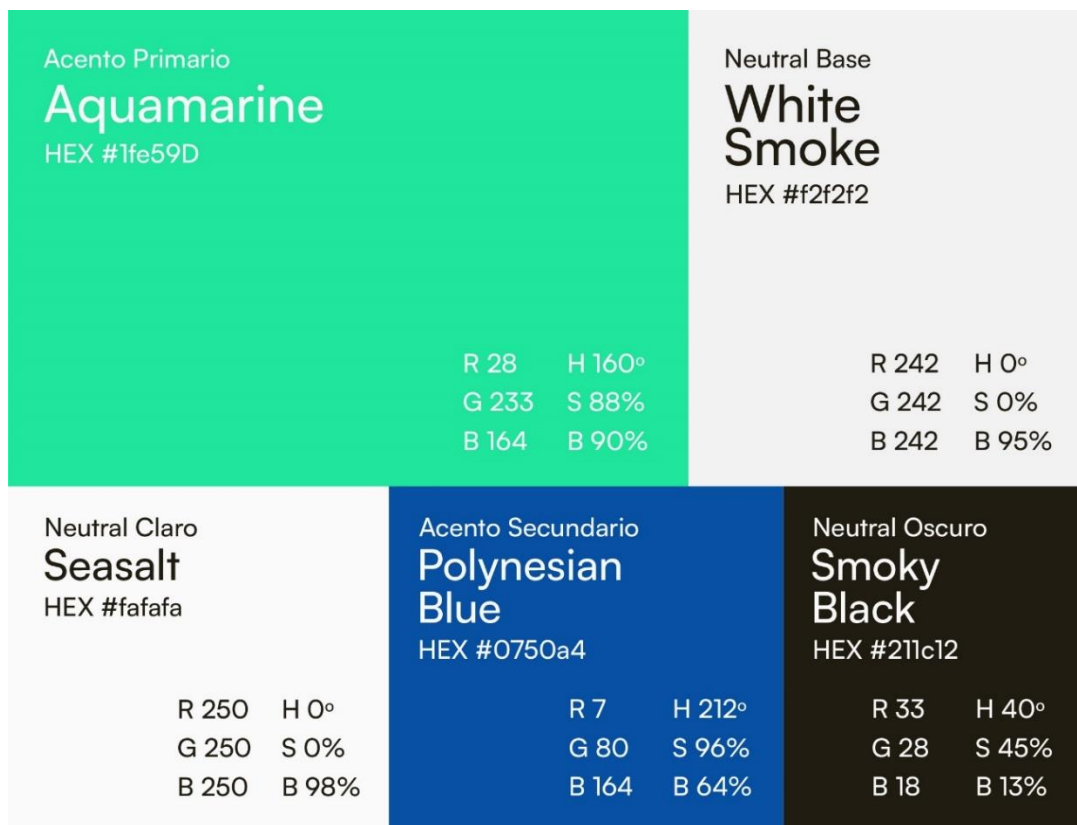


Figura 38. Paleta de colores de la interfaz y marca. Fuente: Elaboración propia

**Sensibilidad de contraste.** Por otro lado, es necesario tener en cuenta la relación de contraste, para asegurar que tanto personas con una agudeza visual alta, como personas con pérdidas de sensibilidad de visión, una condición común en la población a causa del envejecimiento, puedan leer textos y distinguir elementos sin forzar la vista, lo que a la larga podría resultar en agotamiento visual o dolor de cabeza.

Para establecer una relación de contraste de luminosidad adecuada, las imágenes, textos y otros elementos deben cumplir con una relación de contraste entre figura y fondo de 4.5: 1 o superior. (Fig. 39) En nuestra app, se ha comprobado la relación de contraste entre cada color de figura y fondo establecidos mediante una herramienta de comprobación de contraste disponible en la web. Todas las combinaciones de color propuestas en esta interfaz superan la relación de 4.5:1.

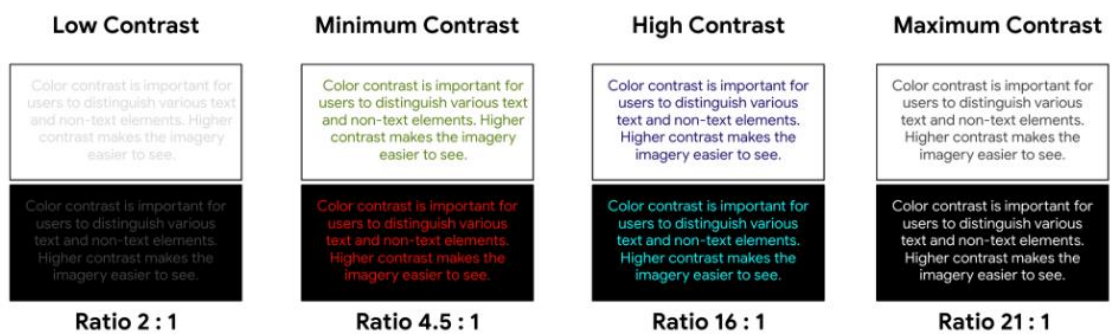


Figura 39. Ilustración de comparativa de relación de contraste. Fuente: Coursera.org

**Sensibilidad a la luz.** Otro papel fundamental del color en cuanto a la accesibilidad es la luz que emana la pantalla a causa del color. Es común que personas con intolerancia a la luz prefieran usar *displays* de pantalla en modo oscuro, por lo que esta opción también será presente. Por otro lado, se recomienda no usar blanco puro o negro puro como fondo o colores soporte, como el empleado para el texto, por el alto nivel de contraste que generan, especialmente entre ellos dos, que puede causar tensión ocular tras un tiempo de exposición. Por ello, para el tono más claro se ha escogido un valor próximo al blanco, pero con un porcentaje menor de brillo del que tendría este (92% del valor B en vez de 100% de B que tiene el blanco), y para el tono más oscuro se ha aumentado la presencia de brillo (una presencia del 13% en lugar de un 0% que tiene el negro puro).

### 2.3.4.3. Imagotipo

Para el diseño del imagotipo de la app, se ha sintetizado lo que representa esta iniciativa para los usuarios, es decir, una herramienta de visualización de análisis de datos y recomendaciones para las actividades agrícolas. Para ello, se aunó la representación típica que se le da al análisis y flujo de datos mediante los nodos y conexiones entre ellos en un tallo con dos hojas. De esta forma, queda representada la relación entre la agricultura y la tecnología (Fig. 40).

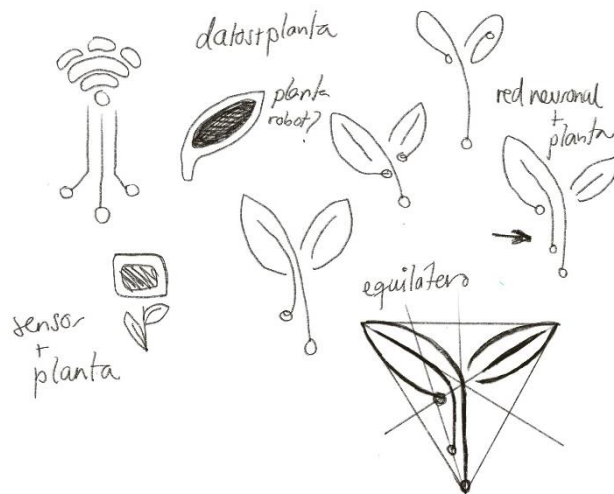
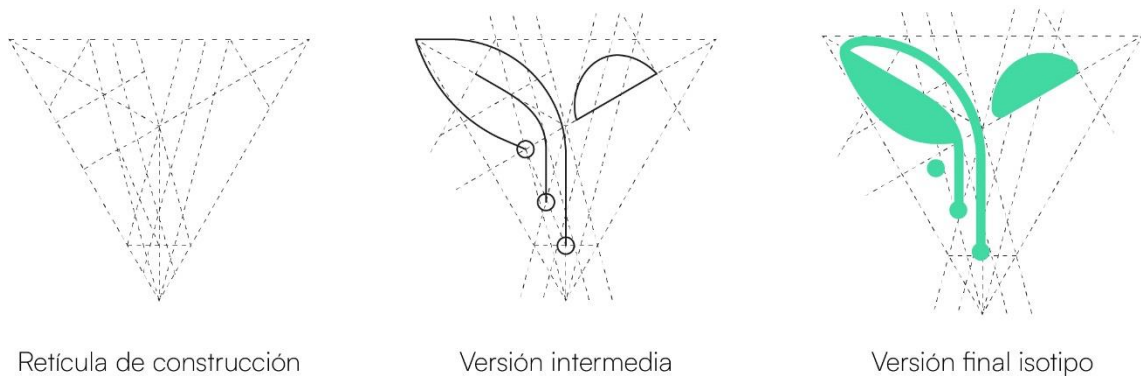


Figura 40. Ilustración de los bocetos iniciales del logo.  
Fuente: Elaboración propia.

El isotipo se crea inscrito en un triángulo equilátero y las bisectrices de sus ángulos. Junto con otras relaciones angulares secundarias en el interior del triángulo, se han trazado los contornos de las hojas, el tallo o las conexiones entre redes y los nodos. De esta forma, se consigue representar el crecimiento de nuestras plantas a partir de las redes de datos (Fig. 41).



Reticula de construcción

Versión intermedia

Versión final isotipo

Figura 41. Ilustración del proceso de construcción y trazado del isotipo. Fuente: Elaboración propia

DeMetrics, nombre escogido para la marca, nace de la suma de Deméter y Metrics. En la mitología griega Deméter es la diosa encargada de la fertilidad de la tierra y la agricultura. Metrics, hace alusión a una de las funciones principales de la aplicación: permitir visualizar las métricas de los cultivos. Para el logotipo se ha empleado la tipografía *Quicksand*. La relación entre el isotipo y el logotipo para formar el imagotipo se compone mediante una regla de tercios (Fig 42).

## Tipografía

Quicksand Medium.  
 ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ  
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

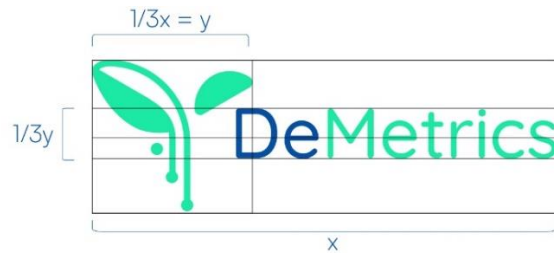


Figura 42. Ilustración de la construcción de la versión final del imagotipo. Fuente: Elaboración propia

Para los colores del imagotipo, se optó por un verde turquesa, y un azul polinesio. El color verde se emplea típicamente a lo referido no sólo a la naturaleza, sino también a la sostenibilidad. En este sentido, la idea presentada cumple una gran labor por preservar el medioambiente y hacer un uso más optimizado, controlado e inteligente de los recursos disponibles. Cabe destacar que la sutil presencia del azul en este verde genera un tono más moderno, que consigue distinguir este proyecto de otros más tradicionales relacionados con el sector, a la vez que deja intuir que existe una parte novedosa en la idea. El azul polinesio, color secundario en el logotipo, representa la parte más tecnológica del proyecto y la confianza que se espera y debe generar en el sector agrícola, uno de los principales objetivos de la iniciativa de cara al impacto social.

#### 2.3.4.4. Usos correctos de la identidad de marca

Una identidad de marca sólida es esencial para el éxito de cualquier empresa o producto, ya que actúa como una representación visual y emocional de su propósito, valores y personalidad. Sin embargo, es igualmente importante comprender y utilizar correctamente esa identidad de marca para maximizar su efectividad. Los usos correctos de una identidad de marca implican mantener la coherencia en todos los aspectos de su aplicación, desde el logotipo y los colores hasta el tono de voz y la tipografía. Al hacerlo, se establece una conexión más fuerte y reconocible con los consumidores, generando confianza y diferenciación en un mercado saturado.

A continuación, se presentan algunos de los usos correctos de la identidad de la marca para los medios tanto digitales como impresos más comunes (Fig 43).



Icono app



Imagotipo



Isotipo  
(ver, simplificada)



Imagotipo en negativo sobre fondo oscuro



Imagotipo versión blanco y negro



Imagotipo sobre imagen clara



Imagotipo sobre imagen oscura

Figura 43. Ilustración de los usos correctos de la identidad de marca. Fuente: Elaboración propia.

#### 2.3.4.5. Usos incorrectos de la identidad de marca

De la misma forma que deben presentarse los usos correctos, también deben exponerse aquellos usos no deseados que se puedan dar o se hayan dado de la identidad corporativa, ya que podría generar confusión o heterogeneidad en su aplicación. Algunos de los más comunes son el cambio de dimensión o posición del isotipo respecto al logotipo, empleo de colores no corporativos, o una mala aplicación del imagotipo o isotipo sobre imágenes.

En el caso de DeMetrics, pondera mayormente el imagotipo sobre el logotipo para las versiones en las que se desee simplificar la imagen de la marca. Además, en su aplicación sobre imágenes siempre debe aparecer la identidad en color blanco, independientemente de que la imagen sea oscura o clara, siempre y cuando exista un contraste suficiente entre la imagen y la identidad gráfica. En caso de que este no existiera, debe modificarse o cambiar la imagen, pero nunca el color del imagotipo (Fig. 44).





