

InterAgro

“Sistema Integral De Apoyo A La Decisión Para El Cultivo De Gulupa Registro Y Trazabilidad
De Material Vegetal, Análisis De Viabilidad, Planificación, Monitoreo Y Gestión Agrícola

Corporación Universitaria Remington.

Facultad De Ingenierías

Ingeniería De Sistemas

Sede Manizales

Estudiantes:

Erika María Álvarez Betancur

Santiago Vargas Orozco

Tutor:

Dr. Mauricio Mejía Lobo

Estudio De Tipo Descriptivo Y Aplicado

2025

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a los profesores Álvaro Galeano Martínez, Mauricio Valencia y Francisco Cardona, por su orientación, sus aportes académicos y la calidad humana con la que acompañaron nuestro proceso formativo. Su guía fue fundamental para fortalecer nuestra disciplina, criterio y visión profesional.

Extendemos un reconocimiento especial al Semillero de Investigación CREATIC'S, liderado por el profesor Dr. Mauricio Mejía Lobo, por abrirnos las puertas al mundo de la investigación, por su apoyo en el desarrollo conceptual del proyecto y por promover un espacio que impulsa la creatividad, el rigor científico y la innovación tecnológica y al Ingeniero Agrónomo Cristian Loaiza Correa, cuyo acompañamiento como agente experto fortaleció nuestro aprendizaje y la calidad del proyecto.

Agradecemos de manera especial al Ingeniero Agrónomo Cristian Loaiza Correa, quien en calidad de agente experto y asesor técnico de la tesis brindó un acompañamiento fundamental durante el desarrollo del proyecto. Su experiencia, orientación profesional y valiosos aportes en el análisis del contexto agrícola, el manejo técnico del cultivo y la validación funcional de la aplicación fueron determinantes para garantizar la coherencia, pertinencia y aplicabilidad de la solución propuesta en escenarios reales del sector agropecuario.

Finalmente, agradecemos a todos nuestros compañeros quienes directa o indirectamente, aportaron a este proyecto y al crecimiento académico y personal que significa para nosotros. Este proyecto no solo es la culminación de un proceso universitario, sino el reflejo de todo lo aprendido, vivido y compartido durante estos años. ¡Gracias!

Presentación del equipo desarrollador

El desarrollo del proyecto de grado InterAgro fue realizado por un equipo conformado por Erika María Álvarez Betancur y Santiago Vargas Orozco, estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas, quienes participaron de manera activa, articulada y complementaria en todas las fases del ciclo de vida del software, desde la concepción del problema hasta la implementación del Mínimo Producto Viable (MMV).

Erika María Álvarez Betancur asumió un rol central en la investigación, análisis y diseño del sistema, liderando la estructuración conceptual del proyecto, la definición del problema, la formulación de objetivos, el marco teórico y metodológico, así como el levantamiento de requerimientos, modelado, diseño de la arquitectura de software, diagramas UML, definición de entidades, atributos y flujos del sistema.

Por su parte, Santiago Vargas Orozco desempeñó el rol principal de desarrollador, siendo responsable de la implementación técnica del sistema a partir de los diseños definidos. Su labor incluyó el desarrollo del backend y Frontend, la construcción de la API, la configuración de la base de datos, la implementación de funcionalidades clave del MMV, la integración de componentes del sistema y la ejecución de pruebas técnicas. Su aporte fue determinante para materializar la solución diseñada, asegurando su funcionamiento, coherencia técnica y alineación con la arquitectura propuesta.

La colaboración constante entre ambos permitió una ejecución ordenada y rigurosa de todas las etapas del proyecto, evidenciando un trabajo conjunto que integró análisis, diseño, desarrollo,

validación y documentación, reflejando de manera sólida las competencias adquiridas a lo largo de la formación profesional en Ingeniería de Sistemas.

Tabla de Contenidos

Contenido

Presentación del equipo desarrollador	3
Resumen	6
Palabras clave	7
1. Introducción	8
1.2. La gulupa en el contexto agrícola colombiano	8
1.3. Transformación digital en la agricultura	9
1.4. Sistemas de información agrícola.....	10
1.5. Tecnologías aplicadas a la gestión del cultivo de gulupa	10
2. Marco teórico	11
2.1. Descripción Botánica	11
2.2. Ficha Técnica	15
2.3. Retos fitosanitarios y climáticos.....	17
2.4. Enfermedades de Mayor Impacto.....	18
2.5. Plagas de Mayor Impacto	18
2.6. Estudios Previos Recomendados	19
2.7. Ciclo de Vida.....	21
2.8. Sostenibilidad y Manejo Integrado	25
2.9. Línea de Tiempo del Cultivo (Resumen por Fases)	26
2.10. Investigaciones y Proyectos Similares	27

2.11. Justificación técnica del proyecto desde la ingeniería de sistemas	27
3. Planteamiento del problema.....	29
3.1. Problema Central	29
3.2. Causas del Problema	29
3.3. Efectos del Problema	30
3.4. Modelo Causal del Problema (Árbol de Problemas)	31
4. Objetivos.....	32
4.1 Objetivo General	32
4.2 Objetivos específicos	32
4.3 Límite del proyecto	33
5. Metodología	35
5.1. Enfoque de la investigación	35
5.2. Tipo de investigación	35
5.3. Diseño metodológico	36
5.4. Población y muestra	37
5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
5.6. Técnicas de análisis	37
6. Desarrollo del Proyecto.....	38
6.1. Ingeniería del software desarrollo de prototipos.....	38
6.1.1. Análisis	38
6.1.2. Diseño.....	44
6.1.3. Pruebas	92

7. Resultados y Discusión	95
7.1. Desafíos Identificados.....	95
7.2. Dentro del Alcance.....	96
7.3. Módulos de Negocio.....	97
7.4. Consideraciones de Diseño.....	99
7.5. Conclusiones.....	100
8. Referencias	104
9. Anexos	106

Resumen

El cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis f. edulis*) se ha consolidado como un pilar en la economía agrícola de Colombia, impulsando significativamente las exportaciones de frutas exóticas. Esta relevancia se evidencia en el crecimiento dinámico del sector, que ha posicionado al país como un actor clave en el mercado global. Durante los primeros nueve meses de 2024, las ventas externas de esta fruta alcanzaron aproximadamente 43.4 millones de dólares, lo que representó un incremento del 20% frente al mismo periodo del año anterior (Portafolio, 2024).

Sin embargo, a pesar de este éxito comercial, los pequeños y medianos productores, quienes constituyen la base de esta cadena de valor, enfrentan desafíos críticos que limitan su competitividad. Estos desafíos incluyen la dependencia de prácticas agrícolas tradicionales, una baja adopción de tecnologías digitales, la vulnerabilidad ante el cambio climático (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & PNUD, 2021) y la alta incidencia de enfermedades fitosanitarias de alto impacto, como la pudrición por *Fusarium* (AGROSAVIA, 2020).

La presente investigación se enmarca dentro de un estudio de tipo descriptivo y aplicado, orientado a caracterizar las condiciones técnicas, agronómicas y ambientales necesarias para la planificación y preparación del terreno destinado al cultivo de gulupa (*Passiflora edulis Sims f. edulis*). A partir de esta caracterización, se busca diseñar e implementar una herramienta tecnológica integral, basada en Internet de las Cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA), que sirva como sistema de apoyo a la decisión para agricultores y técnicos del sector permitiendo evaluar la viabilidad en la zona de siembra, planificar las etapas productivas, monitorear en tiempo real variables agroclimáticas, detectar plagas y generar recomendaciones automatizadas para optimizar la productividad y sostenibilidad agrícola.

Palabras clave

Gulupa (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*), IoT, Inteligencia Artificial, Gestión Agronómica, Agricultura de Precisión.

1. Introducción

1.2. La gulupa en el contexto agrícola colombiano

La gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) es una fruta exótica perteneciente a la familia Passifloraceae, con un creciente valor comercial tanto en el mercado nacional como internacional. Colombia se ha consolidado como uno de los principales exportadores de pasifloras, destacando la gulupa por su alta calidad organoléptica, estabilidad de oferta y adaptación a diversas condiciones agroecológicas (Fischer & Miranda, 2012; ProColombia, 2023).

El auge del cultivo de gulupa responde a factores como la alta demanda global, el valor agregado en mercados gourmet y la capacidad del país para mantener una producción competitiva en calidad y volumen (International Trade Centre, 2018; Sectorial, 2024). En 2024, el país exportó gulupa por más de 43 millones de dólares, representando el 91 % de las exportaciones de pasifloras colombianas (Portafolio, 2024).

Sin embargo, el cultivo enfrenta retos críticos como la variabilidad climática, la presencia de enfermedades devastadoras como *Fusarium oxysporum*, y la necesidad de adoptar prácticas agrícolas más sostenibles debido a regulaciones internacionales (AGROSAVIA, 2020; Analdex, 2024).

1.3. Transformación digital en la agricultura

La agricultura mundial avanza hacia un modelo más tecnificado, donde la agricultura de precisión y las tecnologías de la información permiten optimizar recursos, reducir pérdidas y mejorar la trazabilidad y sostenibilidad de los cultivos (Bongiovanni & Lowenberg-DeBoer, 2004). En este sentido, las herramientas digitales como aplicaciones móviles, sensores, drones,

plataformas web y sistemas de información geográfica (SIG) juegan un papel esencial en el monitoreo y gestión de cultivos de alto valor, como la gulupa (Wyckhuys et al., 2017; CIAT, 2012).

A pesar de los avances en tecnologías agrícolas, gran parte de los pequeños y medianos productores de gulupa aún utilizan registros manuales, lo que dificulta el análisis de datos históricos, la toma de decisiones basada en evidencia y la certificación de procesos bajo estándares internacionales como GlobalG.A.P. y BPA (Buenas Prácticas Agrícolas) (Fischer & Miranda, 2012; AGROSAVIA, 2020).

1.4. Sistemas de información agrícola

Un Sistema de Información Agrícola (SIA) es una plataforma tecnológica que permite recopilar, procesar, analizar y compartir información relevante para la gestión de actividades agrícolas (López-Montoya et al., 2018). Estos sistemas apoyan la planificación de labores, el monitoreo fitosanitario, la gestión de recursos hídricos y financieros, y facilitan la comercialización y certificación.

El diseño de estos sistemas debe considerar principios de usabilidad, interfaz amigable, interoperabilidad, y accesibilidad, especialmente si están orientados a pequeños productores con bajo acceso tecnológico. Además, se deben incorporar funciones de trazabilidad, alertas predictivas, registro por módulos y análisis de datos productivos, que respondan a los puntos críticos del ciclo del cultivo (López-Montoya et al., 2018; Wyckhuys et al., 2017).

1.5. Tecnologías aplicadas a la gestión del cultivo de gulupa

La complejidad del cultivo de gulupa desde el vivero hasta la comercialización justifica el desarrollo de soluciones digitales que permitan realizar un seguimiento integral del ciclo

productivo, mejorando la eficiencia agronómica y la sostenibilidad económica. La incorporación de herramientas como:

- Sensores de humedad, para optimizar el riego y prevenir enfermedades como Fusarium;
- Módulos de trazabilidad, para registrar el origen de semillas y plantas;
- Sistemas de alerta climática y fitosanitaria, que anticipen brotes de enfermedades;
- Calculadoras de fertilización personalizada, según análisis de suelo y fase fenológica;
- Diagnóstico asistido por IA, que detecte enfermedades a partir de imágenes;
- Bitácoras digitales de labores agrícolas, para seguimiento y certificación;

Responden directamente a los desafíos agronómicos identificados y promueven una gestión basada en datos (Fischer & Miranda, 2012; AGROSAVIA, 2020; Wyckhuys et al., 2017).

Estas funcionalidades no solo facilitan la toma de decisiones técnicas, sino que también permiten generar reportes automáticos exigidos por entidades de certificación y compradores internacionales. Además, fomentan la organización colectiva de los productores, optimizando los costos y promoviendo modelos cooperativos más eficientes (ProColombia, 2023; Sectorial, 2024).

2. Marco teórico

2.1. Descripción Botánica

La gulupa es una planta trepadora y perenne de la familia Passifloraceae. Su fruto es una baya redonda u ovoide, de 4 a 6 cm de diámetro, con una cáscara lisa y cerosa que se torna de verde a morado oscuro al madurar. La pulpa es gelatinosa, de color amarillo-naranja, y contiene numerosas semillas negras.

Parámetro	Detalle
Nombre común	Gulupa
Nombre científico	<i>Passiflora edulis f. edulis</i>
Familia	Passifloraceae
Origen	Andes tropicales
Duración productiva	3 años (productividad alta en el primer y segundo año)
Modo de propagación	Semilla (más común), también por estacas
Sistema de cultivo	Tutorados con espalderas o emparrados
Finalidad del cultivo	Fruta fresca para exportación, industria de jugos

Gulupa (*Passiflora edulis* Sims)

La gulupa (*Passiflora edulis* Sims), cultivada en departamentos como Boyacá, Antioquia, Huila, Tolima, Santander, Magdalena y Cundinamarca, se ha consolidado como una alternativa económica relevante para agricultores y empresarios. Su cultivo tiene la ventaja de asociarse exitosamente con otros productos como mora y tomate de árbol, optimizando el uso del terreno y diversificando ingresos (Universidad Nacional de Colombia, Corpoica & SENA, 2010).

