

# Documentación

## MVP AgroSmart Decisions



### AgroSmart Decisions – Documento Explicativo del MVP

#### 1. Introducción

AgroSmart Decisions nace como respuesta a una necesidad urgente en el sector agrícola: tomar decisiones estratégicas basadas en datos, en un contexto marcado por el cambio climático, la escasez de recursos y la creciente demanda alimentaria.

Este MVP (Producto Mínimo Viable) propone una solución digital accesible, diseñada para asistir a pequeños y medianos agricultores en la planificación y optimización de sus cultivos. A través del análisis de datos y modelos de optimización basados en datos, la herramienta ofrece recomendaciones personalizadas que maximizan el beneficio potencial, considerando las características climáticas, edafológicas, temporales y comerciales del entorno productivo.

A diferencia de muchas soluciones agrícolas que dependen de sensores físicos o tecnologías costosas, AgroSmart Decisions se apoya en una arquitectura basada en datos estructurados, modelos de optimización lineal, y una interfaz interactiva desarrollada con Python y Streamlit, lo que la convierte en una herramienta potente pero fácilmente escalable y replicable.

Este proyecto combina la inteligencia de datos con el conocimiento agronómico para contribuir a una agricultura más eficiente, sostenible y tecnológicamente inclusiva.

#### 2. Datos de partida

El desarrollo de AgroSmart Decisions comenzó inicialmente con datos provenientes de una base interna compartida por la cooperativa Brot Agrològic, organización con la que se buscaba validar el modelo en un entorno real. Sin embargo, durante el análisis preliminar se detectaron inconsistencias estructurales, duplicidades y campos faltantes que comprometían la fiabilidad del conjunto.

Ante esta situación, se optó por complementar y reconstruir los datasets necesarios a partir de fuentes alternativas simuladas y diseñadas con criterios técnicos rigurosos, conservando la lógica del caso real.

Los archivos definitivos incluyen información clave sobre cultivos, clima, demanda, eficiencia y tipos de suelo. Algunos de los más relevantes son:

Dataset	Descripción	Uso principal en el modelo
<b>cultivos_hortalizas_final.csv</b>	Contiene datos técnicos y económicos por cultivo: rendimiento por m <sup>2</sup> , duración del ciclo (días), precio de venta, coste estimado, densidad de siembra (Unidades_m2).	Cálculo de producción, beneficio, número de plantas, ciclos anuales y costes estimados.
<b>clima_provincia_completo_variado.csv</b>	Registra temperatura y precipitación mensual por provincia. Incluye clasificación climática general.	Valida la compatibilidad de los cultivos con las condiciones climáticas en el mes y zona seleccionada.
<b>historial_cultivos_final_limpio.csv</b>	Base histórica con datos de siembra y cosecha por cultivo, provincia y fechas específicas.	Referencia para validar estacionalidad, duración y rotación de cultivos.
<b>eficiencia_productiva.csv</b>	Asigna un índice de eficiencia a cada cultivo según condiciones variables (como clima o suelo).	Ajuste relativo de la productividad en función del contexto productivo.
<b>demanda_clientes.csv</b>	Muestra la demanda mensual esperada de cada cultivo. Simula interés comercial por tipo de producto a lo largo del año.	Define restricciones de demanda mínima en el modelo de optimización.
<b>equivalencias_provincias_clima.csv</b>	Establece la correspondencia entre provincias y su tipo de clima dominante.	Cruce intermedio para relacionar zona geográfica del usuario con los datos climáticos correctos.
<b>terreno_suelo_final.csv (futuro)</b>	Caracterización del suelo por zona (pH, textura, tipo, retención de agua, etc.). Actualmente en preparación para próximas versiones.	Aumentará la precisión agronómica, permitiendo validaciones adicionales por tipo de terreno.

Todo el proceso de integración, limpieza y normalización se realizó con Python (pandas), asegurando una base de datos coherente y funcional para alimentar los algoritmos de recomendación y los modelos de optimización.