Colores no corporativos



Logotipo



Isotipo positivo degradado



Logotipo a color sobre fondo oscuro



Variación de dimensión



Logotipo en negro sobre imagen



Logotipo a color sobre imagen

Figura 44. Ilustración de usos incorrectos de la identidad corporativa. Fuente: Elaboración propia.

## 2.3.5. Esquemas de página

Los esquemas de página son representaciones visuales de la estructura y el diseño de la interfaz de la aplicación. Muestran la organización de la interfaz, tratando de seguir un diseño coherente entre cada pantalla, a pesar de mostrar información diferente. Los elementos dentro del diseño de los esquemas de página se han organizado siguiendo los principios de la Gestalt, cinco principios psicológicos que describen cómo percibimos y organizamos visualmente las formas y estructuras. En diseño UX, contribuyen a mejorar la usabilidad y la comprensión de la interfaz, dos aspectos de gran relevancia y objetivos mencionados en este proyecto. A continuación, se presenta cómo los esquemas de páginas iniciales se relacionan con algunos de estos principios. [46]

- **Principio de Proximidad.** Según el principio de proximidad, tendemos a percibir elementos que están cerca unos de otros como relacionados entre sí. En el diseño UX, se empleará este principio para agrupar elementos relacionados y separar aquellos que no tengan relación. Podemos ver este principio aplicado a la barra de menú (Fig. 45- A), donde cuatro elementos no iguales se agrupan para cumplir una misma posición jerárquica. Esto también se cumple para las cuatro cajas de la pantalla de inicio, pertenecientes a parcelas, tiempo, tareas y alertas (Fig. 45 - B). Otra sección donde observamos este principio es en la pantalla de Tiempo (Figura 47- I), donde los valores de humedad, puesta y salida del sol, viento, entre otros, se agrupan en cajas de igual tamaño y contiguas unas de otras.
- **Principio de semejanza.** Establece que percibimos elementos con características similares como parte de un grupo o categoría. En diseño UX, para agrupar visualmente elementos similares, es común aplicar el mismo color o forma para todos ellos. Este principio lo podemos ver

aplicado en la lista de parcelas de nuestro diseño (Fig 45 - D), donde se agrupa una lista de diferentes parcelas mediante cajas de mismo tamaño y con elementos de disposición iguales entre ellos, ya que, a pesar de referirse cada uno a una porción de tierra distinta, todas ellas son parcelas de cultivo. Lo mismo ocurre con la lista de tareas (Fig 46 — H).

- **Principio de continuidad.** Explica cómo percibimos líneas o curvas como una unidad de una trayectoria fluida. Este principio, contribuye a definir los flujos de información para el usuario dentro de la interfaz. Podemos ver un ejemplo de ello en la línea curva que marca el progreso de los valores de humedad en el tiempo (Fig 46- D).
- **Principio de cierre.** Se refiere a la tendencia a percibir formas o patrones incompletos como completos. En el ámbito gráfico de la interfaz, podemos apreciar este principio en los iconos, o logo. En diseño UX, este principio contribuye a hacer saber al usuario que, elementos que aparecen cortados por los límites de la pantalla, son en realidad elementos completos. Esto lo podemos apreciar en apartados como el carrusel de noticias, que sigue un desplazamiento horizontal (Fig.45 C), o los elementos de desplazamiento vertical cortados por el borde inferior, como la lista de parcelas o los elementos principales de la página de inicio.
- **Principio de figura-fondo.** Este principio expone que no es posible percibir un elemento como figura y fondo al mismo tiempo. Esto nos permite estructurar el contenido por capas, incluso crear una jerarquía entre ellas. Cuanto mayor sea el contraste entre una figura y su fondo, mayor es la atención hacia ese elemento, por lo que se entiende que desarrolla un papel de mayor relevancia respecto a otras figuras con menor contraste. En UX, se hace uso de este principio para destacar un botón sobre otro cuando sea la opción más recomendada para completar

un flujo, o para advertir sobre qué opción nos encontramos respecto a otras. En el esquema de página, lo podemos apreciar sobre la elección de mapas de la parcela, que aparece resaltada respecto a las otras, a pesar de que las tres opciones son figura sobre fondo (Fig. 45 - E).

La aplicación de estos principios se mantendrá y potenciará hasta la presentación del prototipo final.

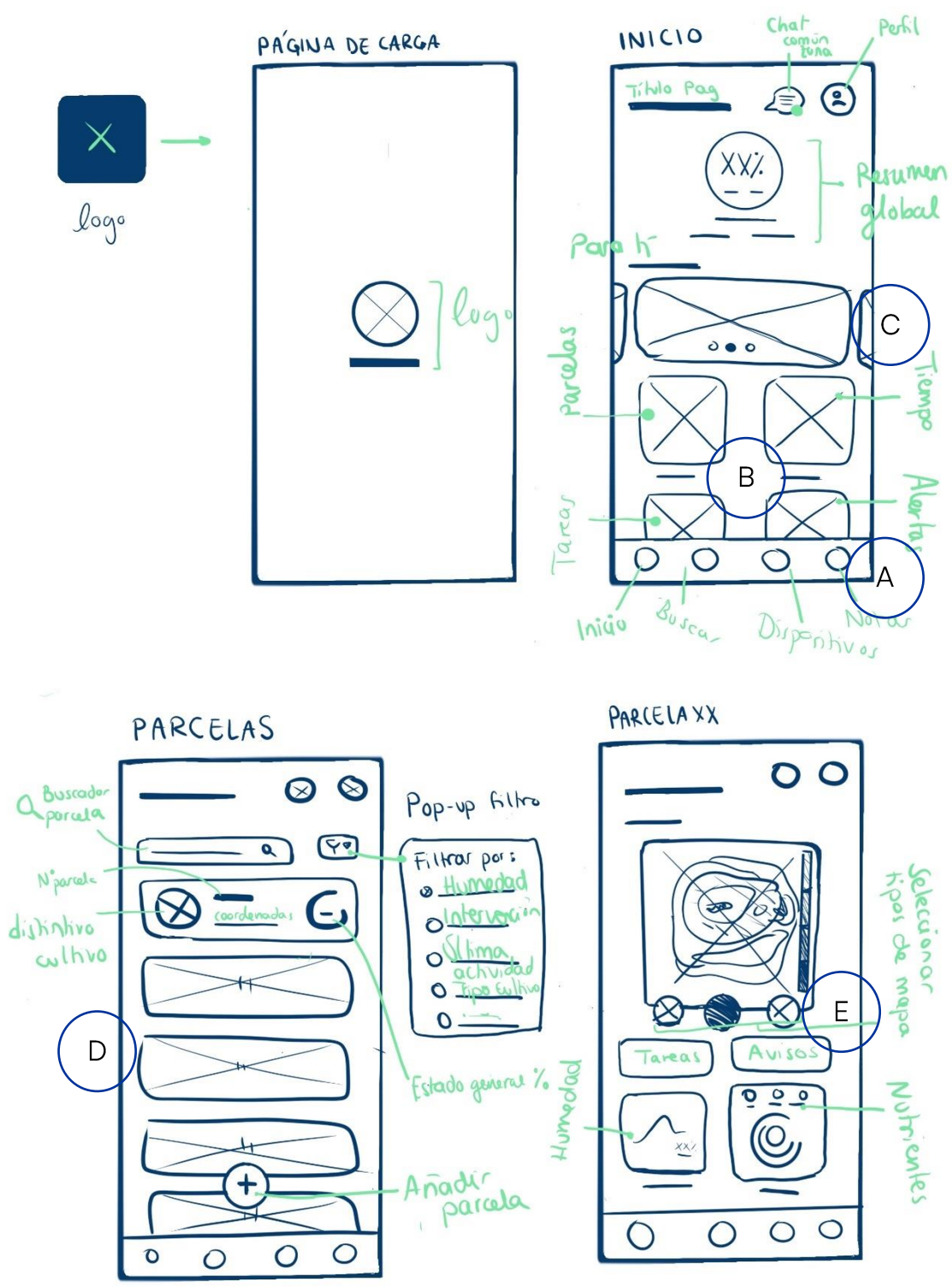


Figura 45. Esquemas de interfaz de inicio y parcelas. Fuente: Elaboración propia

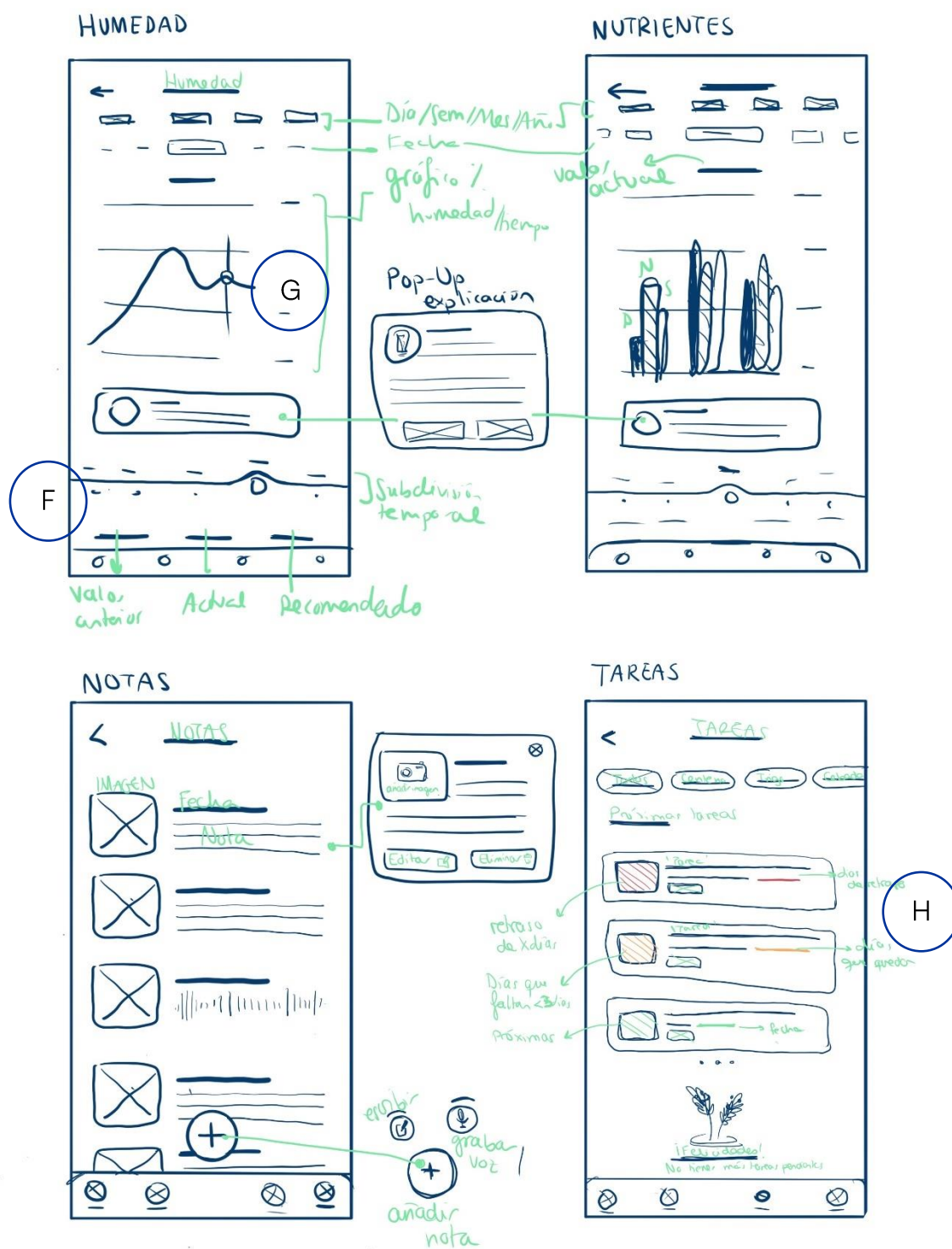
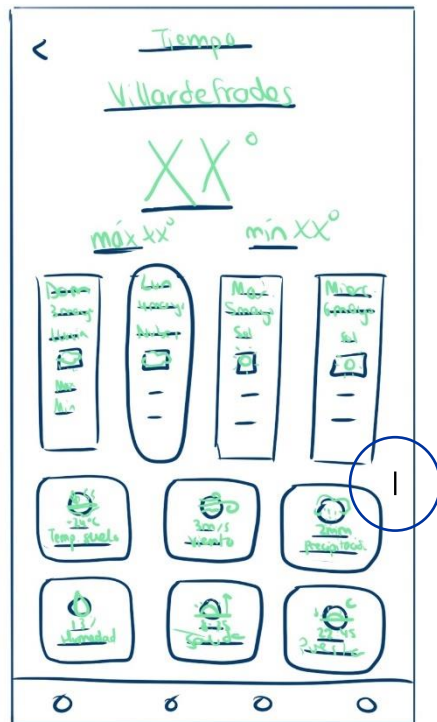