Dado el auge internacional de las frutas exóticas, la gulupa presenta oportunidades de crecimiento en los mercados globales, especialmente si se ofrece con calidad, disponibilidad y precios competitivos. Para ello, la organización colectiva de productores facilita la reducción de costos logísticos e insumos, particularmente sensibles durante temporadas adversas como las lluviosas.

El sector agrícola colombiano ha experimentado un crecimiento sostenido en la última década, impulsado por el aumento de la demanda internacional de productos frutícolas no tradicionales. Entre estos, la *Passiflora edulis* (variedad gulupa) ha mostrado un comportamiento especialmente dinámico, consolidándose como uno de los principales rubros de exportación del país en el segmento de pasifloras. Este crecimiento se explica por la confluencia de dos factores: una alta demanda global de frutas exóticas, caracterizadas por sus propiedades organolépticas y beneficios para la salud, y la capacidad de Colombia para garantizar una oferta estable y competitiva en calidad y volumen.

En 2018, el país se posicionó dentro de los diez mayores exportadores mundiales de pasifloras en términos de valor comercial, registrando envíos al exterior por 74.863 millones de dólares, de acuerdo con cifras de Trade Map (International Trade Centre, 2018). Estos resultados han motivado al gremio a establecer estrategias orientadas a la diversificación de mercados y al fortalecimiento de relaciones comerciales existentes, con el objetivo de incrementar el volumen de exportaciones en el mediano y largo plazo, así como de incentivar políticas de apoyo al sector agrícola.

Datos más recientes evidencian que la tendencia de crecimiento se mantiene. Entre enero y septiembre de 2024, Colombia exportó gulupa por un valor aproximado de 43,2 millones de dólares, lo que representa un incremento del 20 % respecto al mismo periodo de 2023 (Portafolio, 2024). La gulupa representó el 91 % de las exportaciones totales de pasifloras en dicho intervalo. Los principales destinos fueron Países Bajos (US\$23,6 millones), Reino Unido (US\$7,7 millones), Alemania (US\$1,8 millones), Bélgica (US\$1,7 millones) y Canadá (US\$1,5 millones), con un crecimiento particularmente notable hacia Alemania (+278,9 % en comparación interanual) (Sectorial, 2024).

Estos resultados demuestran el potencial competitivo de Colombia en el mercado global de pasifloras, sustentado en factores como la calidad del producto, su perfil sensorial diferenciado y el cumplimiento de estándares fitosanitarios internacionales. En consecuencia, La gulupa se ha consolidado como la principal exportación de pasifloras en Colombia, con un crecimiento notable en ingresos y presencia en mercados internacionales. La asociatividad entre productores y la búsqueda de mercados como EE. UU. destacan como estrategias claves para consolidar este liderazgo.

No obstante, factores externos —como el cambio climático, plagas y regulaciones ambientales más exigentes— plantean desafíos que requieren respuestas técnicas e institucionales. Se necesitan enfoques sostenibles y resilientes, que aseguren la calidad del producto y la competitividad del cultivo frente a la volatilidad climática y regulatoria.

Las regiones con mayor protagonismo exportador fueron Cundinamarca, Antioquia, Bogotá y Santander, mientras que Huila, Tolima y Valle del Cauca se han beneficiado de condiciones

climáticas favorables Portafolio Analdex. Empresas como Jardín Exotics reportaron que la gulupa representa el 25 % del volumen y el 31 % de los ingresos de exportación Analdex.

A pesar del aumento en ingresos, el sector enfrenta desafíos significativos. Condiciones climáticas adversas como lluvias atípicas, sequías y aumento de plagas como la mosca de la fruta han afectado la productividad Portafolio. Además, la Unión Europea está implementando normativas más estrictas bajo su Pacto Verde, que exigen reducir el uso de pesticidas, lo que obliga a adoptar prácticas agrícolas más sostenibles Analdex Semana.

2.2. Ficha Técnica

Parámetros clave que determinan el éxito del proceso productivo, desde la preparación del terreno hasta la cosecha y comercialización. Este documento sirve como guía práctica y técnica para agricultores, extensionistas y desarrolladores de tecnología agrícola, proporcionando los rangos óptimos de clima, suelo, manejo y sanidad vegetal que garantizan un cultivo rentable, sostenible y competitivo en el mercado nacional e internacional.

Etapa	Parámetro	Rango Ideal	Unidad	Descripción Técnica
Planificación – Agroecología	Altitud	1.800 – 2.400	m s.n.m.	Mejora vigor, rendimiento y control de plagas (ScienceDirect, MDPI)
	Temperatura media	15 – 20 (16–24 aceptable)	°C	Permite óptimo crecimiento y fenología (JSTAGE, ScienceDirect)

	Humedad relativa	60 – 80	%	Evita estrés por calor y enfermedades foliares
	Precipitación anual	900 – 1.200	mm	Hidratación adecuada sin encharcamientos
	Suelo (textura)	Franco, drenaje óptimo	N/A	Facilita aireación y raíz profunda
	pH del suelo	6.5 – 7.5	pH	Maximiza disponibilidad de nutrientes
	Profundidad	>60–80	cm	Raíz vigorosa y estabilidad del tallo
	Pendiente	Moderada (15–30 %)	%	Manejo de erosión mejorado
Selección Genética	Variabilidad genotípica	N/a	N/A	Landraces muestran mayor diversidad
Ciclo Productivo & Siembra	Días a madurez fisiológica	90 – 110	días post floración	Depende de genotipo y clima
Postcosecha – Calidad	Diámetro fruta (polar)	5.6 – 5.9	cm	Indicador de tamaño estándar
	Densidad	0.88 – 0.98	g/mL	Relación peso-volumen, calidad física (Bolsillo Digital)

	Sólidos solubles (Brillo)	11 – 13	°Brix	Indicador de dulzor y calidad
Postharvest Físico- Químico	pH fruto	2.38 – 2.90	pH	Alta acidez, buen potencial para procesamiento
	Acidez titulable	3.50 – 5.60	%	Refuerza perfil sensorial y conservación
	Color de cáscara L*, a*, b*	N/A	N/A	Modelos predicen carotenoides según edad/color
Producción según Ciclo Climático	Variación calidad/fruta	↓ en lluvias intensas / ENSO	N/A	Calidad (firmeza, sólidos, antioxidantes) afectada por clima (Bohrium)
Iluminación (PAR)	Radiación fotosintética	~300 – 480; hasta 850	μmol/m ² ·s	Varia con altitud y nubosidad; afecta fotosíntesis (MDPI)

2.3. Retos fitosanitarios y climáticos

Amenazas biológicas y ambientales que pueden afectar negativamente el desarrollo del cultivo, reducir su productividad, deteriorar la calidad del fruto y poner en riesgo la rentabilidad del sistema productivo.

- Exceso de humedad (encharcamientos y alta HR): favorece enfermedades foliares como roña, bacteriosis, fusariosis; mitigación con drenaje, camas elevadas, cobertura vegetal, control de microclima.
- Bajas temperaturas y heladas: afectan la floración y cuajado; usar protección vegetal y seleccionar fincas libres de heladas frecuentes.
- Altura muy alta (>2.400 msnm): reduce tamaño de fruto y prolonga ciclo productivo, aunque disminuye plagas.

2.4. Enfermedades de Mayor Impacto

Patologías que, por su agresividad, recurrencia o dificultad de control, representan una amenaza crítica para el rendimiento y calidad del cultivo. Entre ellas se destacan aquellas de origen fúngico y bacteriano, que afectan raíces, hojas, tallos y frutos.

- Secadera o Pudrición de la Raíz (*Fusarium oxysporum*): Es la enfermedad más limitante y devastadora. Es un hongo del suelo que coloniza el sistema vascular, bloqueando el paso de agua y nutrientes. Causa un marchitamiento súbito y la muerte de la planta. No tiene cura, por lo que el manejo es estrictamente preventivo (selección de lotes, uso de patrones resistentes, desinfección).
- Mancha de Aceite o Bacteriosis (*Xanthomonas axonopodis*): Afecta hojas, tallos y frutos, causando lesiones acuosas que se necrosan y dan una apariencia de "mancha de aceite". Reduce la calidad del fruto y la productividad.
- Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*): Hongo que causa manchas hundidas y oscuras en los frutos, especialmente en postcosecha, afectando su vida útil y valor comercial.
- Roña o Costra (*Cladosporium cladosporioides*): Afecta principalmente a los frutos, causando lesiones corchosas y agrietadas que los descalifican para la exportación.

2.5. Plagas de Mayor Impacto

Organismos fitófagos, principalmente insectos y ácaros, que provocan daños significativos a lo largo del ciclo productivo del cultivo. Su presencia puede afectar tanto la fase vegetativa como la reproductiva, disminuyendo la calidad del fruto, reduciendo la productividad y generando pérdidas económicas

- Trips (*Frankliniella occidentalis*): Insectos diminutos que se alimentan de las flores y hojas tiernas, causando deformaciones y caída de flores, lo que reduce drásticamente la producción.
- Ácaros (*Tetranychus* spp.): Se alimentan de la savia de las hojas, causando un bronceado y desecamiento. Son comunes en épocas secas.
- Mosca del Botón Floral (*Dasiops* spp.): La larva de esta mosca barrena los botones florales, causando su caída y pérdida directa de producción.

2.6. Estudios Previos Recomendados

Investigaciones, análisis y evaluaciones realizadas antes de implementar un proyecto o actividad agrícola, que permiten comprender las condiciones específicas del sitio, el comportamiento del cultivo, y los factores que pueden influir en su éxito productivo y ambiental. Estos estudios proporcionan información fundamental para tomar decisiones técnicas y estratégicas, minimizar riesgos y optimizar recursos.

- Análisis de suelo: Evaluación de pH, textura, materia orgánica (MO), nutrientes y conductividad eléctrica para determinar la fertilidad y condiciones del suelo.

- Calidad de agua: Análisis físico-químico e identificación de posibles contaminantes que puedan afectar el riego y la salud del cultivo.
- Topografía y erosión: Elaboración de mapas de pendiente y curvas a nivel para identificar zonas con riesgo de erosión y planificar un adecuado manejo del terreno.
- Clima local: Recopilación y análisis de datos históricos sobre cambio climático, precipitación, temperaturas mínima y máxima, y humedad relativa (HR).
- Mapa de biodiversidad y polinización: Identificación de fuentes y refugios para polinizadores, esenciales para la producción y sostenibilidad del cultivo.
- Estudio socioeconómico de productores: Evaluación de las condiciones y capacidades de los productores, incluyendo su potencial para asociarse y mejorar la comercialización.
- Muestreos fitosanitarios: Detección e identificación de plagas y enfermedades presentes en la zona.
- Evaluación del potencial productivo: Identificación de zonas aptas para el cultivo y estimación de rendimiento esperado.
- Estudios de mercado y cadenas de valor: Análisis para entender la demanda, precios y canales de comercialización.
- Diagnóstico de recursos hídricos: Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua para uso agrícola.

2.7. Ciclo de Vida

Etapa 1: Vivero y Trasplante (Mes 0 a 2)

Esta fase inicial se enfoca en la producción y desarrollo de plántulas en un ambiente controlado (vivero), para luego trasplantarlas al campo. Durante este período, se busca garantizar que las plántulas tengan un crecimiento saludable y estén en condiciones óptimas para adaptarse al suelo y clima del área de cultivo. Incluye la selección de semillas, manejo adecuado del vivero (riego, luz, temperatura), prevención de plagas y enfermedades, y el trasplante cuidadoso para asegurar un buen establecimiento en el terreno definitivo. Es una etapa crítica que determina el éxito del cultivo en etapas posteriores.

Objetivo: Obtener plántulas vigorosas y sanas para trasplante en campo.

Actividades clave	Descripción
Selección de semillas	Escoger frutos maduros de plantas sanas y productivas
Desinfección del sustrato	Uso de cal, vapor o productos biológicos para evitar enfermedades
Sustrato recomendado	Mezcla de tierra negra, arena y compost en proporción 2:1:1
Riego	Controlado, evitando encharcamiento
Altura para trasplante	20–25 cm
Duración en vivero	6–8 semanas
Certificaciones sugeridas	Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) desde esta etapa

Etapa 2: Crecimiento Vegetativo (Mes 2 a 7)

Durante esta etapa, las plantas desarrollan su estructura vegetativa, incluyendo tallos, hojas y raíces, con el objetivo de fortalecer el sistema que sustentará la producción futura. Es un período de rápido crecimiento donde la planta requiere condiciones óptimas de nutrición, agua, luz y manejo fitosanitario para maximizar su desarrollo. Se realiza el monitoreo constante para controlar plagas, enfermedades y estrés ambiental, además de ajustar prácticas agronómicas como riego, fertilización y poda. Esta etapa es fundamental para asegurar un buen rendimiento en las fases reproductivas posteriores.

Objetivo: Desarrollar una planta vigorosa con estructura óptima para fructificación.