### 3. Modelos y técnicas utilizadas

AgroSmart Decisions se apoya en dos tipos de modelos integrados que trabajan de forma complementaria: modelos de recomendación y modelos de optimización. Ambos están presentes tanto en el modo monocultivo como en el modo multicultivo, y han sido diseñados para adaptarse al contexto agronómico de cada usuario mediante datos personalizados.

- Los modelos de recomendación filtran y priorizan los cultivos más adecuados en función de variables clave como el clima, el tipo de suelo, la superficie disponible, el mes de siembra, la duración del ciclo, la eficiencia productiva y la demanda estimada. Esta lógica de filtrado inteligente permite descartar opciones inviables y centrar la atención en cultivos realmente compatibles con las condiciones del usuario.
- Los modelos de optimización, por su parte, permiten estimar métricas clave como producción total, beneficio neto, ciclos por año o número de plantas, y en el caso del modo multicultivo, incluyen además un modelo matemático de programación lineal entera que maximiza el beneficio total anual bajo múltiples restricciones técnicas (clima, duración del cultivo, superficie, demanda mínima, no solapamiento temporal).

Toda esta lógica está implementada en Python, utilizando bibliotecas como pandas, NumPy y PuLP, y se presenta al usuario final a través de una interfaz visual desarrollada con Streamlit, que permite explorar resultados personalizados de forma accesible e interactiva.

#### 3.1. Modo Monocultivo

En este modo, el sistema analiza individualmente cada cultivo para determinar cuál es más adecuado según los parámetros del usuario: provincia, mes de siembra, tipo de suelo, superficie disponible y clima estimado.

Se aplica una lógica de filtrado que descarta cultivos no compatibles con el clima y la ventana de siembra, con baja demanda o duración excesiva. A los cultivos viables se les calculan automáticamente:

- Producción estimada ( $m^2 \times \text{rendimiento}$ )
- Beneficio neto (ingresos – costes)
- Ciclos por año (según duración)
- Plantas estimadas ( $\text{superficie} \times \text{unidades\_m2}$ )
- Calendario visual de siembra y cosecha

Los resultados se presentan mediante tarjetas visuales con diseño dinámico, un gráfico resumen y un calendario. Toda la lógica está programada en Python utilizando pandas y numpy, y visualizada con Streamlit y Plotly.

#### 3.2. Modo Multicultivo

El modo multicultivo implementa un modelo de optimización lineal entera con PuLP, que permite asignar estratégicamente la superficie total disponible entre distintos cultivos, con el objetivo de maximizar el beneficio agrícola anual.

Antes de ejecutar el modelo, se filtran los cultivos no compatibles con el entorno del usuario. El modelo considera:

- Restricción de superficie total
- Duración del cultivo (bloquea suelo varios meses)
- No solapamiento entre cultivos
- Demanda mínima por producto
- Posibilidad de múltiples ciclos por año


Como salida, se generan métricas por cultivo: superficie asignada, producción, beneficio, número de plantas y coste total. Los resultados se muestran con tarjetas enriquecidas, calendario por cultivo y un gráfico resumen. La solución está completamente integrada en la interfaz desarrollada en Streamlit.

## **4. Interfaz y visualizaciones**

AgroSmart Decisions cuenta con una interfaz web interactiva desarrollada con Streamlit, que permite al usuario acceder fácilmente a las recomendaciones y resultados del sistema. Su diseño está enfocado en la usabilidad, con una navegación clara, mensajes guiados y visualizaciones comprensibles.

Entre los elementos principales de la interfaz destacan:

- Formulario inicial: el usuario introduce su provincia, mes de siembra, tipo de suelo y superficie.



Navegacion

- Inicio
- Acerca de
- Formulario Agrícola Usuario**

Deploy

Introduce los siguientes datos para generar recomendaciones:

**Superficie y tipo de cultivo**

Superficie total (ha)

0,50

¿Preferencia por monocultivo o multicultivo?