Figura 46. Esquemas de interfaz de humedad, nutrientes, notas y tareas. Fuente: Elaboración propia

## TIEMPO



## CONFIGURACIÓN

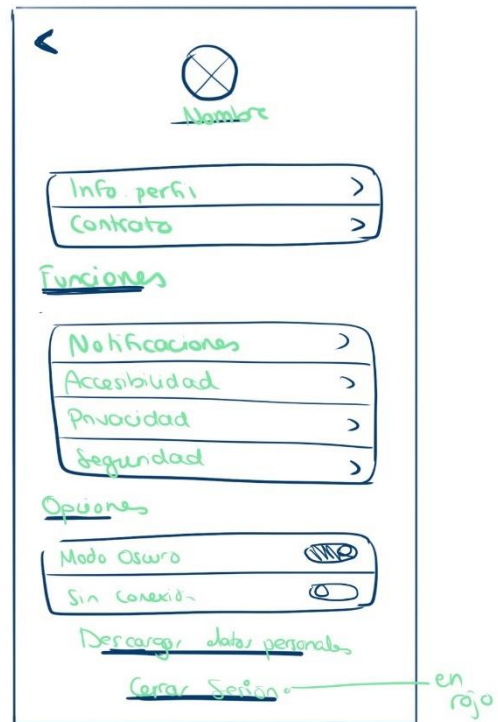


Figura 47. Esquemas de interfaz de tiempo y perfil. Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Prototipar

Los prototipos son una parte esencial para el diseño UX, ya que permiten materializar las ideas de la solución y unir los diseños gráficos de los esquemas de página, con los flujos de navegación deseados, y probar si realmente funcionan como se espera o deben mejorarse. Tras cada evaluación del prototipo, es normal hacer ajustes o reorganizar la información, para obtener una experiencia lo más fluida posible, teniendo en cuenta aspectos como la accesibilidad, los tiempos que se tarda en completar cada tarea o la facilidad con la que el usuario pueda realizar cada tarea, así como detectar obstáculos o puntos críticos que perjudiquen una buena experiencia con la aplicación.

Los prototipos en diseño UX pueden tener varios niveles de fidelidad. Estos niveles hacen referencia al grado de detalle y semejanza que tendrá el prototipo con la versión real de la aplicación. En este caso, se ha trabajado con prototipos de baja fidelidad (*LoFi*) y prototipos de alta fidelidad (*HiFi*). En ambos casos, se ha empleado la herramienta digital *Figma* para ello.

### **2.4.1. Prototipos de baja fidelidad**

Los prototipos de baja fidelidad son representaciones simplificadas y rápidas de la solución de la propuesta. Pueden hacerse tanto en papel como en medios digitales. Son útiles para las pruebas iniciales del prototipo, ya que el nivel de detalle es bajo, por lo que el flujo de trabajo es rápido. Se centran en probar conceptos, la estructura de la información y los flujos de navegación, más en que en representar aspectos visuales o funcionales detallados.

Para los primeros prototipos de la app, se comenzó por crear los esquemas de página en versión digital, también conocidos como *wireframes*, y establecer las conexiones mediante flujos de navegación para probar la estructura y organización elegida.

En esta primera versión digital de la app, se logró reducir, por ejemplo, el tiempo que tardaba un usuario en encontrar una parcela determinada, mediante la aplicación de la Ley de Fitts, la Ley de Miller y la Ley de Hick [47]. La Ley de Fitts considera la ubicación y tamaño de los elementos para determinar cuánto tiempo tardará un usuario en encontrar cierto elemento. Por otro lado, la Ley de Miller determina que una persona adulta es capaz de recordar en la memoria a corto plazo entre 5 y 9 elementos, por lo que la información principal mostrada no debe exceder de este número si queremos que nuestro usuario pueda reconocer cada elemento con rapidez. La Ley de Hicks define el tiempo de respuesta del usuario como directamente proporcional a la cantidad de estímulos y opciones



que percibe. Es recomendable reducir al máximo el número de estas opciones, para que el usuario no se sienta perdido o abrumado, lo que podría causar un rechazo a usar la aplicación si este problema persistiera de forma frecuente.

En este sentido, en la aplicación desarrollada se logró mejorar el proceso de elección de una parcela. Inicialmente, se mostraba una lista con todas las parcelas, sin diferenciar entre cultivos u otras características. Esto creaba una pantalla con una lista de 15 elementos en el caso del Cultivo Zero (Fig. 49, 50), pero que podría extenderse para explotaciones de mayor tamaño. La solución a ello fue crear una pantalla intermedia entre el inicio y la opción de seleccionar cada parcela individualmente que permitiese hacer un filtro inicial según el tipo de cultivo, ya que normalmente no hay más de 9 tipos de cultivo distintos en España (Figs 48, 50, 51). Además, de esta forma se podían hacer los elementos de selección más grande, por lo que se agilizaría el flujo hasta llegar a la información de la parcela deseada.

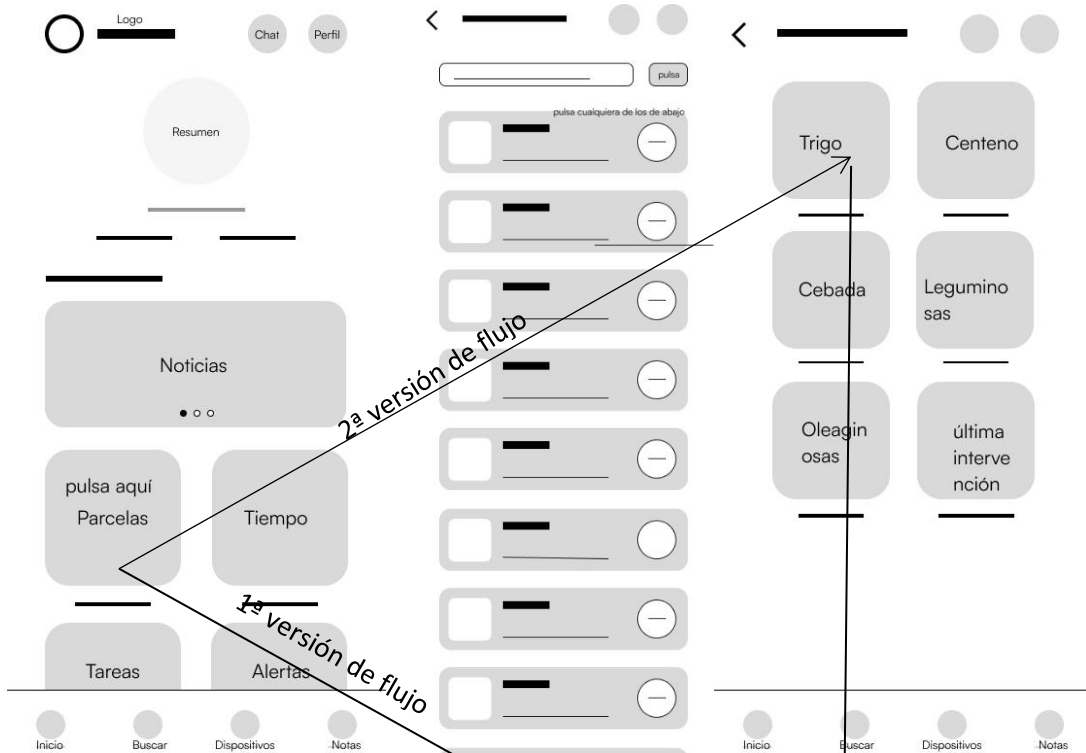


Figura 51. Wireframe página de inicio LoFi. Fuente: Elaboración propia



Figura 49. Wireframe página de parcelade trigo 1ª versión. Fuente: Elaboración propia

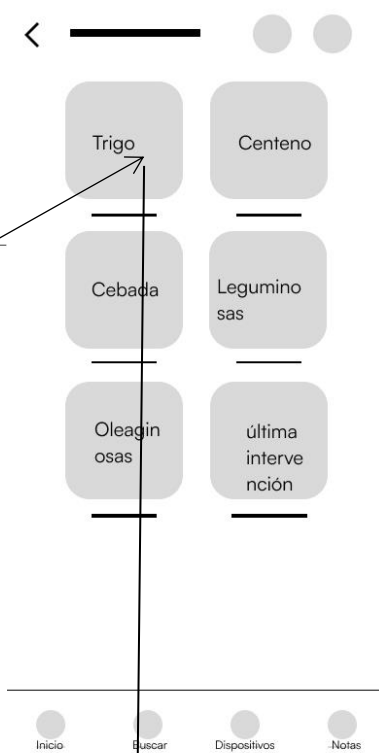


Figura 48. Wireframe página parcelas intermedia 2ª versión. Fuente: Elaboración propia

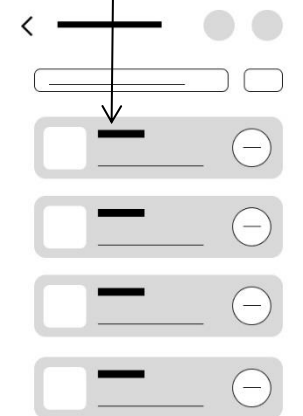


Figura 50. Wireframe página parcela de trigo 2ª versión. Fuente: Elaboración propia

También se plantearon los diseños de otros *wireframes* para crear las interacciones principales, como son la página de carga, la de inicio, la página de información de cada parcela o la página de tareas, desde la que poder añadir o completarlas (Fig. 52).



Figura 52. Wireframes de página de carga, inicio, información de parcela y tareas. Fuente: Elaboración propia.

Para las pruebas de flujo e interacción entre elementos, no se ha especificado el tipo de animación, ya que esto se hará en el prototipo de alta fidelidad. Todos los tipos de animación entre las relaciones establecidas son del tipo instantáneo (Fig. 53). En el prototipo final, las animaciones acompañarán la experiencia de navegación, por lo que reproducirán cierto movimiento o efecto de transición.

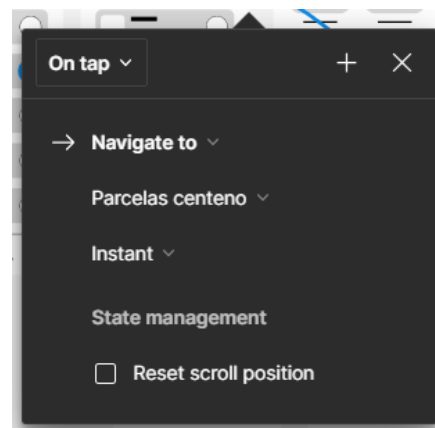


Figura 53. Captura de pantalla de la configuración de las transiciones entre pantallas del prototipo de baja fidelidad. Fuente: figma.com

Si se desea navegar por el prototipo de baja fidelidad (Fig. 54), se puede ver un video de la navegación en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/IPY4C87MBrASRTxRK4Af-G0xQGmzUElIG/view?usp=sharing>

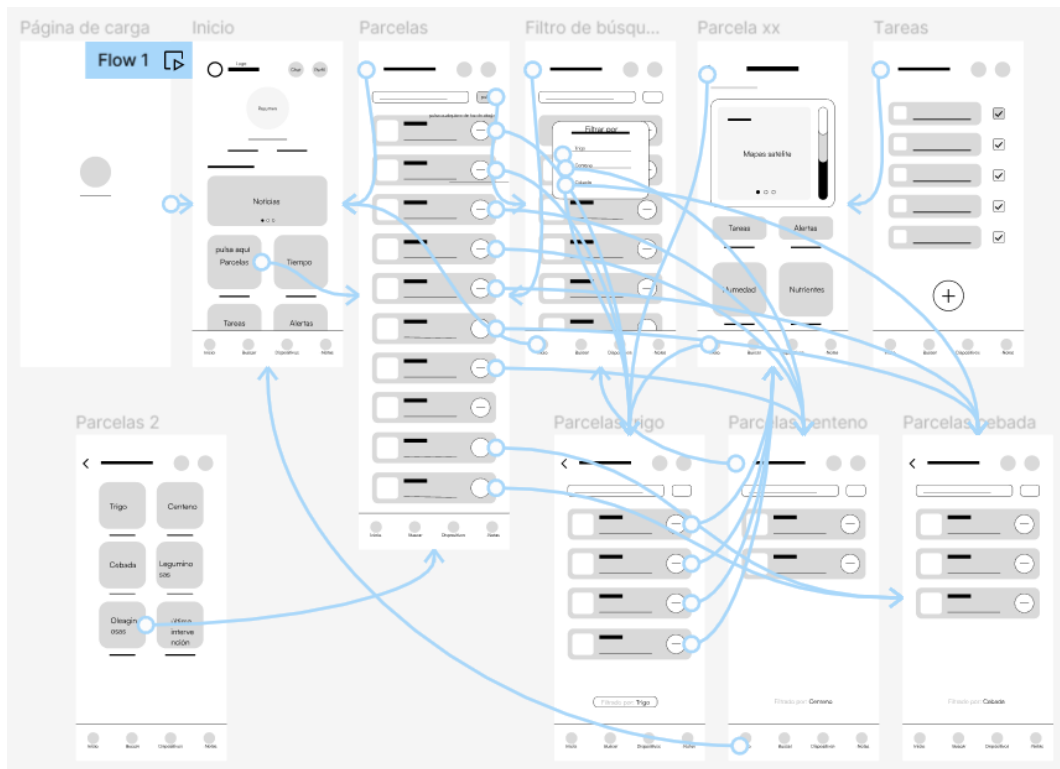


Figura 54. Captura de pantalla de las conexiones de flujo entre pantallas del prototipo de baja fidelidad. Fuente: Elaboración propia

## 2.4.2. Prototipos de alta fidelidad

Un prototipo de alta fidelidad es una representación lo más realista posible de un producto final obtenida mediante la recreación visual de los elementos de diseño, interacción y características funcionales del producto.