Actividades clave	Descripción
Sistema de tutorado	Espalderas tipo emparrado (posteado con alambre)
Poda de formación	Guiar el tallo principal y estimular brotes laterales
Fertilización	Rica en nitrógeno (N) — fertilizantes orgánicos o mezcla NPK 20-10-10
Control de malezas	Mulching orgánico, deshierba manual o mecánica
Monitoreo de plagas	Ácaros, trips y mosca blanca
Riego	Uniforme, sin encharcar; ideal por goteo
Enmiendas y correctivos	Según análisis de suelo: cal agrícola (pH), compost, micorrizas

Etapa 3: Floración y Fructificación (Mes 7 a 9)

Esta etapa corresponde al periodo en que la planta inicia la formación de flores y frutos, procesos críticos para la producción agrícola. Durante estos meses, la planta demanda un manejo especializado que favorezca la polinización, la nutrición adecuada y el control riguroso de plagas

y enfermedades que puedan afectar la calidad y cantidad de la cosecha. Las condiciones ambientales y el suministro de agua deben ser cuidadosamente regulados para evitar estrés hídrico o nutricional, ya que estos pueden impactar negativamente en el desarrollo de frutos y la productividad final.

Objetivo: Garantizar una floración saludable y buena tasa de cuajado.

Actividades clave	Descripción
Inicio de floración	A partir del mes 7
Duración de floración	Continua durante el ciclo productivo
Tipo de polinización	Entomófila (abejas y abejorros: <i>Bombus</i> spp.)
Manejo de polinizadores	Fomentar cobertura floral, evitar insecticidas químicos
Fertilización	Rica en fósforo (P) y potasio (K); uso de ceniza o harinas minerales
Control de enfermedades	Mildiu, antracnosis y fusarium — control biológico o manejo integrado
Riego	Más frecuente en floración; usar sensores de humedad si es posible

Etapa 4: Cosecha (Desde el mes 9 y continua)

Esta etapa marca el inicio de la recolección de los frutos maduros, que puede extenderse según el ciclo productivo y tipo de cultivo. Es fundamental realizar la cosecha en el momento óptimo para garantizar la mejor calidad y rendimiento del producto. Durante esta fase, se debe manejar con cuidado para evitar daños físicos a los frutos y pérdidas postcosecha. Además, es importante planificar la logística de almacenamiento, transporte y comercialización para mantener la frescura y valor del producto hasta su destino final.

Objetivo: Recolectar fruta madura, mantener calidad y reducir pérdidas.

Actividades clave	Descripción
Inicio de cosecha	Mes 9 después del trasplante
Frecuencia	Cada 8–15 días, manualmente
Indicadores de madurez	Color morado oscuro, ligera caída del fruto
Herramientas	Tijeras de poda, guantes, canastillas
Manejo postcosecha	Clasificación, limpieza, pre-enfriado (si es para exportación)
Almacenamiento	En sitio fresco, con buena ventilación; duración de 7–10 días postcosecha
Pérdidas a reducir	Golpes mecánicos, sobre cosecha, pudriciones por manejo deficiente

Etapa 5: Comercialización y Certificaciones

En esta etapa se gestionan todos los procesos relacionados con la venta y distribución del producto agrícola. Incluye la identificación de mercados adecuados, establecimiento de canales de comercialización, y la negociación de precios para asegurar rentabilidad. Además, se enfoca en cumplir con las normativas y obtener certificaciones (como orgánicas, de comercio justo, o de calidad) que aumentan la confianza del consumidor y abren nuevas oportunidades comerciales.

La certificación también implica mantener prácticas agrícolas sostenibles y transparentes, facilitando el acceso a mercados nacionales e internacionales.

Objetivo: Acceder a mercados con valor agregado y sostenibilidad.

Actividades clave	Descripción
Certificaciones recomendadas	BPA, GlobalG.A.P., Orgánica, Comercio Justo
Mercados potenciales	Nacional, exportación a Europa, EE. UU., y mercados gourmet

Canales de venta	Asociaciones de productores, comercializadoras, ferias agroindustriales
Modelos asociativos	Cooperativas, alianzas productivas, economía solidaria
Innovaciones recomendadas	Trazabilidad digital, empaques biodegradables, monitoreo satelital

8. Requerimientos Agroecológicos

Condiciones ambientales, climáticas y edáficas (del suelo) necesarias para que el cultivo se desarrolle de forma óptima y sea productivo.

Parámetro	Recomendación técnica
Altitud	1.800–2.600 m.s.n.m.
Temperatura	13–20 °C
Precipitación	1.500–2.000 mm/año, bien distribuida
Humedad	60–80%
Tipo de suelo	Franco, franco-arenoso, bien drenado
pH óptimo	5.5 – 6.5
Luminosidad	Alta, pero sin exposición directa extrema
Viento	Requiere protección contra vientos fuertes

2.8. Sostenibilidad y Manejo Integrado

Implementación de estrategias agronómicas, ecológicas y tecnológicas que permiten producir de forma eficiente, cuidando el medio ambiente, utilizando racionalmente los insumos agrícolas (agua, fertilizantes, agroquímicos), protegiendo la biodiversidad, y mejorando las condiciones sociales y económicas de los agricultores.

Tema	Recomendaciones
Preparación sostenible	Labranza mínima, coberturas vegetales, biofertilizantes
Agua	Captación de agua lluvia, riego por goteo, sensores de humedad
Fertilidad del suelo	Compost, lombricompost, bokashi, rotación de cultivos
Control biológico	Trampas, enemigos naturales, extractos vegetales
Reducción de químicos	Sustitución con bioinsumos certificados
Manejo del clima	Coberturas, barreras vivas, sombra parcial
Tecnología	Monitoreo con apps agrícolas, sensores climáticos, drones (opcional)

2.9. Línea de Tiempo del Cultivo (Resumen por Fases)

Meses	Fase	Actividades clave
0-2	Vivero y Trasplante	Germinación, desarrollo en vivero, trasplante
2-7	Crecimiento Vegetativo	Tutorados, podas, fertilización, control de malezas
7-9	Floración y Fructificación	Polinización, manejo de abejas, fertilización P-K, monitoreo sanitario
9-36	Cosecha continua	Recolección periódica, manejo postcosecha, comercialización

2.10. Investigaciones y Proyectos Similares

La investigación en gulupa se ha centrado en:

- Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP): Tesis y estudios de AGROSAVIA se han enfocado en reducir la dependencia de plaguicidas químicos mediante el uso de control biológico, trampas y prácticas culturales.
- Polinización Dirigida: Investigaciones sobre la importancia de los abejorros y cómo fomentar su presencia en los cultivos para aumentar la productividad.
- Agricultura de Precisión: Aunque incipiente en este cultivo, existen proyectos para otras frutas que utilizan sensores, drones y software para monitorear la salud de las plantas y optimizar el uso de agua y fertilizantes. El desarrollo de una aplicación específica para gulupa es un nicho con un enorme potencial, ya que la mayoría de los productores aún dependen de registros manuales en libretas.

2.11. Justificación técnica del proyecto desde la ingeniería de sistemas

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Sistemas, el diseño de una aplicación de gestión agrícola inteligente para gulupa se enmarca en el desarrollo de software orientado a problemas reales del entorno rural, con enfoque en la automatización de procesos, la inteligencia de datos y la sostenibilidad agropecuaria.

El proyecto plantea la integración de tecnologías como:

- Bases de datos no relacionales para el almacenamiento de registros productivos;
- Interfaz web y móvil para facilitar el acceso desde el campo;
- Módulos analíticos con visualización de métricas clave (dashboards);
- Machine Learning e IA para análisis predictivo fitosanitario;

Este enfoque aporta valor agregado al sector agrícola, especialmente en cultivos de exportación como la gulupa, alineándose con las metas de transformación digital rural propuestas por entidades como FAO, Ministerio de Agricultura y AGROSAVIA.

3. Planteamiento del problema.

3.1. Problema Central

Según la estructura propuesta por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) a través de la Metodología del Marco Lógico, todo proyecto debe partir de la identificación clara del problema central, sus causas y sus efectos (CEPAL, 2011).

En este contexto, el problema central identificado es:

- La baja productividad y calidad del fruto de gulupa en pequeños y medianos productores colombianos, lo que afecta su rentabilidad y limita el cumplimiento de estándares internacionales de comercialización.

¿Cómo se manifiesta este problema?

- Rendimientos promedio de apenas 12–15 toneladas por hectárea, frente a un potencial agronómico estimado en 20–25 t/ha (Fischer & Miranda, 2012).
- Frutas con menor calibre y grados Brix —indicadores críticos para la exportación a mercados como la Unión Europea—.
- Manejo técnico empírico y reactivo, caracterizado por el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas.

3.2. Causas del Problema

2.1 Causas inmediatas

- Falta de estandarización en el manejo técnico del cultivo, con escasa implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
- Limitado acceso a tecnologías de monitoreo en tiempo real (sensores de humedad, estaciones climáticas, etc.).
- Diagnóstico fitosanitario tardío y reactivo, especialmente ante enfermedades de alto impacto como el Fusarium.

- Baja capacidad técnica de los productores para interpretar información agronómica (resultados de laboratorio, recomendaciones técnicas).

2.2 Factores contribuyentes

- Escasa adopción de tecnologías digitales en el agro colombiano, especialmente en zonas rurales con baja conectividad (Hinojosa et al., 2023).
- Falta de acompañamiento técnico especializado, lo cual limita el cierre de brechas de conocimiento.
- Aumento en las exigencias del mercado internacional, como los requerimientos del Pacto Verde de la Unión Europea y certificaciones como GlobalG.A.P..
- Ausencia de herramientas digitales integradas, diseñadas específicamente para el contexto de pequeños productores.

3.3. Efectos del Problema

El problema central genera efectos interrelacionados en los ámbitos económico, técnico, ambiental y social:

3.1 Efectos económicos

- Reducción de la rentabilidad de los cultivos.
- Mayores costos por sobreuso de insumos químicos.
- Menor capacidad de negociación frente a exportadores y cadenas de valor.

3.2 Efectos técnicos

- Disminución en la calidad del fruto, afectando su competitividad internacional.
- Dificultades para lograr certificaciones exigidas por mercados de alto valor.

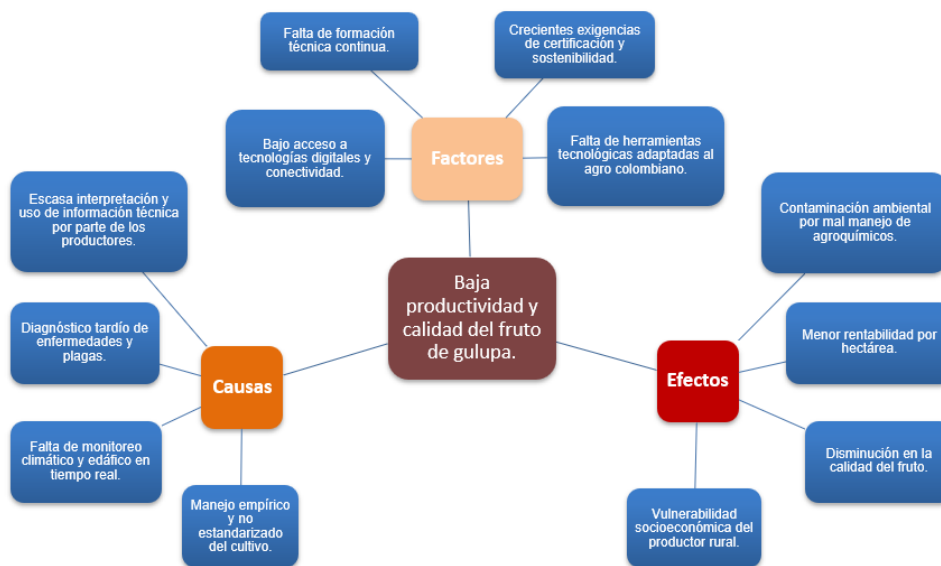
3.3 Efectos ambientales

- Contaminación de suelos y fuentes hídricas por mal uso de fertilizantes y pesticidas.
- Degradación de la biodiversidad del ecosistema agrícola.

3.4 Efectos sociales

- Aumento de la desigualdad tecnológica entre productores.
- Vulnerabilidad socioeconómica en zonas rurales.
- Pérdida de oportunidades de exportación para los pequeños agricultores.

3.4. Modelo Causal del Problema (Árbol de Problemas)



La falta de tecnificación y monitoreo oportuno en el cultivo de gulupa constituye una barrera crítica para el desarrollo sostenible y competitivo de este renglón agrícola en Colombia. Dado el creciente escrutinio de los mercados internacionales en temas de calidad, trazabilidad y sostenibilidad, se hace urgente diseñar e implementar soluciones tecnológicas integrales que permitan a los productores mejorar su productividad, minimizar pérdidas, cumplir con estándares internacionales y garantizar la sostenibilidad del cultivo.

4. Objetivos

El proyecto InterAgro se encuentra alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por las Naciones Unidas, al promover el uso responsable de la tecnología como motor de desarrollo en el sector agrícola. En particular, contribuye al ODS 2: Hambre Cero, al fortalecer la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas; al ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, mediante la incorporación de tecnologías digitales, IoT e inteligencia artificial aplicadas al agro; al ODS 12: Producción y Consumo Responsables, al fomentar el uso eficiente de insumos y la trazabilidad de los procesos productivos; y al ODS 13: Acción por el Clima, al apoyar la toma de decisiones informadas frente a la variabilidad climática, reduciendo riesgos ambientales y mejorando la resiliencia de los pequeños y medianos productores.