☒ Monocultivo

☐ Multicultivo

**Condiciones de agua**

Acceso a agua

bajo

**Ubicación y suelo**

Provincia

Albacete

Tipo de suelo

franco

☐ ¿Permitir recomendaciones fuera de tu zona climática?

Generar recomendaciones

- Pantalla de resultados (modo monocultivo): muestra tarjetas personalizadas por cultivo con producción, beneficio, número de plantas y calendario estimado de siembra/cosecha.



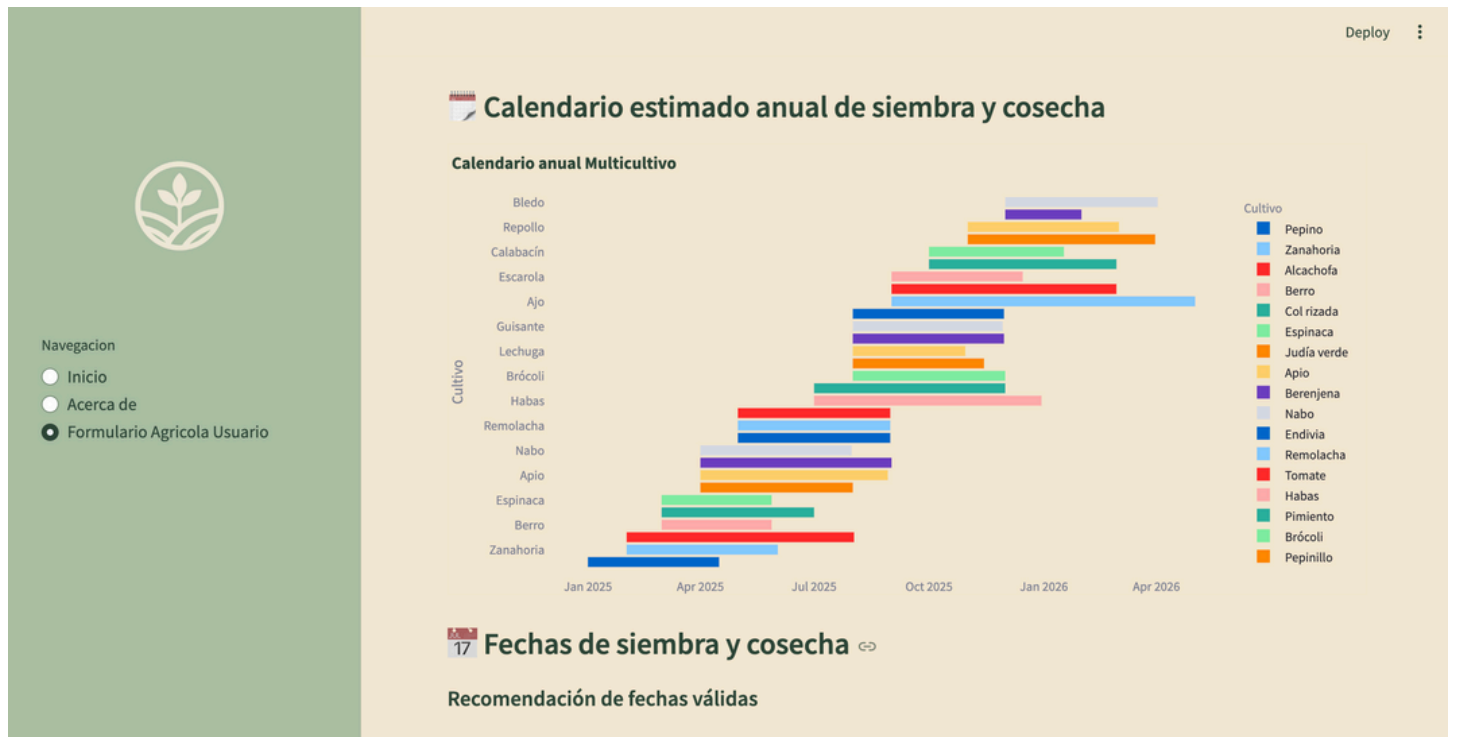
Navegacion

- Inicio
- Acerca de
- Formulario Agrícola Usuario**

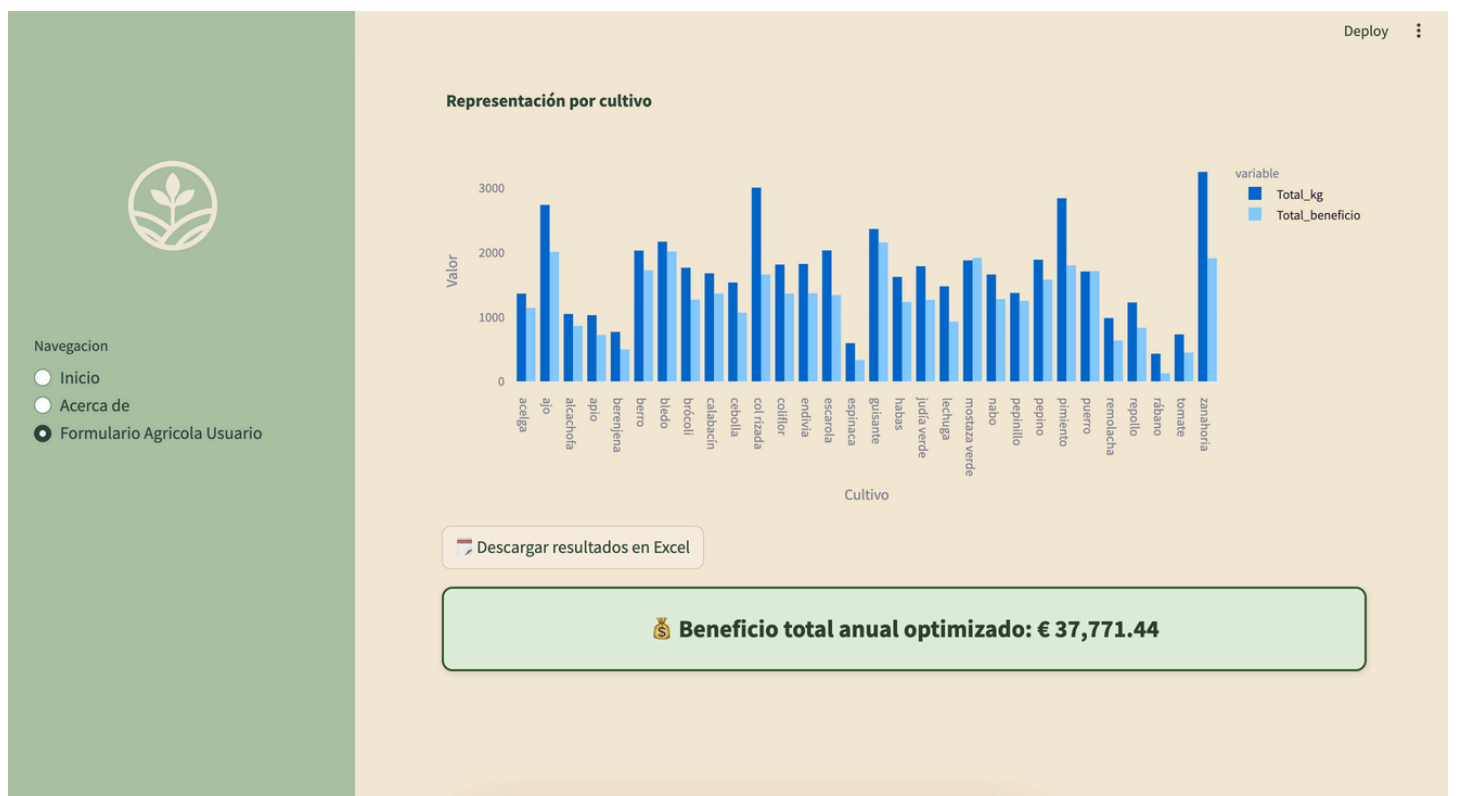
Deploy

Acelga	Ajo	Alcachofa	Apio
			
<b>Duración del ciclo</b>	<b>Duración del ciclo</b>	<b>Duración del ciclo</b>	<b>Duración del ciclo</b>
150 días	243 días	182 días	150 días
<b>Ciclos por año</b>	<b>Ciclos por año</b>	<b>Ciclos por año</b>	<b>Ciclos por año</b>
2	1	2	2
<b>Plantas estimadas</b>	<b>Plantas estimadas</b>	<b>Plantas estimadas</b>	<b>Plantas estimadas</b>
3,632 unidades	95,830 unidades	523 unidades	5,145 unidades
<b>Producción mensual</b>	<b>Producción mensual</b>	<b>Producción mensual</b>	<b>Producción mensual</b>
113 kg	228 kg	87 kg	86 kg
<b>Producción total</b>	<b>Producción total</b>	<b>Producción total</b>	<b>Producción total</b>
1,362 kg	2,738 kg	1,046 kg	1,028 kg
<b>Beneficio mensual</b>	<b>Beneficio mensual</b>	<b>Beneficio mensual</b>	<b>Beneficio mensual</b>
€ 94.93	€ 167.47	€ 71.69	€ 59.96