## 2.4.2.1. Sistema de diseño

Un sistema de diseño recoge los principios y pautas de diseño coherentes utilizados para crear y mantener una consistencia visual y funcional en un producto digital. Proporciona un marco de trabajo con unas pautas estandarizadas que deberán mantenerse en el diseño de toda la aplicación, o incluso en todos los productos de una misma empresa.

Dentro del sistema de diseño (Fig. 55) podemos encontrar definidos aspectos como la paleta de color de la aplicación, los usos tipográficos, los iconos empelados, y cada diseño para los estados de los botones o “Call to Action” (CTA).

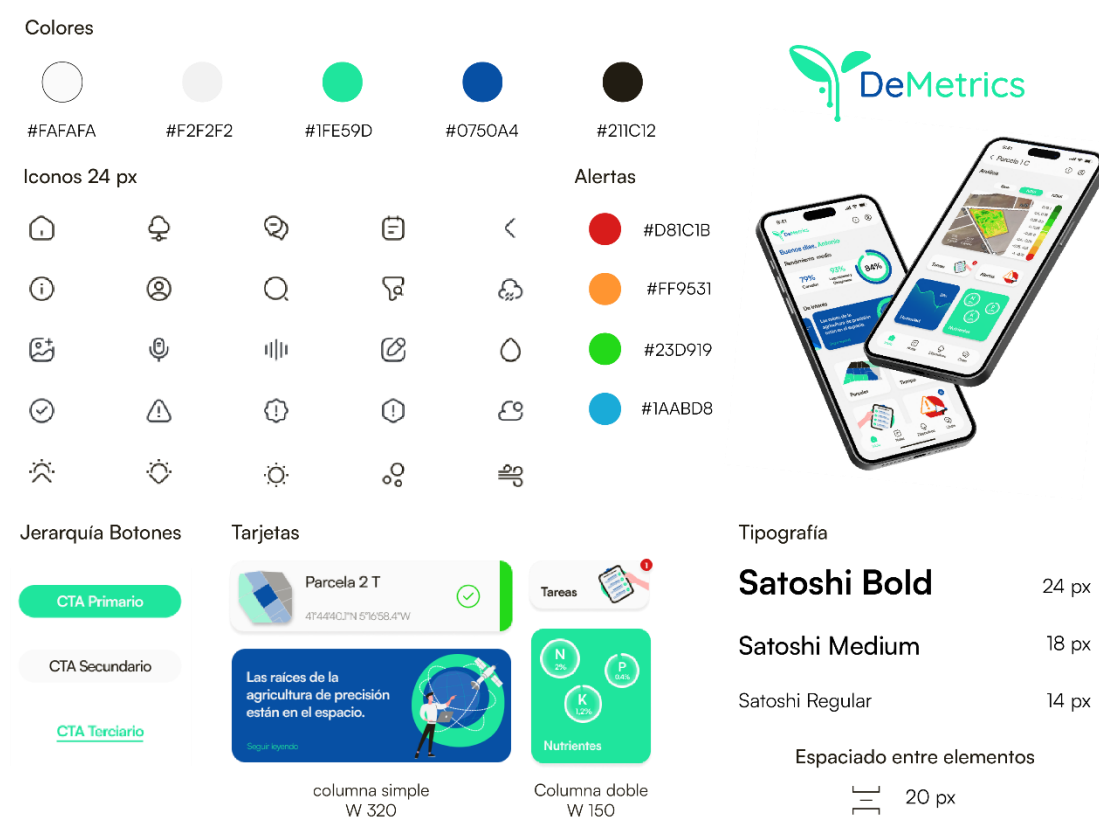


Figura 55. Sistema de diseño DeMetrics. Fuente: Elaboración Propia

## 2.4.2.2. Ilustraciones

Dentro de la aplicación, podremos encontrar una colección de ilustraciones (Fig. 56) creadas específicamente para representar cada aspecto de una forma visual. Estas ayudan a comprender las acciones que se podrán o a las que se refieren cada elemento de la aplicación, reduciendo así la carga cognitiva. En otros casos, acompañarán al texto para transmitir la idea de una forma más sencilla.

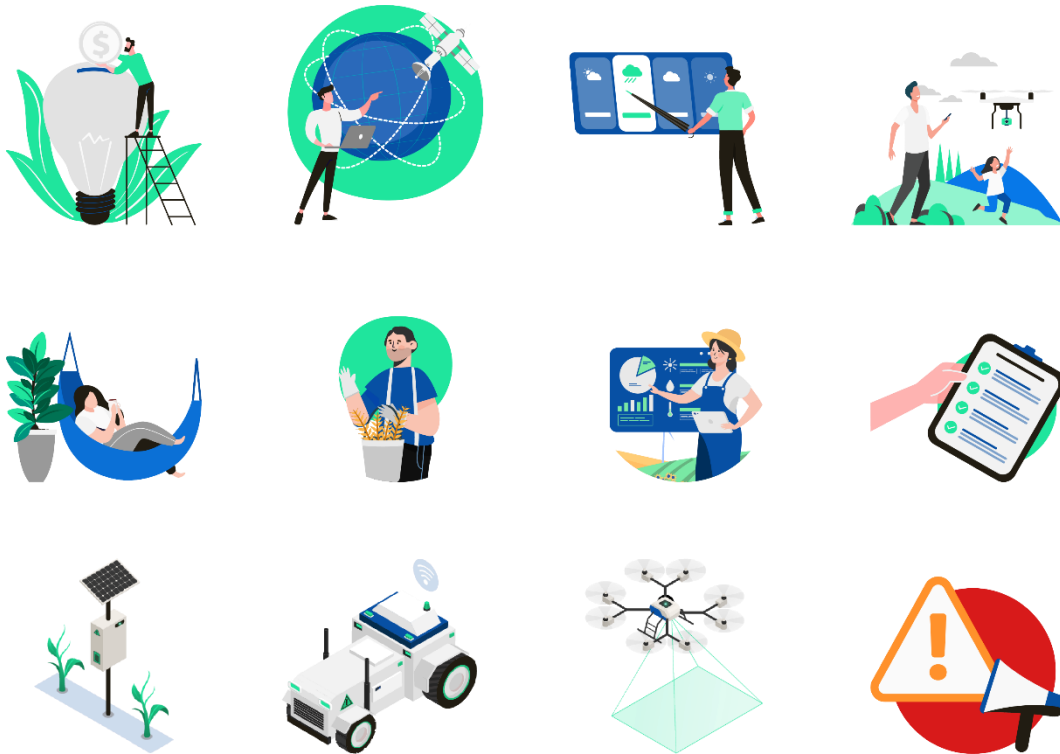


Figura 56. Ilustraciones para app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

### 2.4.2.3. Pantallas

El diseño de las pantallas es un resultado de los objetivos establecidos en base a la investigación conducida, las iteraciones de diseño, y las propiedades definidas en el sistema de diseño.

**Pantalla de inicio.** Desde la pantalla de inicio se podrá acceder a todos los apartados principales de la aplicación, bien sea desde la propia pantalla de inicio, la barra de menú inferior o el cabecero superior. Más allá de poder acceder a los análisis e información de la explotación, podemos encontrar un apartado dedicado a noticias y artículos de interés desde el cual los usuarios podrán obtener información de interés relacionada con su actividad agrícola, como normativas o ayudas aplicables a sus tipos de cultivo o localización geográfica ya que, como nos comentaban los potenciales usuarios en las entrevistas, es difícil estar al día de todos los cambios impuestos en el sector. Además, desde esta sección podrán obtener información de curiosidad sobre la agricultura de precisión, y así contribuir al objetivo de divulgación de estas prácticas del plan de la PAC. (Fig. 57)



Figura 57. Pantalla de inicio app DeMetrics.  
Fuente: Elaboración propia

Pantallas De Interés. En esta sección encontraremos las noticias de interés seleccionadas específicamente para cada usuario. Deslizando horizontalmente sobre ellas, podremos ver los titulares de todas y escoger la que más nos interese leer pulsando sobre ellas. (Fig. 58)

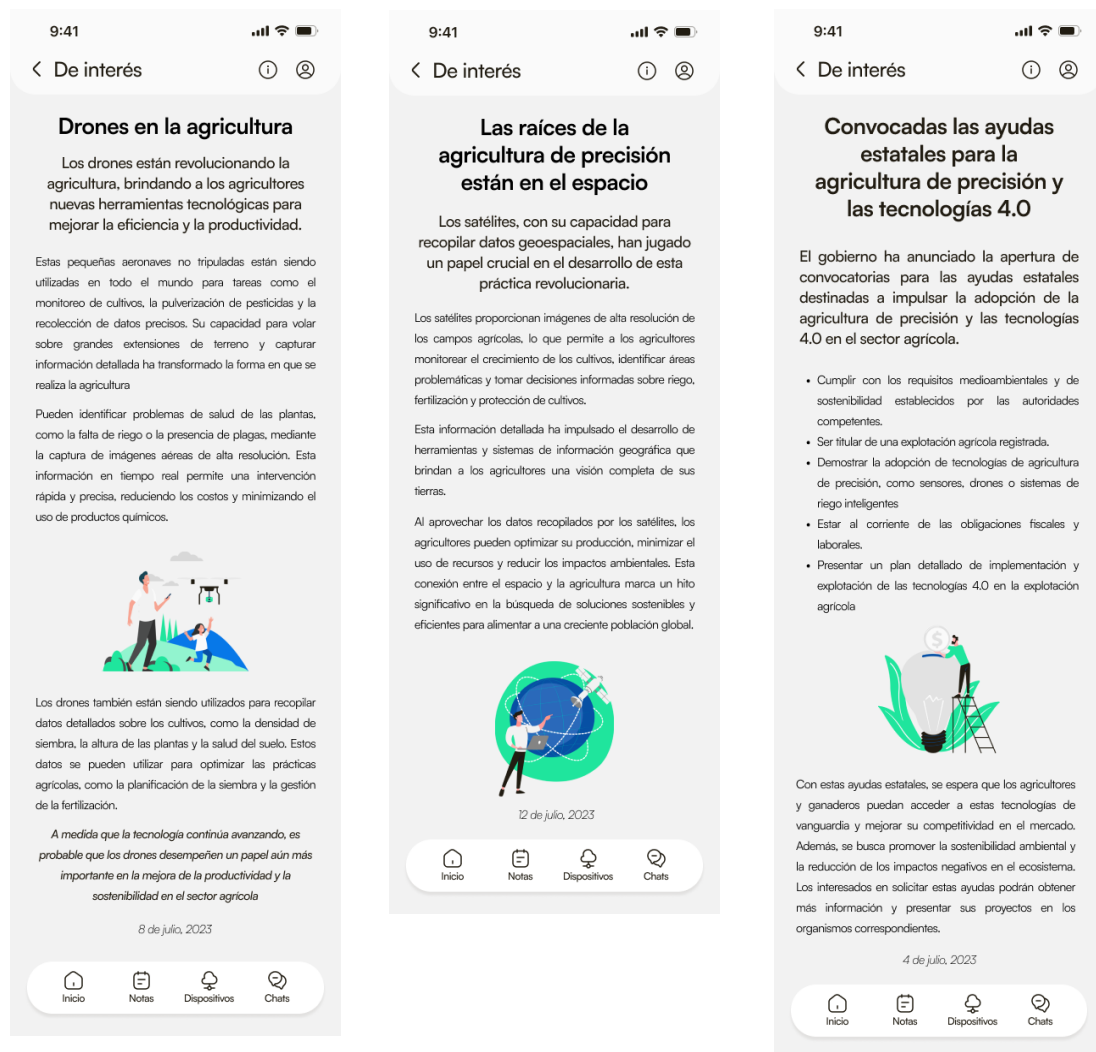


Figura 58. Pantallas De interés app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia



Pantalla de Parcelas. Una vez pulsada la tarjeta de “Parcelas” en la pantalla de inicio, podremos elegir entre los tipos de cultivo (cereales, leguminosas u oleaginosas) o bien filtrar la búsqueda pulsando el embudo en la parte superior izquierda. También se puede buscar directamente la parcela deseada en la barra de búsqueda superior para agilizar la búsqueda si tuviéramos claro qué parcela deseamos ver. (Fig. 59)