4.1 Objetivo General

Desarrollar una solución tecnológica que permita cerrar la brecha entre el potencial productivo y las oportunidades digitales, mediante herramientas accesibles que transformen los datos en decisiones agronómicas oportunas y trazables. mejorando así la eficiencia operativa y la experiencia del usuario. Este sistema debe facilitar la gestión y operación de diversas funciones agrícolas fortaleciendo la productividad, sostenibilidad y competitividad de pequeños y medianos productores.

4.2 Objetivos específicos

- a) Analizar las condiciones ambientales (suelo-clima), cuidados y características del cultivo con el fin de estructurar una ficha técnica que consolide las variables agronómicas, prácticas de manejo, requerimientos nutricionales, plagas y enfermedades más comunes.

- b) Diseñar y estructurar una ficha técnica centralizada del cultivo de gulupa, que consolide las variables agronómicas, prácticas de manejo, requerimientos nutricionales, plagas y enfermedades más comunes, como insumo base para el sistema.
- c) Implementar el núcleo del aplicativo para la versión 1 que permita el registro y trazabilidad del material vegetal y las actividades de cuidado realizadas, siembra, riego, fertilización, control de plagas y cosecha.
- d) Plantear API para futuras integraciones con IoT e Inteligencia Artificial para mejorar la trazabilidad, gestión del cultivo y monitoreo en tiempo real del cultivo de gulupa, fortaleciendo la productividad, sostenibilidad y competitividad de pequeños y medianos productores.
- e) Validar el funcionamiento del sistema en un entorno de prueba, con el fin de evaluar su funcionalidad.

4.3 Límite del proyecto

4.3.1 Desarrollo de Módulos Adicionales:

4.3.1.1 Módulos de Funcionalidades Específicas: Desarrollo de módulos específicos como Inventario de activos, integración IOT, integración IA, Integración Facturación electrónica que se integrarán posteriormente.

4.3.1.2 Funcionalidades Avanzadas de Módulos: Cualquier desarrollo avanzado o personalización de los módulos que no sea parte del alcance inicial de la aplicación.

4.3.2 Integraciones externas:

4.3.3 Cualquier integración con sistemas externos o servicios de terceros no especificados en el alcance.

4.4 Características de Seguridad Avanzadas:

- 4.4.1 Seguridad de Nivel Empresarial: Implementación de características de seguridad avanzadas, como la encriptación completa de datos y auditorías de seguridad extensas, que se abordarán en fases posteriores.

4.5 Capacitación Extensa:

- 4.5.1 Capacitación de Usuario: Formación extensiva o entrenamiento avanzado para los usuarios sobre el uso del sistema.
- 4.5.2 Soporte Post-Despliegue Extenso: Provisión de soporte técnico más allá de la fase inicial del despliegue.

4.6 Desarrollo de Características de Escalabilidad Avanzada:

- 4.6.1 Optimización para Escalabilidad: Implementación de técnicas avanzadas de escalabilidad que podrían ser abordadas en fases posteriores a medida que el sistema crece y se ajusta.

5. Metodología

La presente investigación se enmarca dentro de un estudio de tipo descriptivo y aplicado, orientado a caracterizar las condiciones técnicas, agronómicas y ambientales necesarias para la planificación y preparación del terreno destinado al cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*). A partir de esta caracterización, se busca diseñar e implementar una herramienta tecnológica integral, basada en Internet de las Cosas (IoT) e inteligencia artificial (IA), que sirva como sistema de apoyo a la decisión para agricultores y técnicos del sector.

5.1. Enfoque de la investigación

5.1.1 Enfoque cualitativo

- El componente cualitativo permitirá:
 - Sistematizar información técnica y agronómica sobre el cultivo
 - Documentar buenas prácticas agrícolas y requisitos de certificación.
 - Construir la ficha técnica centralizada de la gulupa, como insumo base para la planificación y gestión del cultivo.

5.1.2 Enfoque cuantitativo

El componente cuantitativo se empleará para:

- Registro de actividades, manejo y aplicación de insumos, y administración centros de operaciones (Finca, parcela, lote), registro de cosecha y generación de reportes.

5.2. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como:

- Descriptiva, en tanto busca identificar, caracterizar y documentar las condiciones edafoclimáticas, fenológicas y técnicas que influyen en el cultivo de gulupa.
- Aplicada, ya que tiene como propósito generar un producto tecnológico que aporte soluciones prácticas a problemáticas reales del sector agrícola colombiano.

5.3. Diseño metodológico

El diseño metodológico se estructura en cinco fases principales:

1. Revisión documental y análisis de requerimientos
 - Recopilación de literatura científica y técnica sobre el cultivo de gulupa.
 - Identificación de variables críticas y requerimientos funcionales del sistema InterAgro.
2. Caracterización técnica y agronómica
 - Registro de condiciones de suelo, clima y manejo agrícola en zonas piloto.
 - Elaboración de la ficha técnica centralizada del cultivo de gulupa.
3. Diseño del sistema integral InterAgro
 - Definición de la arquitectura tecnológica
 - Especificación de los módulos de planificación, monitoreo, trazabilidad, asistencia digital, IoT,
 - Diseño de base de datos, API, módulos y aplicación móvil.
 - Definición del alcance del proyecto.
4. Implementación y desarrollo
 - Implementación del núcleo del aplicativo que permita el registro de trazabilidad de material vegetal y actividades de cuidado.
 - Desarrollo del sistema de información y de la aplicación móvil.
5. Validación piloto y evaluación
 - Pruebas del sistema en con un lote experimental de gulupa.
 - Evaluación de eficiencia, funcionalidad y usabilidad.

5.4. Población y muestra

- Población objetivo: Productores, ingenieros agrónomos y técnicos agrícolas involucrados en el cultivo de gulupa en Colombia.
- Muestra: Grupo piloto de agricultores ubicados en Antioquia donde se desarrollarán pruebas experimentales y de validación del sistema.

5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Instrumentos tradicionales: Encuestas a productores, fichas de campo.
- Fuentes documentales: Manuales técnicos, artículos científicos, bases de datos climáticas históricas y normativas de certificación agrícola.
- Plataforma InterAgro: Registro, consolidación y análisis centralizado de la información obtenida.

5.6. Técnicas de análisis

1. Análisis descriptivo de variables edafoclimáticas y productivas.
2. Pruebas piloto de funcionalidad del sistema.

6. Desarrollo del Proyecto

6.1. Ingeniería del software desarrollo de prototipos.

El desarrollo de prototipos reduce el riesgo de que nuestro proyecto fracase y facilita la especificación de requerimientos de productos que desconocemos.

Bajo este modelo, los requerimientos pasan por tres estados:

1. Conceptuación: Historias de usuario iniciales.
2. Refinamiento: Ajustes tras ver el prototipo de baja fidelidad.
3. Validación: Requerimiento final tras probar el prototipo de alta fidelidad.

6.1.1. Análisis

La recolección de los siguientes requisitos se realizó mediante entrevistas de la mano de un agente experto en el sector agrícola relacionado con el cultivo de la gulupa.

6.1.1.1. Requerimientos funcionales:

1. Gestión de proveedores (RF-01)

ID Historia de usuario:	HU-01
Nombre:	Registro y Administración de Proveedores
Usuario:	Administrador Agrícola.
Descripción:	COMO Administrador, QUIERO gestionar la base de datos de proveedores (NIT, contacto, rubro), PARA asegurar un canal formal de adquisición de insumos y material para el cultivo de Gulupa..
Actores involucrados:	Administrador (Ingreso)
	Sistema (Validación NIT Único)

Esquema:	1. Pantalla de entrada con campos: Nombre, Nit, Dirección, Teléfono, Email, Contacto, Tipo de proveedor, Estado, Observaciones.
	2. El prototipo debe permitir crear, listar, buscar, editar, eliminar.
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

2. Registro de Material Vegetal (RF-02)

ID Historia de usuario:	HU-02
Nombre:	Registro de Material Vegetal (Semillas/Plantas)
Usuario:	Administrador Agrícola.
Descripción:	COMO Administrador, QUIERO registrar las variedades de Gulupa y especies recibidas asociándolas a un proveedor, PARA controlar la calidad fitosanitaria desde el origen.
Actores involucrados:	Administrador (Ingreso)
	Proveedor (Referencia FK).
Esquema:	1. Pantalla de entrada con campos: Nombre, Variedad, Especie, Descripción, ProveedorId, Fecha de ingreso, Cantidad, Unidad de medida, Estado
	2. El prototipo debe permitir crear, listar, buscar, editar, eliminar, no se puede crear sin un proveedorId válido
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

3. Registro de lote y generación de QR (RF-03)

ID Historia de usuario:	HU-03
Usuario:	Ingeniero Agrónomo / Operario
Descripción:	COMO Administrador Agrícola, QUIERO crear lotes de siembra y generar un código QR único para cada uno, PARA asegurar la trazabilidad mediante el escaneo físico en campo.
Actores involucrados:	Administrador
	Operario (Lector)
	Sistema (Generador)
Esquema:	1. El lote debe tener asociado un código qr único, una parcelaID para vincular su ubicación, fecha de simbra y estado.
	2. Generación de PDF para impresión
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

4. Registro de actividades en cada fase del cultivo (RF-04)

ID Historia de usuario:	HU-04
Usuario:	Ingeniero Agrónomo / Operario
Descripción:	COMO Técnico, QUIERO registrar las labores diarias (poda, riego, etc.) según la fase del cultivo, PARA mantener un historial técnico auditable.
Actores involucrados:	Operario agrícola (registra)
	Agrónomo (supervisa)

Esquema:	1. Menú desplegable con fases: Siembra, Crecimiento, Floración, Cosecha.
	2. Campos de: Fecha, Hora, Tipo de Labor, Responsable y Observaciones.
	3. Se debe indicar si aplica insumo, si mostrar disponibles indicar cantidad aplicada. Se debe indicar si es de tipo cosecha cantidad recolectada y unidades de medida
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

5. Registro de centro de operaciones (RF-05)

ID Historia de usuario:	HU-05
Usuario:	Administrador Agrícola
Descripción:	COMO Administrador, QUIERO registrar las sedes o centros de operación, PARA organizar la ubicación geográfica de los lotes.
Actores involucrados:	Administrador
Esquema:	1. Registro de nombre de finca, dirección GPS (opcional inicial), y área total.
	2. Asociación de lotes (RF-02) a un Centro de Operación específico.
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

6. Registro de usuarios y roles (RF-06)

ID Historia de usuario:	HU-06
Usuario:	Administrador de Sistema
Descripción:	COMO Administrador, QUIERO crear perfiles de usuario y asignarles roles específicos, PARA controlar quién puede ver y editar la información técnica y financiera.
Actores involucrados:	Administrador (creador)
	Todos los usuarios (validación)
Esquema:	1. Login con correo y contraseña.
	2. Roles: Admin, Ingeniero, Operario.
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

7. Control de Insumos (RF-07)

ID Historia de usuario:	HU-07
Usuario:	Almacenista / Administrador de Sistema
Descripción:	COMO Almacenista, QUIERO llevar un inventario de agroquímicos y herramientas, PARA optimizar el uso y reducir la contaminación ambiental por mal manejo.
Actores involucrados:	Almacenista, Sistema (cálculo de stock).
Esquema:	1. Listado de insumos con: Nombre, Unidad de medida, Cantidad actual.
	2. Alerta de stock bajo.

	3. Descuento automático cuando se registra fumigación o fertilización (RF-03).
Versión	1.0 (Prototipo inicial)
Estado	Implementado

6.1.1.2. Requisitos no funcionales:

ESPECIFICACIÓN TRANSVERSAL DE INGENIERÍA

Mantenibilidad	Modularidad: El backend debe usar arquitectura por capas. Documentación: Código comentado y manual técnico actualizado en cada iteración.
Portabilidad	Responsive Design: La interfaz debe ser fluida en Web y Android/iOS mediante tecnologías híbridas. (PWA)
Restricción: Tiempo	Fechas límite para el desarrollo y el despliegue del sistema.
Restricción: Presupuesto	Se limitará el uso de servicios Cloud, dispositivos IOT.
Restricción: RRHH	Disponibilidad y habilidades del equipo de desarrollo.

6.1.2. Diseño

Para la primera fase del proyecto App-InterAgro, se ha seleccionado una estrategia de diseño basada en un Monolito Modular implementado sobre Arquitectura Hexagonal (Puertos y Adaptadores), complementada con una estrategia Offline-First en el cliente.

Esta elección estratégica busca equilibrar la velocidad de desarrollo inicial con la robustez necesaria para el futuro, basándose en los siguientes pilares técnicos:

a. Modularidad Lógica y Alta Cohesión

A diferencia de un monolito tradicional (código espagueti), el Monolito Modular permite estructurar el sistema en dominios de negocio claramente definidos (ej. Gestión de Fincas, Inventario, Trazabilidad). Aunque el sistema se despliega como una unidad unificada, internamente cada módulo mantiene límites estrictos, encapsulando su propia lógica y persistencia. Esto evita el acoplamiento innecesario y garantiza que el código permanezca organizado y comprensible a medida que el equipo crece.

b. Mantenibilidad y Evolución mediante Arquitectura Hexagonal

La adopción de la Arquitectura Hexagonal aísla el núcleo de negocio (Dominio) de las tecnologías externas (Base de datos, Frameworks UI, APIs de terceros).