<b>Beneficio Anual</b>	<b>Beneficio Anual</b>	<b>Beneficio Anual</b>	<b>Beneficio Anual</b>
€ 1,139.12	€ 2,009.62	€ 860.25	€ 719.46

- Pantalla de resultados (modo multicultivo): presenta tarjetas por cultivo con superficie asignada, beneficios, producción y costes, junto a un calendario visual y un gráfico resumen.



- Gráficos: se emplean componentes de Plotly para representar comparativas visuales entre cultivos, aportando claridad al análisis.



Las visualizaciones han sido diseñadas para ser interpretables tanto por perfiles técnicos como por agricultores sin experiencia en el mundo de los datos.

## 5.Conclusiones

AgroSmart Decisions es una prueba de cómo la ciencia de datos puede aportar soluciones reales a sectores tradicionalmente menos digitalizados como el agrícola. Este MVP ha conseguido

integrar filtrado inteligente, análisis técnico y optimización matemática en una herramienta accesible y útil para la toma de decisiones de siembra y planificación productiva.

A través de sus dos modos de análisis —monocultivo y multicultivo—, el sistema permite explorar diferentes estrategias según el perfil del agricultor, maximizando el beneficio potencial y adaptándose a las condiciones locales (clima, suelo, superficie y demanda).