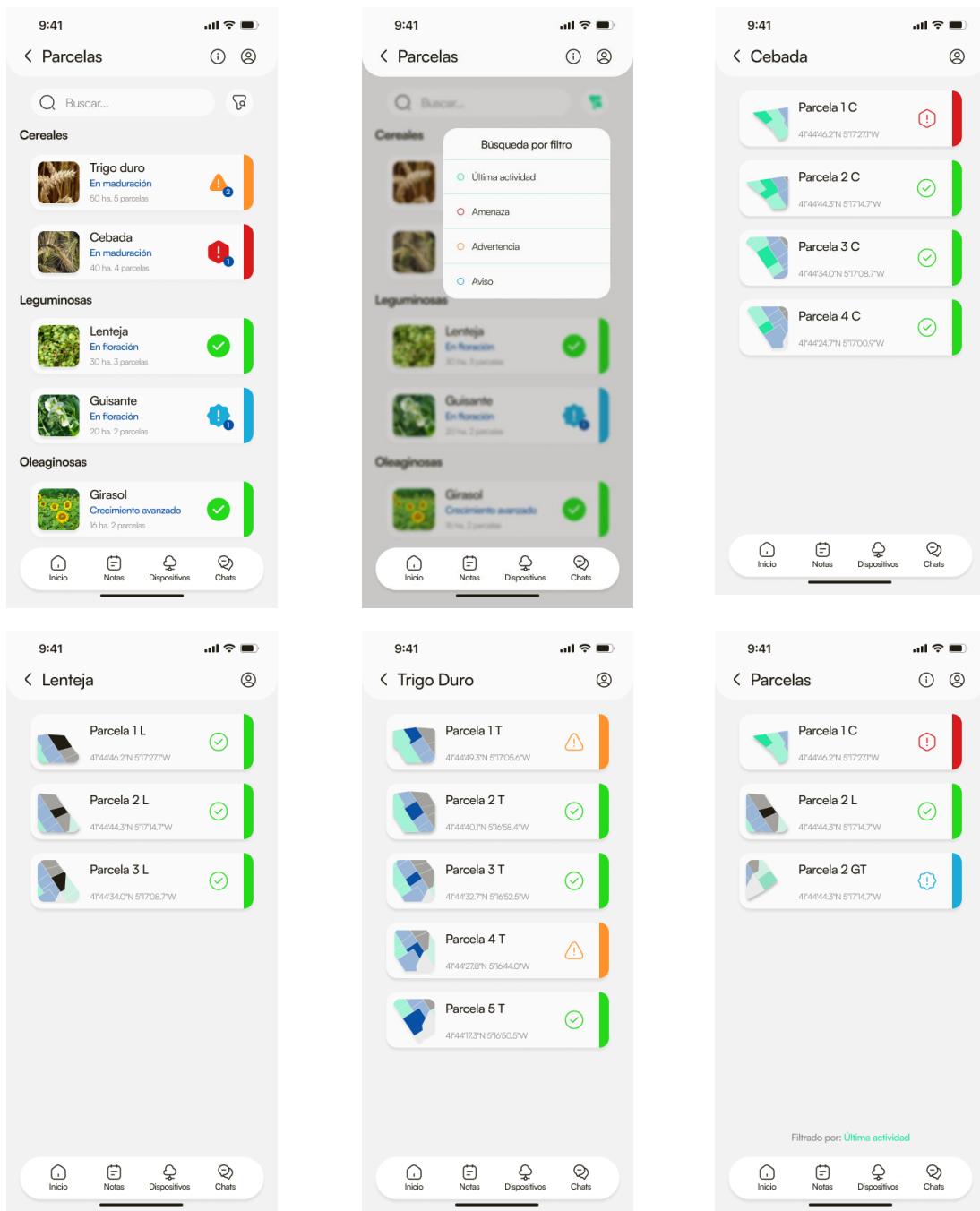


Figura 59. Pantallas de parcelas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

Pantalla de información de parcela individual. Una vez seleccionada la parcela deseada, podremos ver un análisis del estado de esta, escoger ver las alertas específicas para esa parcela, si las hubiera, las tareas pendientes, un registro histórico de los niveles de humedad o de nutrientes. (Fig. 60)

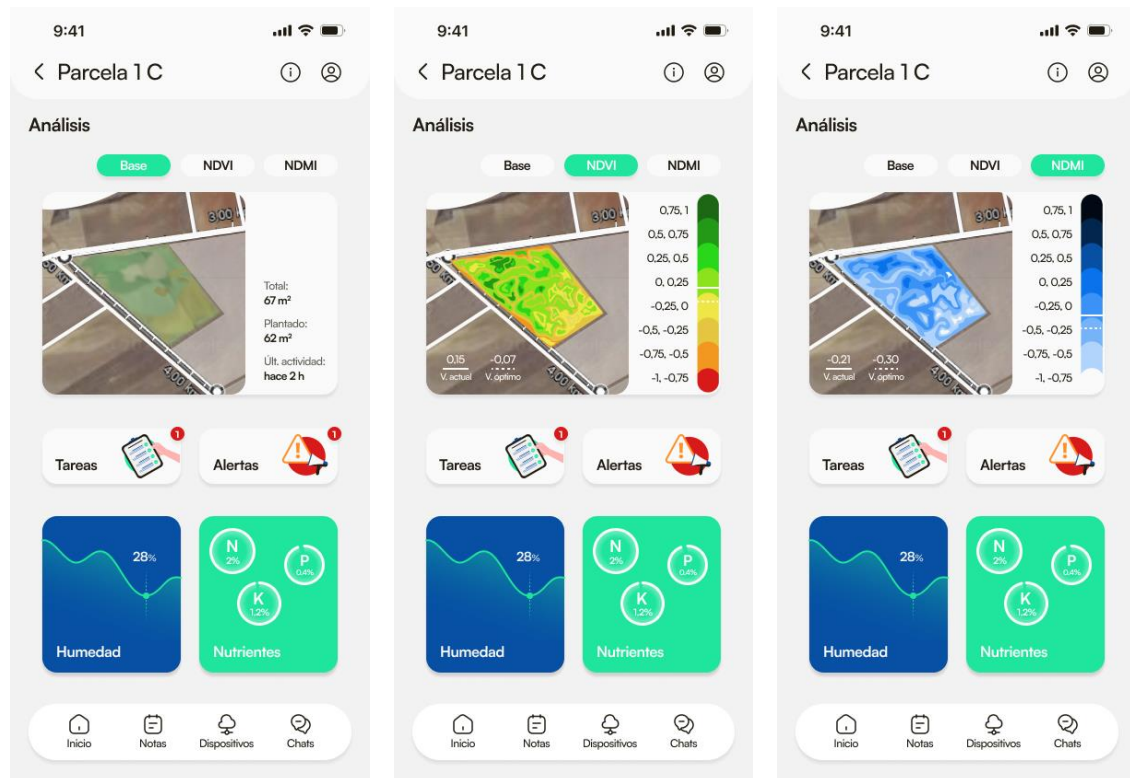


Figura 60. Pantalla de información de parcela individual. Fuente: Elaboración propia

. En esta pantalla, encontraremos la vista de satélite de la parcela, así como el análisis NDVI y NDMI del terreno. Estos índices nos ayudarán a determinar la salud de los cultivos a partir de su concentración de clorofila y humedad. En estos mapas podremos ver también cuál es el valor medio del índice medido y cuál sería el óptimo considerando la etapa de crecimiento de la plantación, condiciones de suelo o climatológicas, entre otros. En el ejemplo de la parcela 1C (Fig. 60) podemos encontrar una zona con una humedad superior a la del resto de la parcela, coincidente además con un índice superior de clorofila, lo que significa que en esa área se está concentrando un mayor porcentaje de humedad, lo que podría ocasionar un problema que debe tratarse.

**Pantalla de humedad.** Los niveles de humedad del cultivo se podrán medir mediante los sensores instalados. A modo de gráfico se presentará un registro histórico de los niveles anuales por meses y los mensuales por semanas. Los puntos azules simbolizan el valor medido y las franjas degradadas verdes el intervalo de valor recomendado.

También se podrán visualizar los valores óptimos, medios, máximos y mínimos en texto para el análisis semanal y las fechas de germinación, floración y cosecha para el mensual. (Fig. 61)

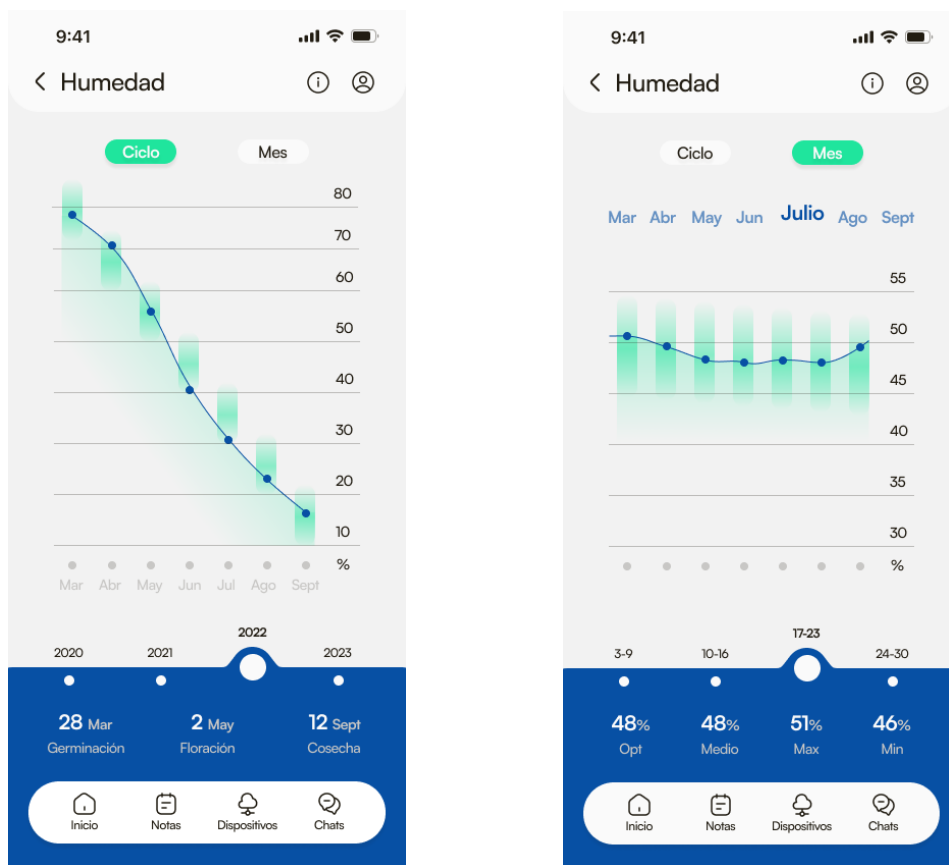


Figura 61. Pantallas de humedad app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

**Pantalla de alertas.** Aquí encontraremos todas las parcelas con un cierto grado de alerta (Fig. 62). Se ha establecido cada grado de alerta con un color y símbolo reconocibles para el usuario por sus significados universales:

- El color rojo simboliza las amenazas. Están deben ser solucionadas en un tiempo inferior o igual a media hora para que sus repercusiones no sean graves.
- El color naranja simboliza las advertencias. Están tienen un grado de impacto menos, por lo que su tiempo de actuación recomendado es igual o inferior a una hora.
- Los avisos, en color azul, no representan un riesgo existente, sino la existencia de una posible amenaza futura, como podría ser ocasionada por la detección de una plaga en algún cultivo vecino. Deben revisarse periódicamente.