- **Beneficio:** Esto permite realizar actualizaciones tecnológicas, correcciones de errores o cambios en la infraestructura (ej. cambiar de base de datos o proveedor de correo) sin tener que reescribir las reglas de negocio críticas.
- **Testing:** Facilita la implementación de pruebas unitarias y de integración robustas, asegurando la estabilidad del sistema ante cambios continuos (CI/CD).

c. Escalabilidad Preparada para el Futuro

Si bien en esta fase el sistema escala horizontalmente como una unidad completa, la estructura modular actúa como un paso previo natural hacia los microservicios. Si en el futuro un módulo específico (ej. Sensores IoT) demanda recursos desproporcionados, podrá extraerse fácilmente a un microservicio independiente gracias a que sus límites y dependencias ya están definidos por la Arquitectura Hexagonal. Esto evita la complejidad operativa prematura mientras deja la posibilidad abierta al crecimiento.

d. Continuidad Operativa (Offline-First)

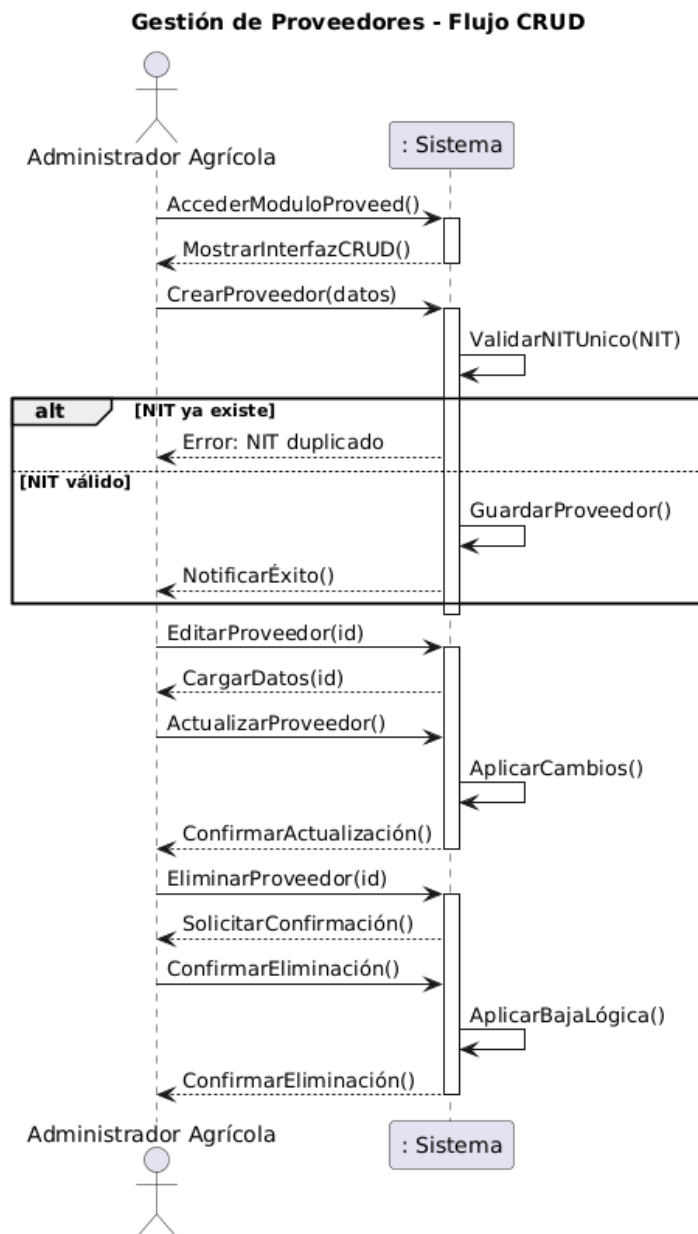
Dado el contexto agrícola donde la conectividad es intermitente, la estrategia Offline-First es crítica. Mediante el uso de PWA (Progressive Web Apps) y bases de datos locales en el dispositivo (IndexedDB), InterAgro garantiza que los usuarios puedan realizar operaciones críticas (registro de cosechas, movimientos de insumos) sin conexión a internet. El sistema gestiona la sincronización de datos en segundo plano (Background Sync) una vez se restablece la conexión, asegurando la integridad de la información y una experiencia de usuario fluida.

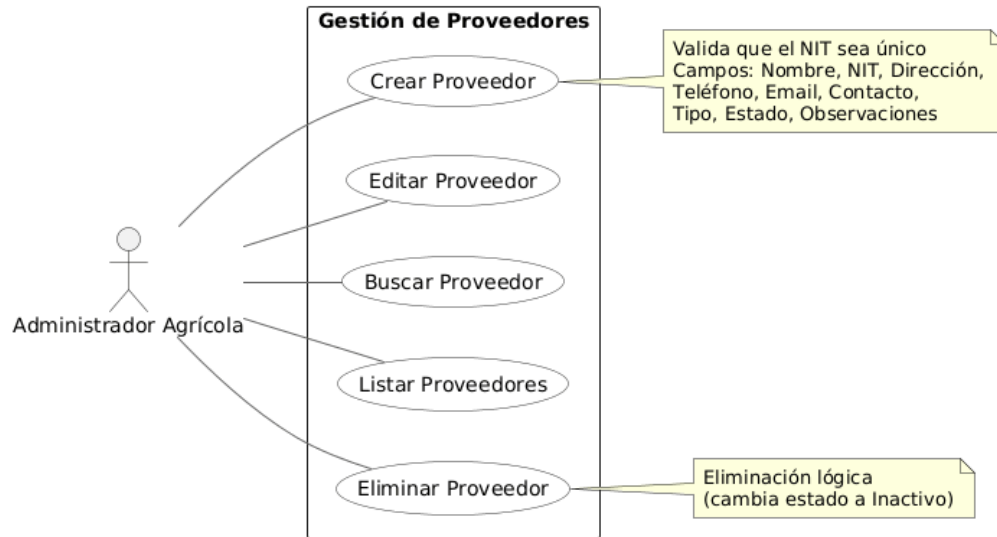
6.1.2.1. Caso de uso y modelados UML:

Gestión de Proveedores

- 1 El Administrador Agrícola accede al módulo de gestión de proveedores.
- 2 El sistema muestra una interfaz con opciones para: Crear, Listar, Buscar, Editar y Eliminar proveedores.
- 3 Al crear un nuevo proveedor, el sistema valida que el NIT sea único en la base de datos.
- 4 Los campos obligatorios incluyen: Nombre, NIT, Dirección, Teléfono, Email, Contacto, Tipo de proveedor, Estado (Activo/Inactivo), y Observaciones (opcional).
- 5 Al editar o eliminar, el sistema solicita confirmación y aplica los cambios en la base de datos.

- 6 La lista de proveedores se muestra en una tabla con filtros básicos (por nombre, NIT o estado).
- 7 El sistema notifica al usuario sobre el resultado de cada operación (éxito o error).

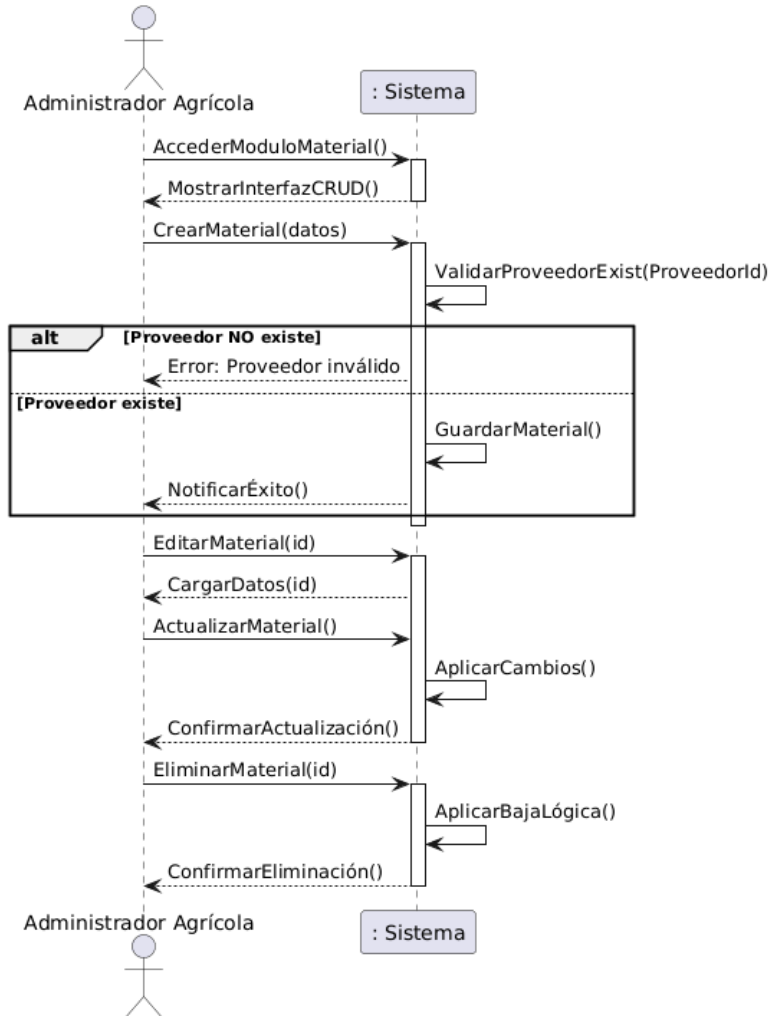


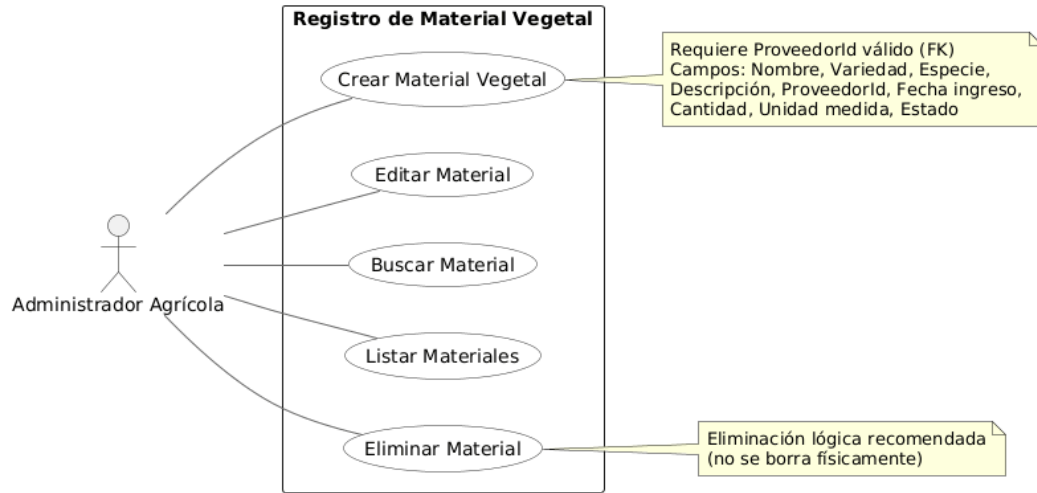


Registro de Material Vegetal (Semillas/Plantas)

1. El Administrador Agrícola accede al módulo de registro de material vegetal.
2. El sistema muestra una interfaz CRUD con campos: Nombre, Variedad, Especie, Descripción, ProveedorId, Fecha de ingreso, Cantidad, Unidad de medida, Estado.
3. No se permite crear un registro sin un ProveedorId válido (debe existir en la base de proveedores).
4. Al crear, el sistema valida la existencia del proveedor y guarda el material vegetal vinculado a él.
5. El sistema permite listar todos los registros, con opción de filtrar por variedad, especie o proveedor.
6. El Administrador puede buscar, editar o eliminar registros (eliminación lógica recomendada).
7. El sistema notifica el resultado de cada operación (éxito, error por proveedor inexistente, etc.).