Durante el desarrollo, uno de los principales desafíos fue la calidad y estructura de los datos iniciales. Esto impulsó la reconstrucción de datasets más consistentes y fiables, lo que reforzó el aprendizaje sobre la importancia de la limpieza, validación y diseño de bases de datos en cualquier sistema inteligente.

El proyecto sienta una base sólida para futuras mejoras, como la incorporación de datos meteorológicos en tiempo real, mapas geoespaciales, validaciones por tipo de suelo y simulaciones de rotación o segunda siembra. AgroSmart Decisions tiene así el potencial de evolucionar hacia una plataforma de agricultura de precisión adaptable a contextos reales y diversos.

---

## **Agradecimientos**

*Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han contribuido de forma directa o indirecta al desarrollo de este proyecto.*

*A la **cooperativa Brot Agrològic** y a la **cooperativa La Rural de Collserola**, por compartir su experiencia y visión sobre la agricultura sostenible y de proximidad.*

*A **José Antonio Domínguez**, agricultor de la zona, por su tiempo, disposición y valiosas aportaciones desde la práctica real del cultivo.*

*Y, muy especialmente, a **todo el equipo de Evolve Academy** por su acompañamiento y formación durante todo el proceso. En particular, a **Julio Valero**, por su dedicación constante, su guía clara y su implicación personal para ayudarme a llevar esta idea hasta convertirse en un MVP funcional.*

**Gracias a todos por haber sembrado, junto a mí, esta primera cosecha digital.**

---