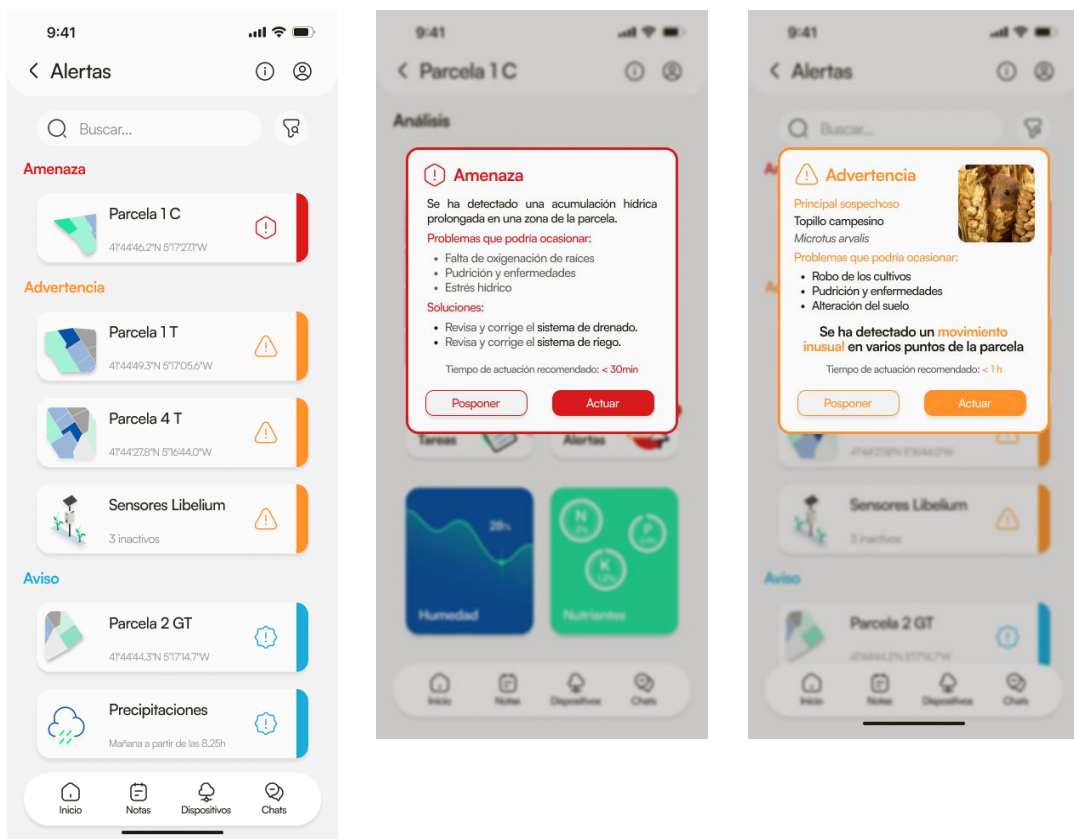


Figura 62. Pantallas de alertas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

Las notificaciones de alerta se podrán posponer mediante una variable de contador. Una vez resueltas todas las alertas, aparecerá una pantalla que invita al descanso en su lugar. (Fig. 63)

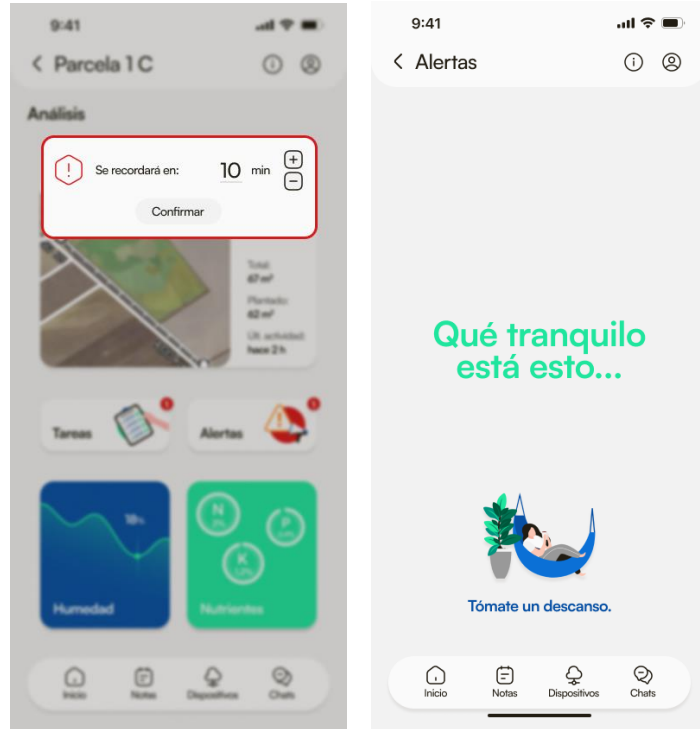


Figura 63. Pantallas de inexistencia de alertas y notificación pospuesta app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

**Pantalla de tareas.** En esta pantalla encontraremos las tareas pendientes ordenadas por orden de prioridad, también con el apoyo del color para una comprensión visual más ágil. En este caso, el rojo se asocia con las tareas urgentes, el naranja con las pendientes y el azul con las futuras. Los tiempos de actuación recomendados son los mismos asociados a las alertas. (Fig. 64)

Una vez realizada cada tarea, el usuario la podrá marcar como realizada y esta desaparecerá de la pantalla. La necesidad de intervención del usuario en la finalización de las acciones mantiene la preferencia de los agricultores de tener control sobre sus propios cultivos.



Figura 64. Pantalla de tareas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

Pantalla de notas. Además de las tareas cargadas por el sistema de la aplicación, el agricultor podrá anotar otros aspectos ajenos a lo controlado por la aplicación, como material a comprar, recordatorios, u observaciones propias de sus cultivos.

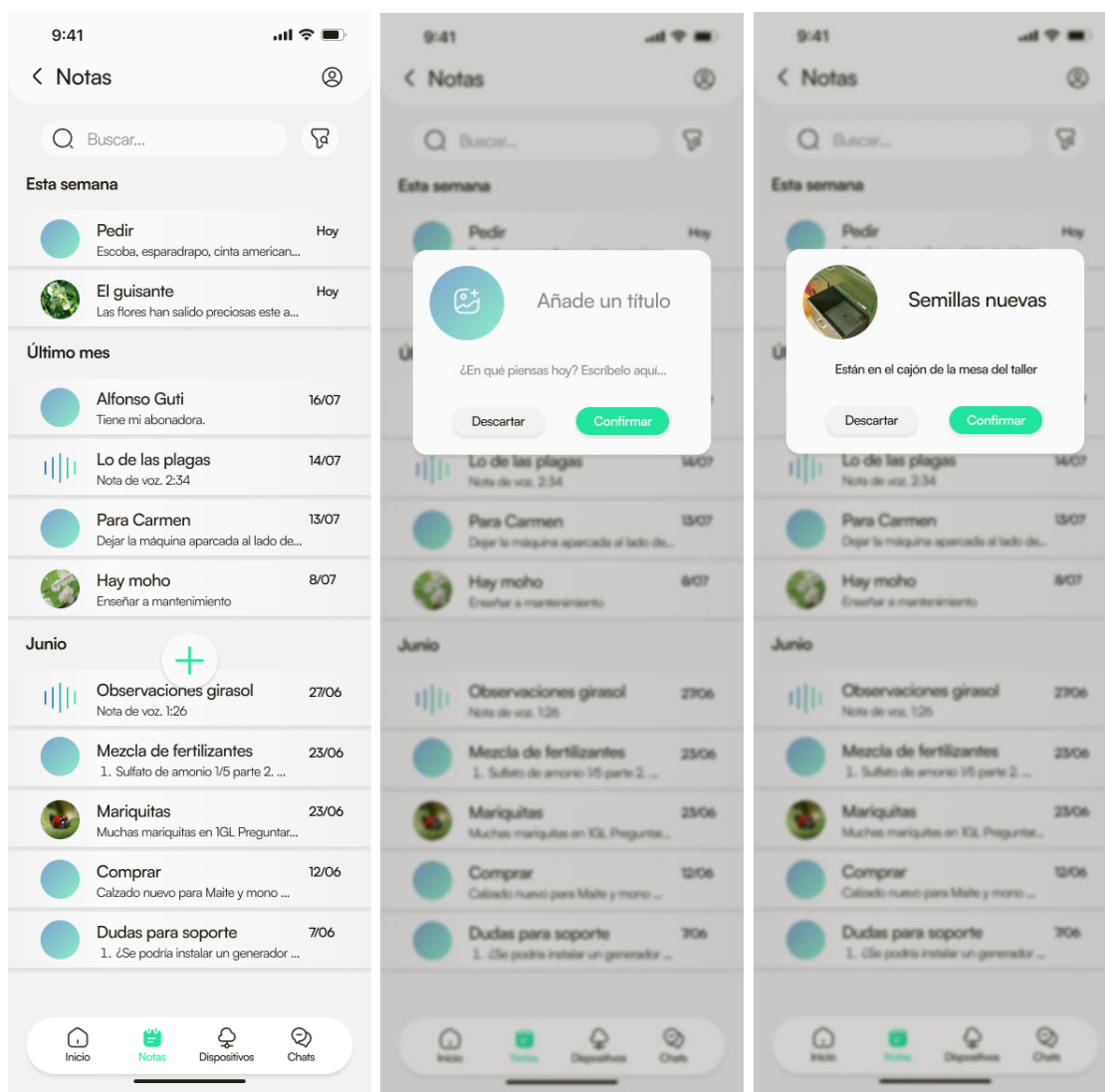


Figura 65. Pantalla de notas app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

Los usuarios tendrán la opción de añadir tanto notas escritas como de voz, además de poder añadir imágenes a sus notas que carguen desde su cámara o la galería del dispositivo. (Fig. 65).

**Pantalla de tiempo.** Los usuarios podrán tener información climatológica más precisa para su zona geográfica que una app de tiempo convencional cargada desde los datos recogidos por las estaciones meteorológicas o los sensores. Desde esta pantalla, podrán ver datos como la calidad del aire, viento, humedad del aire, índice UV, o la predicción de temperatura.

Para esta última, se ha incluido una línea visual que muestra mediante el color el aumento o disminución de la temperatura según la línea temporal de la semana, lo que contribuirá a una lectura más rápida de este aspecto por parte del usuario. (Fig. 66)

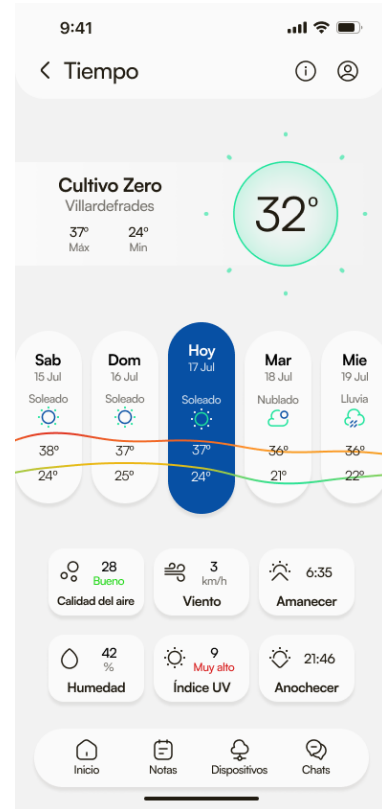


Figura 66. Pantalla del tiempo app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia



**Pantalla de dispositivos.** Desde esta sección el usuario podrá visualizar los dispositivos que tiene contratados y en funcionamiento en su explotación, así como el estado de actividad de cada uno. (Fig. 67)

Si presiona sobre ellos, será redirigido a la página web del fabricante.

Figura 67. Pantalla de dispositivos app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

**Pantalla de chats.** La aplicación tendrá integrada la opción de crear grupos de chats entre clientes de DeMetrics con el objetivo de crear una red de consulta y ayuda entre vecinos que mejore la experiencia de la app mediante comentarios y retroalimentación entre vecinos.

También ofrecerá contacto directo por chat con el equipo de soporte y los técnicos especializados en el manejo de dispositivos, como podrían ser los técnicos de drones o servicio de mantenimiento de los dispositivos. (Fig. 68)

Figura 68. Pantalla de chats app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia



#### 2.4.2.4. Flujos de navegación

Para probar la navegación por la aplicación, se han creado 4 flujos diferentes para que el usuario pueda testar la experiencia de la aplicación.

**Flujo 1.** El usuario abrirá la app desde el icono en la pantalla de su dispositivo. Consultará el apartado de interés y el tiempo de esta semana. Después, consultará el apartado de dispositivos y pulsará sobre los sensores para obtener más información desde la página del fabricante. Puede ver un vídeo de navegación de este flujo por la app en el Anexo 1 o en el siguiente enlace: [https://drive.google.com/file/d/13jUYntca9pFjz\\_n6QmFowOwed6m2ehzg/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/13jUYntca9pFjz_n6QmFowOwed6m2ehzg/view?usp=sharing)



**Flujo 2.** El usuario partirá desde la página de inicio para llegar a la Parcela 1 C. Una vez ahí, explorará los índices de los mapas y los niveles de humedad del presente año, del pasado, de la presente semana y la anterior. Puede ver un vídeo de navegación de este flujo por la app en el Anexo 2 o en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1KPzxQEIPvus4r53A18AwiOheN9pJpoyV/view?usp=sharing>

**Flujo 3.** En el flujo anterior, el usuario habrá detectado unos niveles anormales de humedad. Esta vez, desde la pantalla de la Parcela 1C, abre el apartado de alerta y pospone la notificación a 12 minutos. Después, vuelve a la página de inicio para consultar otras alertas, como la asociada a la Parcela 1T. Puede ver un vídeo de navegación de este flujo por la app en el Anexo 3 o en el siguiente enlace: [https://drive.google.com/file/d/1qOwpf-SI\\_NM-VIAIfRnodA-C4EqRFGh7/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1qOwpf-SI_NM-VIAIfRnodA-C4EqRFGh7/view?usp=sharing)

**Flujo 4.** Desde la página de inicio, el usuario completa la tarea “repostar tractor”. Aprovecha para consultar los chats y añade una nota en el apartado de Notas. Puede ver un vídeo de navegación de este flujo por la app en el Anexo 4 o en el siguiente enlace: [https://drive.google.com/file/d/1X6zaZp6g7Dp\\_dTbOao1HoO-E6xQTU210/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1X6zaZp6g7Dp_dTbOao1HoO-E6xQTU210/view?usp=sharing)

### 2.4.3. Presentación de producto

Tras el desarrollo del diseño de la aplicación (Fig. 68), se presenta una serie de imágenes para representar el entorno en el que se usará esta aplicación, así como los futuros pasos que se darían en su desarrollo: diseño de código, lanzamiento de versiones beta, testeo en usuarios y lanzamiento al mercado.