Registro de Material Vegetal - Flujo CRUD

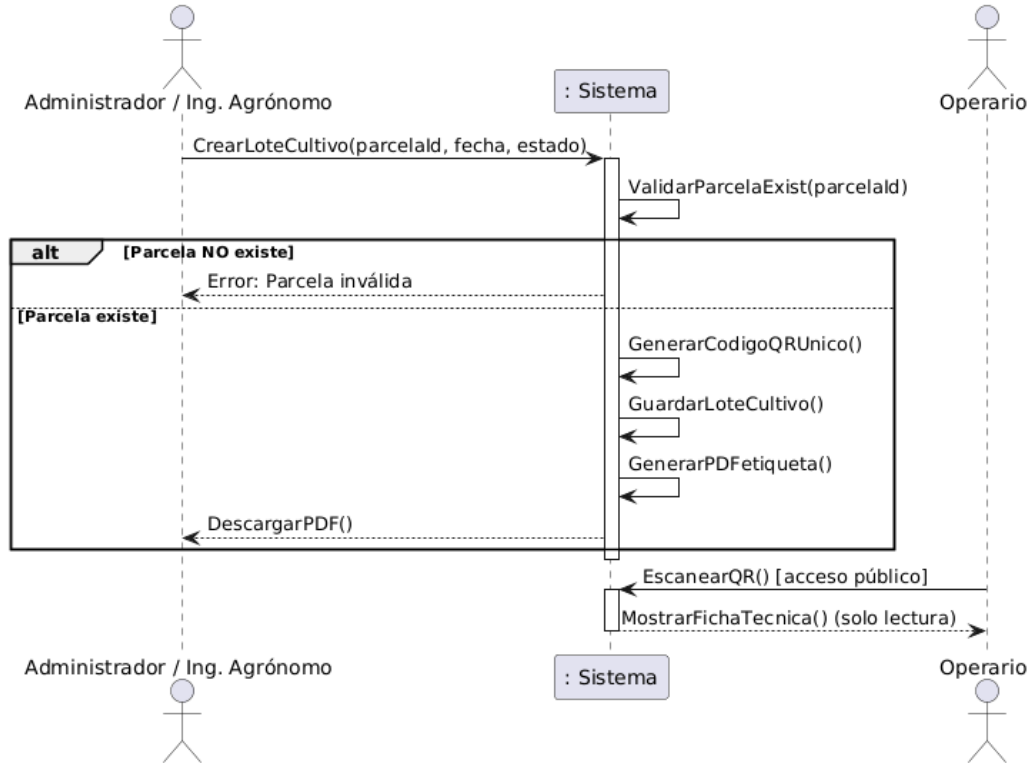


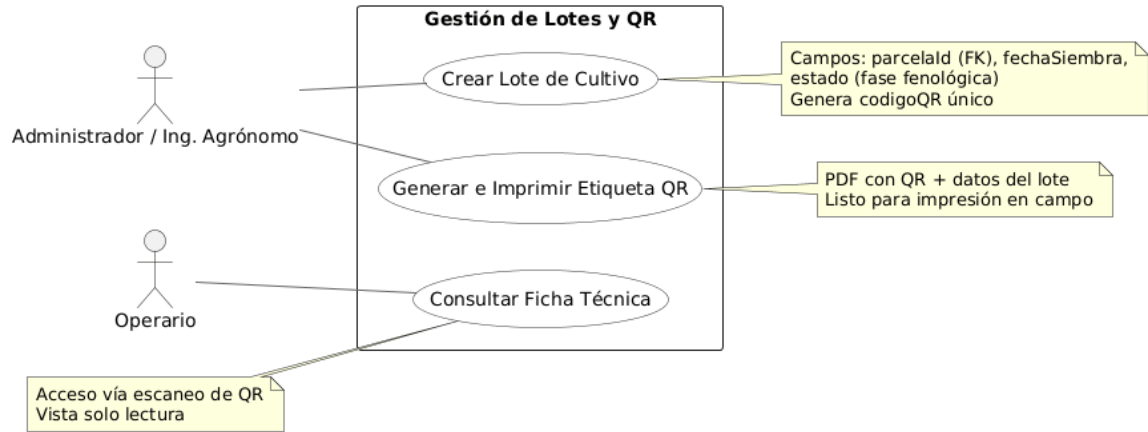


Creación de Lotes de Cultivo y Generación de Código QR

1. El Administrador o Ingeniero Agrónomo accede al módulo de creación de lotes.
2. El sistema muestra un formulario con campos: ParcelaId (FK), Fecha de Siembra, Estado (fase fenológica).
3. Al guardar el lote, el sistema genera automáticamente un código QR único vinculado al lote.
4. El código QR contiene una URL pública de trazabilidad (ej. <https://fincaelparaiso.com/trazabilidad/{codigoQR}>).
5. El sistema guarda el lote en la base de datos con su código QR como identificador único.
6. El sistema genera un PDF listo para imprimir que incluye el código QR y datos básicos del lote (parcela, fecha, variedad).
7. El Operario en campo puede escanear el QR con un dispositivo móvil para acceder a la ficha técnica del lote (solo lectura).

Creación de Lote y Generación de QR

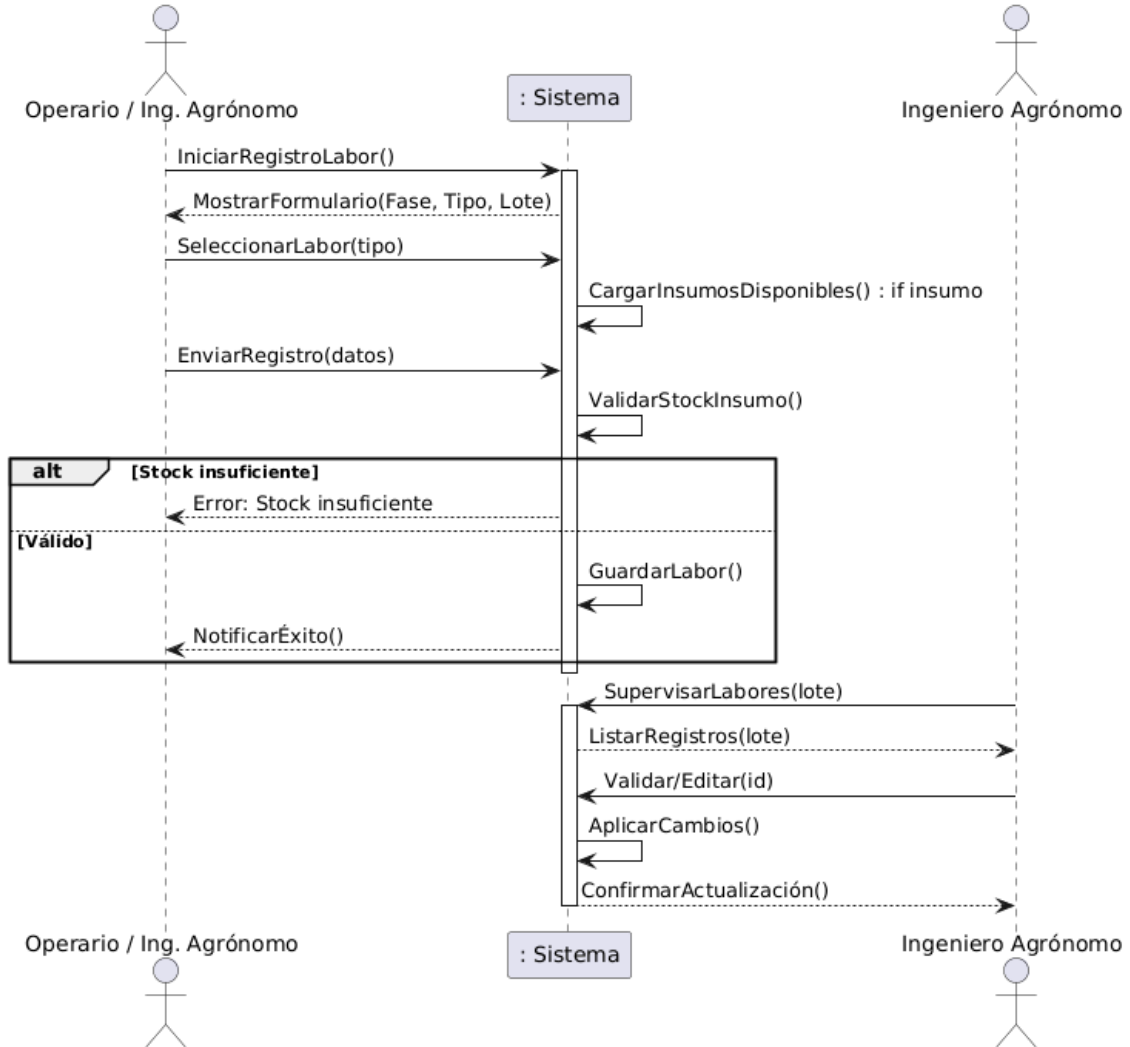


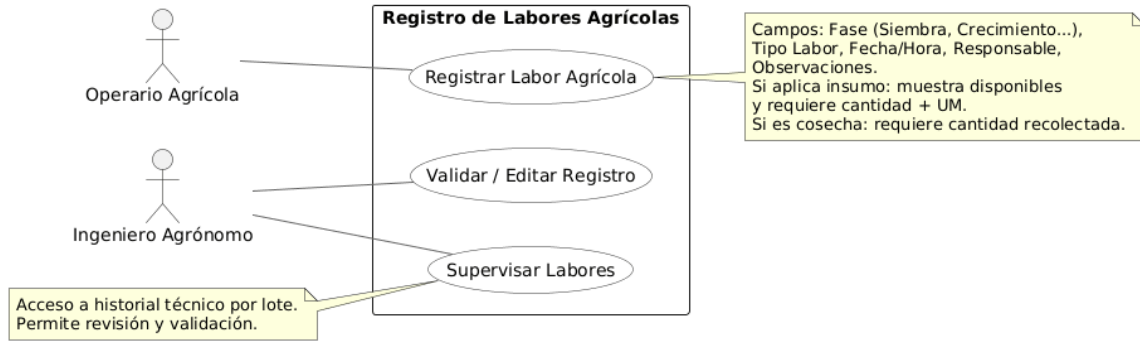


Registro de actividades Agrícolas por Fase Fenológica

1. El Operario Agrícola o Ingeniero Agrónomo accede al módulo de registro de labores.
2. El sistema muestra un formulario con:
 - Fase del cultivo: menú desplegable (Siembra, Crecimiento, Floración, Cosecha)
 - Fecha y Hora de ejecución (no futura)
 - Tipo de Labor: selección predefinida (Poda, Riego, Fertilización, Fumigación, Cosecha, etc.)
 - Responsable: usuario autenticado (por defecto), editable si es supervisor
 - Observaciones: campo de texto opcional
3. Si la labor usa insumos (ej. fertilizantes, agroquímicos):
 - El sistema muestra solo los insumos disponibles en inventario.
 - Se requiere indicar cantidad aplicada y unidad de medida.
4. Si la labor es Cosecha:
 - Se debe registrar cantidad recolectada y unidad de medida (kg, qq, etc.).
5. El Agrónomo puede supervisar, validar o editar registros posteriores.
6. Todos los registros quedan asociados a un lote específico y son auditables.