En este aspecto, se consideran los medios de difusión típicos para aquello relacionado con tecnología en el sector agrícola: marquesinas publicitarias en zonas agrícolas (Fig. 69) o ferias agrícolas donde cada empresa presentará su producto en un stand (Fig. 70).



Figura 69. Pantallas de la app DeMetrics en dispositivos iPhone 12. Fuente: Elaboración propia

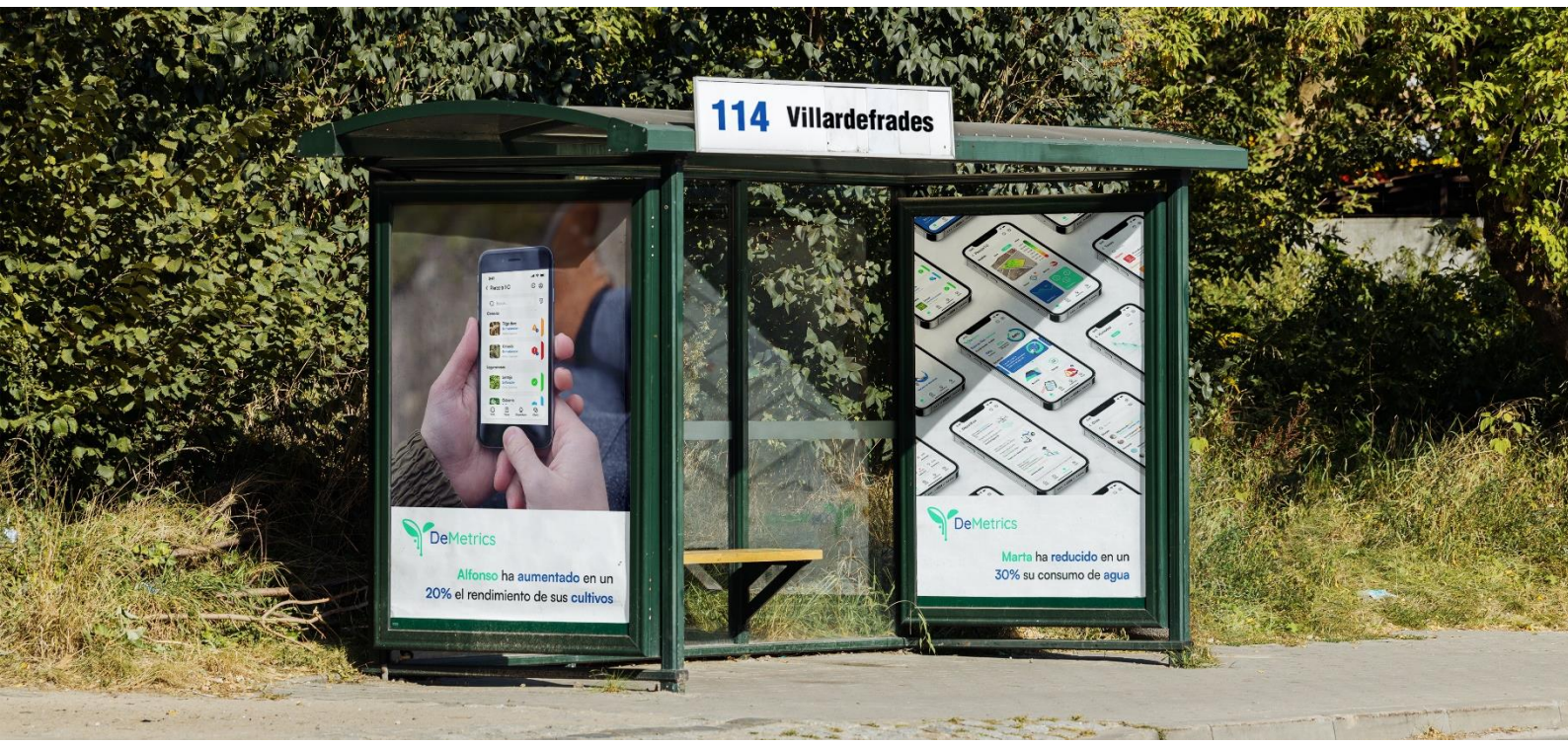


Figura 70. Marquesina de parada de autobús publicitaria en Villardefrades. Fuente: Elaboración propia

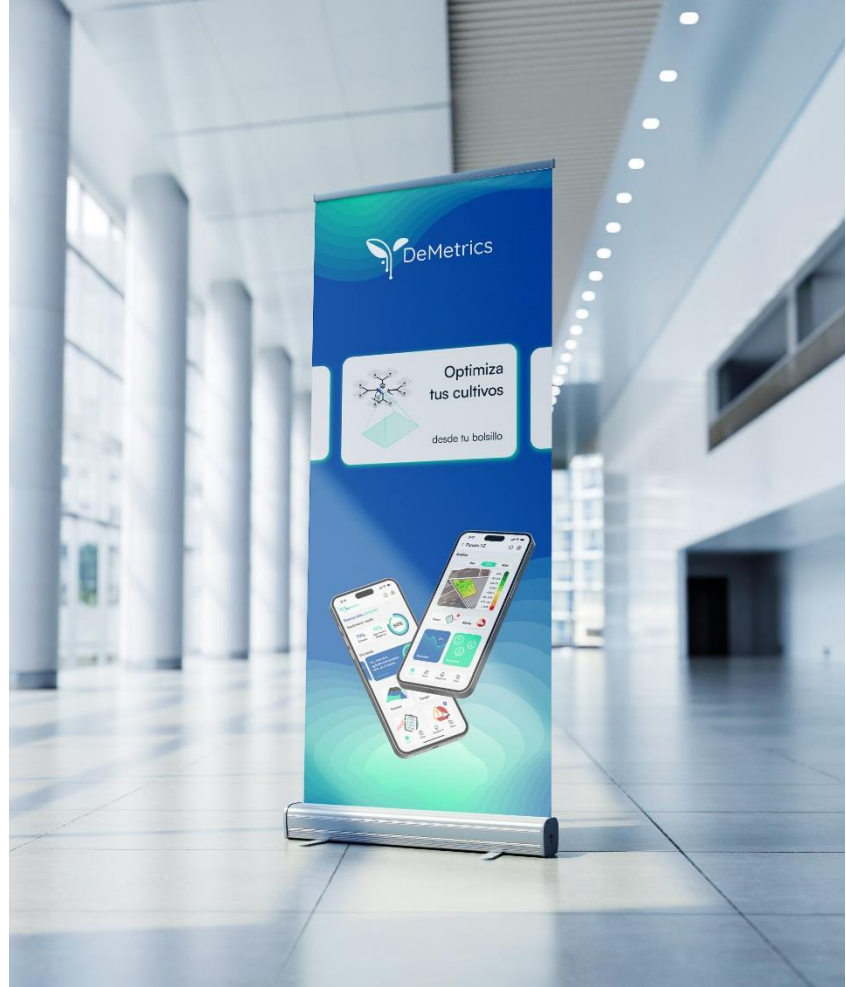


Figura 71. Stand de feria para app DeMetrics. Fuente: Elaboración propia

# Conclusiones

En el presente proyecto se han observado los numerosos beneficios que puede aportar la agricultura de precisión dentro del sector agrícola español, así como la necesidad inminente de este por tomar medidas para mejorar el gran impacto que genera sobre el entorno, la sociedad y la economía.

Dadas las extremas condiciones meteorológicas a las que se somete la actividad agrícola, así como el empobrecimiento de la calidad del suelo y el aumento de productos de insumo y recursos básicos, es necesaria una transformación en el sector que contribuya la adaptación y mejora de esta actividad a los cambiantes entornos en los que se desarrolla.

Frente a este problema, la práctica de la agricultura 4.0 o agricultura de precisión ha demostrado contribuir a frenar el cambio climático y a mejorar la productividad de los cultivos, convirtiéndose en una herramienta beneficiosa tanto para el entorno como para los agricultores, que sostienen uno de los pilares de la cadena de alimentación a nivel nacional e incluso internacional. No obstante, se presenta cierta resistencia a la implantación de estas tecnologías, en especial por sus altos costes iniciales, el arraigo de la agricultura tradicional y la falta de formación en digitalización del sector, que se siente abrumado por el desconocimiento del funcionamiento de estas tecnologías.

En este sentido, se ha observado como un gran número de identidades apuestan por implantar tecnologías de monitorización y optimización de los cultivos, así como la creación de planes de formación y profesionalización de los profesionales del sector, en su mayoría agricultores, que deberán acostumbrarse al trabajo con estas nuevas tecnologías en sus terrenos.

Para ello, en este proyecto se ha diseñado una aplicación móvil centrada en usuario que ofrece a los agricultores información intuitiva y fácil de interpretar sobre el estado de sus cultivos, así como características adicionales como notas, chats o artículos de interés que contribuyan a mejorar la experiencia del usuario y su nivel de compromiso con el uso de la aplicación

Sorprendentemente, durante las fases de investigación de los usuarios se ha descubierto un gran interés y predisposición a adoptar estas tecnologías, y un conocimiento básico sobre su funcionamiento. Además, la mayoría de los agricultores están convencidos de las ventajas que pueden aportar al rendimiento de sus explotaciones.

Por otro lado, se han detectado un gran número de oportunidades en observando los productos de la competencia existentes y considerando las necesidades detectadas en los potenciales usuarios, ya que, en su mayor parte, quedaban desatendidas.

La aplicación, una vez se haya desarrollado el programa y conectado a los dispositivos, funcionará mediante sistemas IoT para estar conectada en tiempo real con los dispositivos de agricultura de precisión usados en cada explotación, ofreciendo así información actualizada y personalizada gracias a la analítica de datos para cada caso, con la esperanza de mejorar el rendimiento de las explotaciones agrícolas y agilizar y facilitar el trabajo de los agricultores.

Con esta aportación, se espera contribuir a la implantación de las prácticas de agricultura de precisión en España y a los planes de transformación digital propuestos por tantos organismos, a la vez que a la creación de un entorno de trabajo en el sector agrícola más agradable para los agricultores, más productivo y sostenible para todos.

Las perspectivas a futuro de la contribución al sector presentada en este proyecto incluyen probar los prototipos en usuarios potenciales reales e iterar el diseño hasta alcanzar una propuesta final mejorada que satisfaga las necesidades más comunes entre los usuarios, así como integrar más funcionalidades no expresadas como necesidad, pero que generen un impacto sorpresa positivo en la experiencia de uso, o eliminar aquellas detectadas como no útiles, aumentando el valor añadido del producto.

Posteriormente, se comenzaría con el desarrollo de código y la búsqueda de financiación, con la esperanza de ofertar esta aplicación a empresas especializadas en servicios de agricultura de precisión. El pronóstico de éxito en el mercado del diseño de esta aplicación es elevado, debido a la baja competitividad a la que se enfrenta y la reciente necesidad de la digitalización de la agricultura, así como los numerosos proyectos de financiación publicados recientemente que apuestan precisamente por la inversión y el desarrollo de productos de estas características.

Como conclusión, más allá de la inclinación de organismos por apostar por iniciativas como esta, no debemos olvidar el objetivo principal de este proyecto: facilitar el grado de satisfacción de los agricultores con su trabajo, mejorar su relación con las tecnologías agrícolas y que puedan ver la gran dedicación que presentan hacia el campo reflejada en la productividad y beneficios que podrían alcanzar, con el fin de mantener y cuidar a un sector tan importante y vulnerable como es la agricultura en España.



## Bibliografía

1. Statista. (2022). Distribución del producto interior bruto (PIB) de España por sectores económicos. <https://es.statista.com/estadisticas/501643/distribucion-del-producto-interior-bruto-pib-de-espana-por-sectores-economicos/#:~:text=En%20ese%20%C3%BAltimo%20a%C3%B1o%2C%20la,superior%20al%2067%2C5%25>
2. Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Recuperado 23 de abril de 18d. C., de <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadistica-digital/powerbi-esyrce.aspx>
3. Censo agrario Año 2020. (2022). Instituto Nacional de Estadística, 1-4. Revisado el 1 de mayo de 2023. [https://www.ine.es/prensa/cea\\_2020.pdf](https://www.ine.es/prensa/cea_2020.pdf)
4. Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. (2022). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado el 1 de mayo 2023. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/ipcc-guia-resumida-gt2-imp-adap-vulnaró\\_tcm30-548667.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/ipcc-guia-resumida-gt2-imp-adap-vulnaró_tcm30-548667.pdf).
5. Sadurní, J. M. (2023, 26 abril). El cambio climático secará España. [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es). Recuperado el 28 de abril de 2023. [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/el-cambio-climatico-secara-espana-\\_18111](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/el-cambio-climatico-secara-espana-_18111).
6. O'mahony, P. J. (2023, 13 abril). Agricultores prevén cosechas perdidas por sequía en España - Los Angeles Times. Los Angeles Times en Español. Recuperado el 3 de abril de 2023. <https://www.latimes.com/espanol/internacional/articulo/2023-04-13/agricultores-preven-cosechas-perdidas-por-sequia-en-espana#:~:text=Espa%C3%B1a%2C%2020%20de%20marzo%20de%202023.&text=La%20sequ%C3%ADa%20afecta%20ya%20al,principal%20asociaci%C3%B3n%20de%20agricultores%20espa%C3%B1oles>.
7. Barriopedro, D., Sánchez, M. L., García de Cortázar-Atauri, I., González-Hidalgo, J. C., & Ruiz-Ramos, M. (2016). Cambio climático y viñedo en España. Adaptación de la vid al cambio climático. Fundación Biodiversidad, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado el 3 de abril de 2023



- [https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cambio\\_climatico\\_y\\_vinedo\\_en\\_espana\\_2016.pdf](https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cambio_climatico_y_vinedo_en_espana_2016.pdf)
8. Peláez, A. (2017, 8 junio). La agricultura consume entre el 60 y el 70% del agua dulce. *Diario Sur*. Recuperado el 5 de abril de 2023. <https://www.diariosur.es/economia/agroalimentacion/201706/09/agricultura-consume-entre-agua-20170609004317-v.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
  9. Marcos, J., Marcos, J., & Simón, F. (2023, 11 mayo). El Gobierno aprueba un plan de 2.190 millones para paliar los efectos de la sequía. *El País*. Recuperado el 16 de mayo 2023 <https://elpais.com/espana/elecciones-autonomicas/2023-05-11/el-gobierno-aprueba-un-plan-de-2190-millones-para-paliar-los-efectos-de-la-sequia.html>.
  10. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021). Situación del mercado vitivinícola en España. Recuperado el 4 de abril de 2023. [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/221215sectorialvinosituaciondelmercado\\_tcm30-648643.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/221215sectorialvinosituaciondelmercado_tcm30-648643.pdf)
  11. García-Torres, L., Arquero, O., Plaza, J., & Ortiz, J. (2015). Agricultura de precisión en viticultura: situación actual y perspectivas de futuro. *ITEA: Información Técnica Económica Agraria*, 111(3), 209-224. Recuperado el 4 de abril de 2023. <https://doi.org/10.12706/itea.2015.015>
  12. COAG. (2016). Cambio climático y viñedo en España. Recuperado el 4 de abril de 2023. [https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cambio\\_climatico\\_y\\_vinedo\\_en\\_espana\\_2016.pdf](https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cambio_climatico_y_vinedo_en_espana_2016.pdf)
  13. Vinetur. (2018, 21 marzo). ¿Qué son los antocianos de la uva y que aportan al vino? *Vinetur*. Recuperado 5 de mayo de 2023, de <https://www.vinetur.com/2018032146614/que-son-los-antocianos-de-la-uva-y-que-aportan-al-vino.html>
  14. R. Schrijver *et al.* Precision agriculture and the future of farming in Europe. (2016). European Parliament Research Services. Recuperado el 23 de abril de 2023. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf)
  15. Fundación para la Innovación Agraria. (2018). La agricultura de precisión en España: situación actual y perspectivas de futuro. Revisado el 4 de abril de 2023.

- [https://www.fia.es/sites/default/files/archivos/agricultura\\_de\\_precision\\_en\\_espana\\_situacion\\_actual\\_y\\_perspectivas\\_de\\_futuro.pdf](https://www.fia.es/sites/default/files/archivos/agricultura_de_precision_en_espana_situacion_actual_y_perspectivas_de_futuro.pdf)
16. Rodríguez-Gómez, M., de la Rosa, R., & Moreno, M. A. (2017). Análisis de la eficiencia de la agricultura. Revisado el 4 de abril de 2023. [https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/bme-2023-04-abril\\_tcm30-651882.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/bme-2023-04-abril_tcm30-651882.pdf)
  17. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario, Forestal y del Medio Rural y Marino 2020-2023. Recuperado el 4 de abril de 2023 [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia\\_digitalizacion\\_sector\\_agroalimentario\\_forestal\\_medio\\_rural\\_ve\\_tcm30-509645.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia_digitalizacion_sector_agroalimentario_forestal_medio_rural_ve_tcm30-509645.pdf).
  18. Buchholz, J., & Koenig, K. (2018). Utilization of RTK-GPS and RTX-GPS for precision agriculture in the tropics and subtropics. *Precision Agriculture*, 19(2), 275-294. Revisado el 28 de abril de 2023
  19. Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal y del Medio Rural. (2019). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado el 20 de abril de 2023 [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia\\_digitalizacion\\_sector\\_agroalimentario\\_forestal\\_medio\\_rural\\_ve\\_tcm30-509645.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-digitalizacion-sector-agroalimentario/estrategia_digitalizacion_sector_agroalimentario_forestal_medio_rural_ve_tcm30-509645.pdf)
  20. Unión Europea. (2016). DECLARACIÓN DE CORK 2.0 “Una vida mejor en el medio rural”. Prodetur. Recuperado 30 de abril de 2023. <https://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=35bf4046-6e64-4b74-8de1-f5e7f247ff72>
  21. Informe DESI 2022: España avanza al quinto puesto entre los países de la UE en materia de servicios públicos digitales. (2022, 29 julio). Recuperado el 30 de abril de 2023. [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/pae\\_Actualidad/pae\\_Noticias/Anio2022/Julio/Noticia-2022-07-29-publicado-informe-DESI-2022.html](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Actualidad/pae_Noticias/Anio2022/Julio/Noticia-2022-07-29-publicado-informe-DESI-2022.html)
  22. Sebastián Cantalejo, M. (2020). Desarrollo de la Agricultura de Precisión. Universidad Politécnica de Madrid, 19. Recuperado el 10 de mayo 2023 [https://oa.upm.es/63131/1/TFG\\_MARTA\\_SEBASTIAN\\_CANTALEJO.pdf](https://oa.upm.es/63131/1/TFG_MARTA_SEBASTIAN_CANTALEJO.pdf).

23. J. L. Molina-Martínez et al. (2020). Precision Agriculture Technologies in Spain: A Review of Systematic Reviews. *Agronomy*, 10(8), 1162. Recuperado el 2 de mayo 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081162>
24. Hoogenboom, G. (s. f.). DSSAT.net - Official Home of the DSSAT Cropping Systems Model. DSSAT.net. Recuperado el 10 de mayo 2023 <https://dssat.net/>
25. Virginia Polytechnic Institute and State University. (2011). Precision Farming Tools: Variable-Rate Application. Virginia Cooperativa Extension, PUBLICATION 442-505. Recuperado el 11 de mayo 2023. [https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/47448/442-505\\_PDF.pdf](https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/47448/442-505_PDF.pdf).
26. Kogut, P. (2023, 24 marzo). Agricultura De Precisión: De Los Libros A La Realidad. EOS Data Analytics. Recuperado el 14 de mayo 2023. <https://eos.com/es/blog/agricultura-de-precision/>
27. SENTINEL 2. (s. f.) European Space Agency. Recuperado el 8 de mayo 2023. [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Spain/sentinel-2](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/sentinel-2)
28. Cherlinka, V. (2023, 27 febrero). NDVI: Preguntas Frecuentes Y Qué Necesita Saber. EOS Data Analytics. Recuperado el 7 de mayo 2023 <https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/>
29. Índice De Clorofila: Qué Es CI Y Cómo Se Usa En Agricultura. (2022, 27 julio). EOS Data Analytics. Recuperado el 8 de mayo 2023 <https://eos.com/es/make-an-analysis/chlorophyll-index/>
30. Agricultura: Índice De Vegetación Ajustado Al Suelo Modificado. (2023, 7 marzo). EOS Data Analytics. Recuperado el 8 de mayo 2023. <https://eos.com/es/industries/agriculture/msavi/>
31. NDMI: Fórmula Del Índice E Interpretación De Valores. (2023, 1 febrero). EOS Data Analytics. Recuperado el 8 de mayo 2023. [https://eos.com/es/make-an-analysis/ndmi/#:~:text=Descripci%C3%B3n%20Del%20%C3%8Dndice%20NDMI,de%20onda%20corta%20\(SWIR\).](https://eos.com/es/make-an-analysis/ndmi/#:~:text=Descripci%C3%B3n%20Del%20%C3%8Dndice%20NDMI,de%20onda%20corta%20(SWIR).)
32. Alonso García, S. (2016). Contribuciones en el área del guiado autónomo de tractores agrícolas basado en la utilización de receptores GPS de bajo coste: mejora de la estabilidad y de la precisión de estos sistemas mediante el desarrollo de leyes de control asintóticamente estables y métodos geométricos. Recuperado el 16 de mayo 2023. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/17452>

33. Aa. (2023). Drones para Agricultura de Precisión y Cultivo. Aerial Productions. Recuperado el 9 de mayo 2023. <https://aerialproductions.es/drones-agricultura-precision/>
34. ¿Tienes un UAS/dron? | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento. (s. f.). Recuperado el 9 de mayo 2023. <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/tienes-un-uas-dron>
35. Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales. (2017, 15 febrero). Real Decreto 1036/2017, de 15 de diciembre, por el que se regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Recuperado el 9 de mayo 2023. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-15721>
36. F. Rodríguez Díaz, M. Berenguel Soria, "Control y robótica en agricultura", Grupo de Investigación Automática, Electrónica y Robótica, Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Almería, 2004. Revisado el 10 de mayo de 2023
37. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2023, 2 de enero). El MAPA impulsa 14 proyectos innovadores con más de 10,5 millones de euros. Recuperado el 19 de abril de 2023, de [https://www.mapa.gob.es/es/prensa/230102proyectosinnovadores\\_tcm30-640317.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/prensa/230102proyectosinnovadores_tcm30-640317.pdf)
38. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). Resumen de la Política Agrícola Común (PAC) 2021-2027. Recuperado el 19 de abril de 2023, de [https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/resumen-pac-es\\_tcm30-627662.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/resumen-pac-es_tcm30-627662.pdf)
39. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s. f.). EIP Agricultura Productiva y Sostenible. Recuperado el 19 de abril de 2023, de <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/EIP-agricultura-productiva-sostenible>
40. El Economista. (2021, 23 de marzo). El campo seduce a fondos de inversión y SOCIMIs con rentabilidades del 10%. El Economista. Recuperado el 20 de abril de 2023. <https://www.economista.es/mercados-cotizaciones/noticias/12174152/03/23/El-campo-seduce-a-fondos-de-inversion-y-socimis-con-rentabilidades-del-10.html>
41. Pricewaterhouse Coopers. (2019). El futuro del sector agrícola español (p. 55). Recuperado el 23 de abril de 2023

<https://www.pwc.es/es/publicaciones/assets/informe-sector-agricola-espanol.pdf>

42. Mosquera, L. (2022). Agronegocios. Recuperado el 23 de abril de 2023 <https://www.agronegocios.es/agronegocios/economia/un-8-de-los-750-000-ingenieros-en-espana-son-agricolas-o-agronomos-un-34-mujeres/>
43. Agricultura de precisión: descubra nuestras estaciones. (s. f.). Sencrop. Recuperado el 25 de mayo 2023 [https://sencrop.com/es/?utm\\_term=estaci%C3%B3n%20meteorol%C3%B3gic+a%20profesional&utm\\_campaign=QW/Search/G/ES%20%22ES-2022-CropConnected-Weather-BtoF-AllCrops-LeadGen-Website%22%20-%20New&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc](https://sencrop.com/es/?utm_term=estaci%C3%B3n%20meteorol%C3%B3gic+a%20profesional&utm_campaign=QW/Search/G/ES%20%22ES-2022-CropConnected-Weather-BtoF-AllCrops-LeadGen-Website%22%20-%20New&utm_source=adwords&utm_medium=ppc)
44. Sensores agrícolas de humedad y sondas para optimizar el riego. (2023, 17 abril). Plantae®. Recuperado el 25 de mayo 2023. <https://plantae.garden/>
45. Sgargi, C. (2023, 22 mayo). Agricolus - La plataforma para la agricultura de precisión. Agricolus. Recuperado el 25 de mayo 2023 <https://www.agricolus.com/es/>
46. Chapman, C. (2018). Explorando los Principios Gestalt del Diseño. Toptal Design Blog. Recuperado el 1 de julio 2027 [https://toptal.com/designers/ui/exploring-the-gestalt-principles-of-design#:~:text=Hay%20seis%20principios%20individuales%20com%C3%BAmente,orden%20\(tambi%C3%A9n%20llamado%20pr%C3%A4gnanz\).](https://toptal.com/designers/ui/exploring-the-gestalt-principles-of-design#:~:text=Hay%20seis%20principios%20individuales%20com%C3%BAmente,orden%20(tambi%C3%A9n%20llamado%20pr%C3%A4gnanz).)
47. López, Ó. (2023). Leyes de UX y UI. Formiux. Recuperado el 2 de julio de 2023. <https://formiux.com/leyes-ux/#:~:text=Las%20leyes%20de%20UX%20y,mejor%20experiencia%20de%20usario%20posible.>