Registro de Actividades por Fase del Cultivo

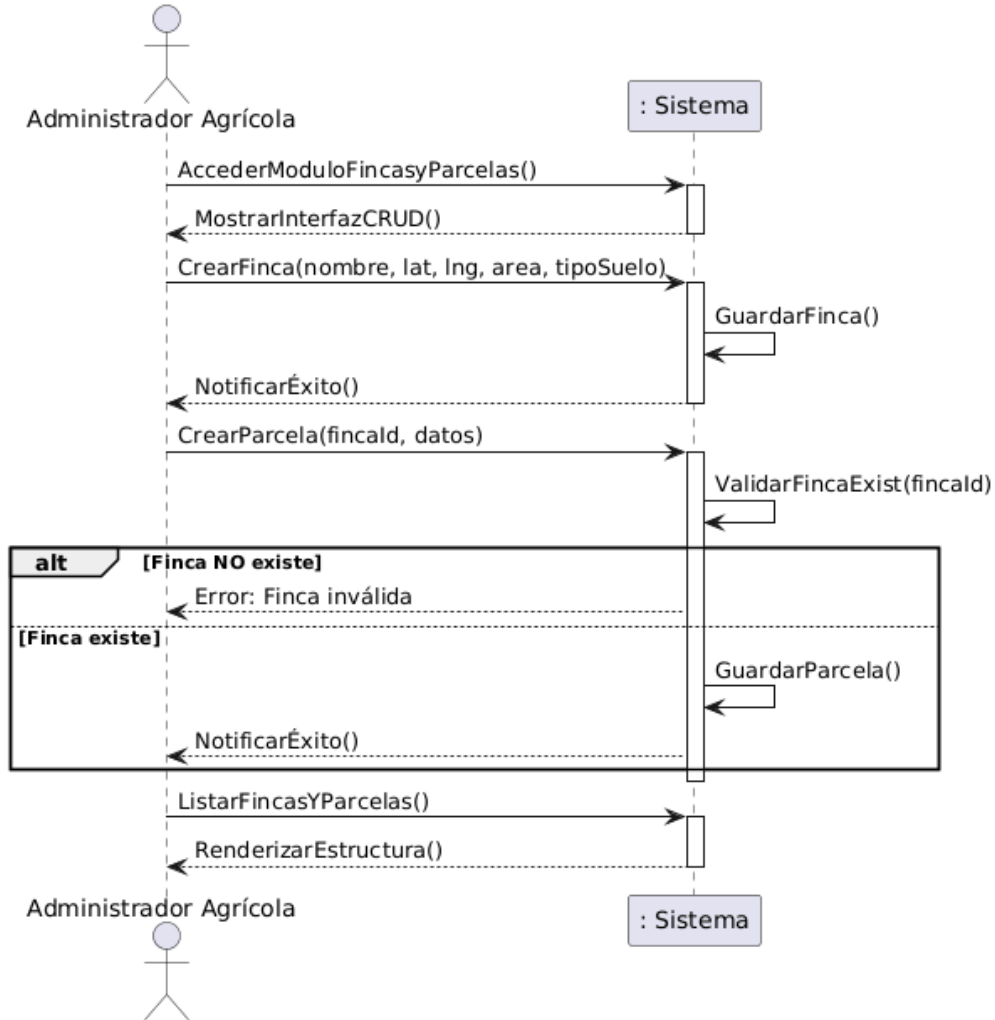


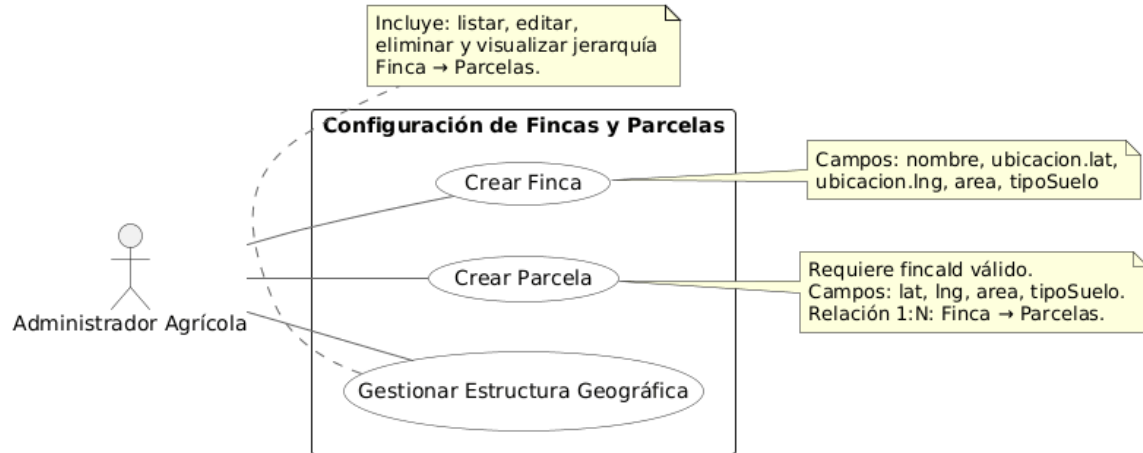


Registro y Gestión de Fincas y Parcelas

1. El Administrador Agrícola accede al módulo de fincas y parcelas.
2. El sistema permite crear, listar, editar y eliminar fincas.
3. Cada finca contiene una o más parcelas, con relación jerárquica 1:N.
4. Para cada finca y parcela, se registran:
 - Ubicación geográfica: latitud y longitud (ubicacion.lat, ubicacion.lng)
 - Área (en hectáreas o m²)
 - Tipo de suelo (arcilloso, arenoso, franco, etc.)
5. El sistema puede integrar mapas interactivos (opcional en v1.0) o permitir ingreso manual de coordenadas.
6. El sistema almacena los datos con soporte para sincronización diferida (método findChangedSince en FincaRepository).
7. La estructura jerárquica Finca → Parcela es base para todos los módulos operativos (lotes, labores, cosecha).

Configuración de Fincas y Parcelas



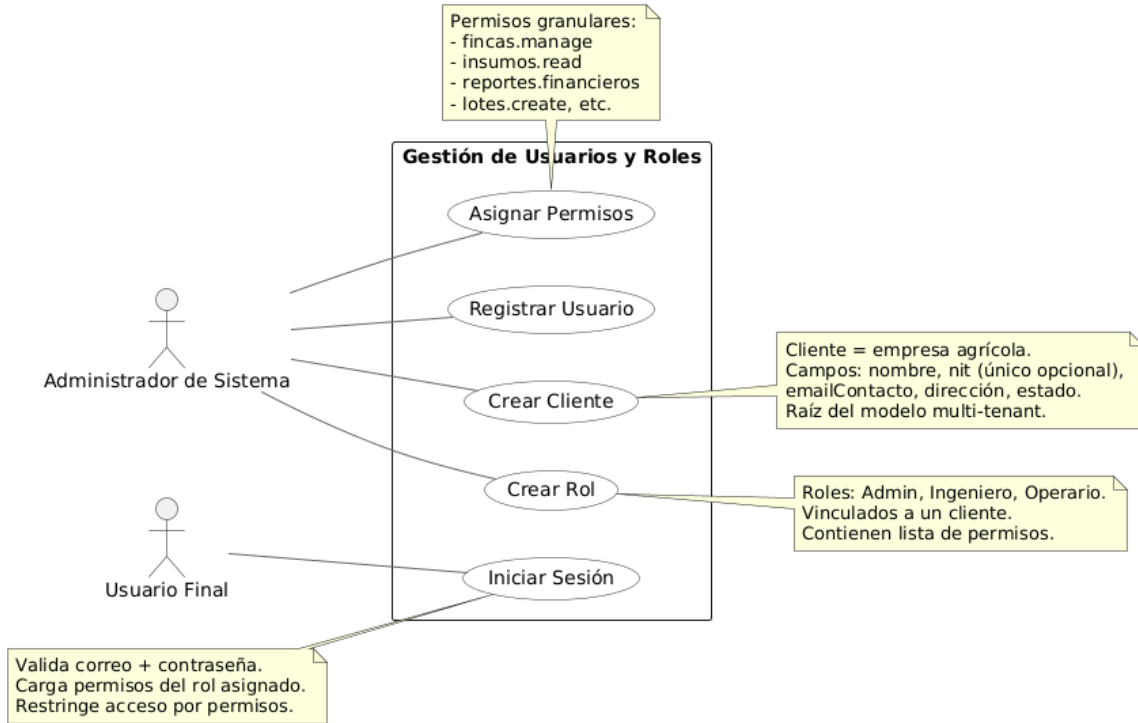


Registro y Asignación de Roles y Permisos

1. El Administrador de Sistema accede al módulo de gestión de usuarios.
2. El sistema permite crear clientes (empresas agrícolas), que actúan como raíz del modelo multi-tenant.
3. Dentro de un cliente, el administrador puede:
 - Crear roles (ej. Admin, Ingeniero, Operario) con descripción y permisos asociados.
 - Asignar permisos granulares a cada rol (ej. fincas.manage, insumos.read, reportes.financieros).
4. Los usuarios finales se registran bajo un cliente y se les asigna un rol específico.
5. Al iniciar sesión, el sistema valida las credenciales (correo + contraseña) y carga los permisos del rol asignado.
6. El acceso a funcionalidades está restringido según los permisos del rol (ej. Operario no ve reportes financieros).

Gestión de Usuarios y Roles - Arquitectura Hexagonal

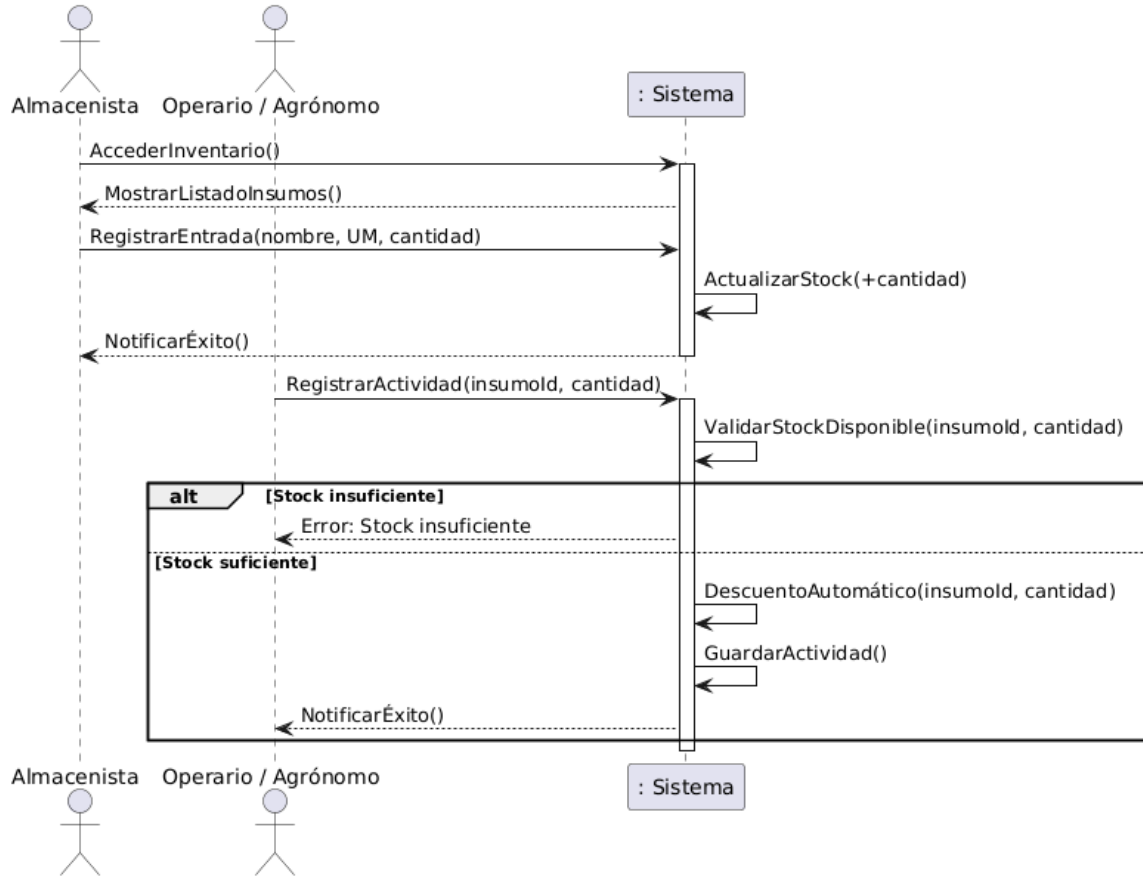


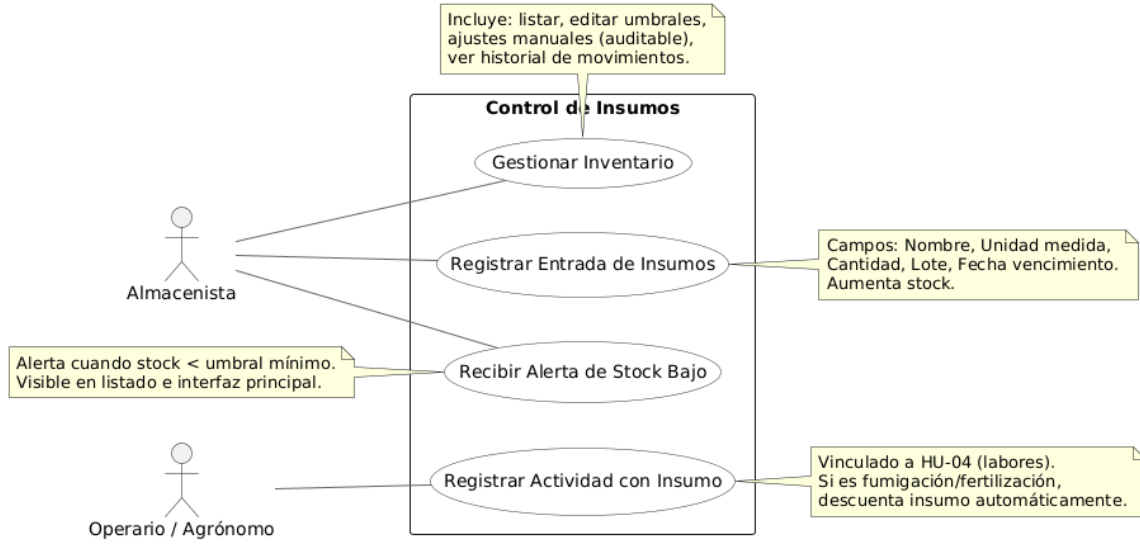


Gestión de Inventario de Agroquímicos y Herramientas

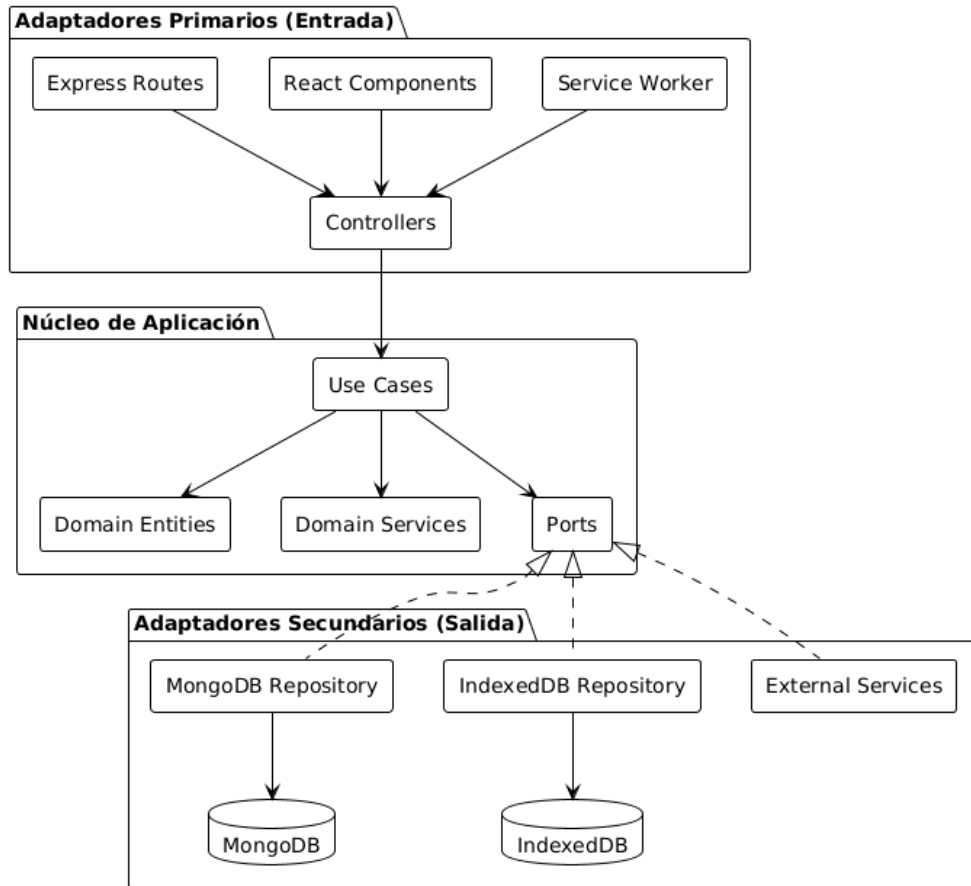
1. El Almacenista accede al módulo de inventario.
2. El sistema muestra un listado de insumos con:
 - Nombre
 - Unidad de medida (kg, L, unidades, etc.)
 - Cantidad actual en stock
3. Si la cantidad cae por debajo del umbral de stock mínimo, el sistema muestra una alerta visual (ej. ícono rojo o notificación).
4. Cuando se registra una actividad que consume insumos (fertilización, fumigación – HU-04), el sistema:
 - Valida que haya suficiente stock disponible.
 - Descuenta automáticamente la cantidad utilizada del inventario.
5. Si el stock es insuficiente, el sistema bloquea el registro y muestra un error.
6. El Administrador de Sistema puede configurar umbrales de stock mínimo por insumo.
7. Todo movimiento de inventario queda registrado para auditoría (entradas, salidas, ajustes).

Control de Insumos - Descuento Automático





6.1.2.2. Diagrama Arquitectura.



6.1.2.3. Diccionario de datos:

Este modelo organiza los datos esenciales del sistema en entidades para garantizar coherencia, trazabilidad y consistencia en el manejo de la información. Anexo: 05-Diccionario de Datos

Resumen de Entidades

#	Entidad	Modelo	Rutas
1	Cliente	clienteModel.js	/api/clientes
2	Finca	fincaModel.js	/api/fincas
3	Parcela	parcelaModel.js	/api/parcelas
4	LoteCultivo	loteCultivoModel.js	/api/lotos-cultivo
5	MaterialVegetal	materialVegetalModel.js	/api/material-vegetal
6	Proveedor	proveedorModel.js	/api/proveedores
7	Insumo	insumoModel.js	/api/insumos
8	MovimientoInsumo	movimientoInsumoModel.js	/api/movimientos-insumo
9	Actividad	actividadModel.js	/api/actividades
10	AplicacionInsumo	aplicacionInsumoModel.js	/api/aplicaciones-insumo
11	Cosecha	cosechaModel.js	/api/cosechas
12	ContratoSiembra	contratoSiembraModel.js	/api/contratos-siembra
13	Labor	laborModel.js	/api/labores
14	User	userModel.js	/api/usuarios

15	Rol	rolModel.js	/api/roles
16	Permiso	permisoModel.js	/api/permisos

Entidad: Cliente

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador único del cliente
	nombre	String	Requerido	Nombre comercial o razón social
	nit	String	Único global, opcional	NIT del cliente (si se define, debe ser único)
	emailContacto	String	—	Correo electrónico de contacto
	telefonoContacto	String	—	Teléfono de contacto principal
	direccion	String	—	Dirección física principal
	estado	String	Enum: ['activo','inactivo'], default: 'activo'	Estado lógico del cliente en el sistema
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que creó el registro

FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Último usuario que actualizó
	deletedAt	Date	Default: null	Fecha de eliminación lógica (soft delete)
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de última actualización

Entidad: Finca

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador único de la finca
	nombre	String	Requerido	Nombre de la finca
	codigo	String	Único global, opcional	Código interno único de la finca
	direccion	String	—	Dirección física de la finca
	ubicacion.lat	Number	—	Latitud geográfica aproximada

	ubicacion.lng	Number	—	Longitud geográfica aproximada
	area	Number	—	Área de la finca (en hectáreas)
	estado	String	Enum: ['activo', 'inactivo', 'suspendido'], default: 'activo'	Estado operativo de la finca
FK	responsableId	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario responsable asignado a la finca
	observaciones	String	—	Notas y comentarios adicionales
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que creó la finca
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Último usuario que actualizó la finca
	deletedAt	Date	Default: null	Fecha de eliminación lógica
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación

updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de última actualización
-----------	------	---------------------------	-------------------------------

Entidad: Parcela

Tabla de Campos

PK/F	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectID	Autogenerado	Identificador único de la parcela
FK	fincaId	ObjectID	Ref: 'Finca', Requerido	Finca a la que pertenece la parcela
	nombre	String	Requerido	Nombre de la parcela
	codigo	String	Único global, opcional	Código único de la parcela
	area	Number	—	Área de la parcela (hectáreas)
	tipoSuelo	String	Enum: ['arcilloso', 'arenoso', 'limoso', 'franco', 'otro']	Tipo de suelo predominante

	estado	String	Enum: ['activo','inactivo','suspendido'], default: 'activo'	Estado de la parcela
	observaciones	String	—	Observaciones adicionales
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que creó la parcela
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Último usuario que la actualizó
	deletedAt	Date	Default: null	Marca de soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de última actualización

Entidad: LoteCultivo

Tabla de Campos

PK/ FK	Campo	Tipo	Restricciones	Descripción
-----------	-------	------	---------------	-------------

PK	<u>_id</u>	Objec	Autogenerado	Identificador único del lote de cultivo
		tId		
	codigoQR	String	Único global, opcional	Código QR único asociado al lote
	numeroLote	String	Requerido	Número o código interno del lote
FK	parcelaId	Objec	Ref: 'Parcela', Requerido	Parcela donde está el lote
		tId		
FK	materialVegetal	Objec	Ref: 'MaterialVegetal'	Material vegetal usado en el lote
	Id	tId		

FK	proveedorId	Objec	Ref: 'Proveedor'	Proveed
		tId		or del
				material
				vegetal /
				insumo
				principal
	fechaSiembra	Date	—	Fecha de
				siembra
				real
	fechaCosechaE	Date	—	Fecha
	stimada			estimada
				de
				cosecha
	area	Num	—	Área del
		ber		lote (ha
				o m ²)
	cantidadPlantas	Num	—	Número
		ber		aproxim
				ado de
				plantas
				sembrad
				as

estado	String	Enum:	Fase
		['siembra','germinacion','crecimiento','floracion','cosecha','finalizado'], default: 'siembra'	fenológico / estado del lote
observaciones	String	—	Notas adicionales
FK createdBy	Objeto	Ref: 'User'	Usuario creador
	tId		
FK updatedBy	Objeto	Ref: 'User'	Último usuario que actualizó
	tId		
deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de última actualización

Entidad: MaterialVegetal

Tabla de Campos

PK/F	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador de material vegetal
	nombre	String	Requerido	Nombre comercial o variedad
	variedad	String	—	Variedad específica
	especie	String	—	Nombre de especie
	descripcion	String	—	Descripción libre
FK	proveedorId	ObjectId	Ref: 'Proveedor'	Proveedor asociado
	fechaIngreso	Date	Default: Date.now	Fecha de ingreso al inventario
	cantidad	Number	Default: 0	Cantidad disponible

	unidad	String	Enum: ['kg','unidades','plantas','gramos','litros','otro'], default: 'unidades'	Unidad de medida
	estado	String	Enum: ['activo','inactivo','agotado'], default: 'activo'	Estado de disponibilidad
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: Proveedor

Tabla de Campos

PK/F	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
K				
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador único del proveedor
	nombre	String	Requerido	Nombre del proveedor
	nit	String	Único global, opcional	NIT del proveedor
	direccion	String	—	Dirección
	telefono	String	—	Teléfono
	email	String	—	Correo electrónico
	contacto	String	—	Nombre de la persona de contacto
	tipo	String	Enum: ['semilla', 'planta', 'insumo', 'equipo', 'otro'], default: 'otro'	Tipo de proveedor según rubro principal
	estado	String	Enum: ['activo', 'inactivo', 'suspendido'], default: 'activo'	Estado del proveedor

	observaciones	String	—	Observaciones
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: Insumo

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador del insumo
	nombre	String	Requerido	Nombre del insumo



tipo	String	Enum: ['fertilizante','pesticida','herbicida','semilla', , 'otro'], default: 'otro'	Tipo de insumo
unidad	String	Enum: ['kg','litros','unidades','gramos','ml','otro'], default: 'unidades'	Unidad de medida
cantidadDisponible	Number	Default: 0, min: 0	Cantidad actual en inventario
cantidadMinima	Number	Default: 0, min: 0	Stock mínimo recomendado
FK proveedorId	ObjectId	Ref: 'Proveedor'	Proveedor del insumo
fechaVencimiento	Date	—	Fecha de vencimiento
lote	String	—	Número de lote del insumo
precioUnitario	Number	min: 0	Precio por unidad

	estado	String	Enum: ['disponible','bajo-stock','agotado','vencido'], default: 'disponible'	Estado de stock/vigencia
	observaciones	String	—	Notas
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: MovimientoInsumo

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador del movimiento
FK	insumoId	ObjectId	Ref: 'Insumo', Requerido	Insumo afectado

	tipoMovimiento	String	Requerido, Enum: ['entrada','salida']	Tipo de movimiento (entrada/salida)
	cantidad	Number	Requerido, min: 0.001	Cantidad movida
	unidadMedida	String	Requerido, trim: true, maxlength: 20	Unidad de medida usada en el movimiento
	fechaMovimiento	Date	Requerido	Fecha del movimiento
FK	actividadId	ObjectId	Ref: 'Actividad'	Actividad asociada (si aplica)
FK	usuarioId	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que registra el movimiento
	observaciones	String	trim: true, maxlength: 500	Observaciones del movimiento
FK	clienteId	ObjectId	Ref: 'Cliente', default: null	Cliente al que se asocia el movimiento (multi-tenant)
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: Actividad

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
-------	-------	--------------	---------------	-------------

PK	<u>_id</u>	ObjectId	Autogenerado	Identificador de la actividad
FK	loteCultivoId	ObjectId	Ref: 'LoteCultivo', Requerido	Lote de cultivo donde se realiza la actividad
FK	laborId	ObjectId	Ref: 'Labor', Requerido	Tipo de labor asociada
	fecha	Date	Requerido	Fecha de la actividad
FK	usuarioId	ObjectId	Ref: 'User', Requerido	Usuario que ejecuta la actividad
	kgRecolectado	Number	min: 0	Kilos recolectados (para actividades de cosecha)
	descripcion	String	—	Descripción general
	observaciones	String	—	Observaciones adicionales
	estado	String	Enum: ['pendiente','en-proceso','completada','cancelada'], default: 'pendiente'	Estado de la actividad

	duracion	Number	—	Duración estimada o real (horas)
	costo	Number	—	Costo asociado
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Último usuario que actualizó
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: AplicacionInsumo

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador de la aplicación de insumo
FK	actividadId	ObjectId	Ref: 'Actividad', Requerido	Actividad en la que se aplica el insumo

FK	insumoId	ObjectId	Ref: 'Insumo', Requerido	Insumo aplicado
	cantidad	Number	Requerido	Cantidad aplicada
	unidad	String	Requerido	Unidad de medida usada
	fechaAplicacion	Date	Requerido	Fecha de la aplicación
	metodoAplicacion	String	Enum: ['aereo','terrestre','riego','manual'], default: 'manual'	Método de aplicación
	observaciones	String	—	Comentarios adicionales
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: Cosecha

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador de la cosecha
FK	loteCultivoId	ObjectId	Ref: 'LoteCultivo', Requerido	Lote de cultivo cosechado
	fecha	Date	Requerido	Fecha base de la cosecha
	fechaEnvio	Date	—	Fecha de envío al cliente/mercado
	numeroCanastillas	Number	min: 0	Número de canastillas usadas
	numeroFactura	String	trim: true	Número de factura asociada
	tipo	String	Enum: ['Exp','Nal','Mixto'], default: 'Exp'	Tipo de comercialización (Exportación, Nacional, Mixto)
	kgExpCatI	Number	min: 0, default: 0	Kg exportación categoría I
	kgExpCatII	Number	min: 0, default: 0	Kg exportación categoría II

	kgExpCatIII	Number	min: 0, default: 0	Kg exportación categoría III
	kgExpConf	Number	min: 0, default: 0	Kg conformes
	kgExpNoConf	Number	min: 0, default: 0	Kg no conformes
	kgVINal	Number	min: 0, default: 0	Kg primera nacional
	kgNac	Number	min: 0, default: 0	Kg mercado nacional
	pesoTotal	Number	min: >0	Peso total cosechado
	unidadPeso	String	Enum: ['kg','ton'], default: 'kg'	Unidad de peso
	porcentajeExpo	Number	min: 0, max: 100	Porcentaje de producto de exportación
	descuentoBM	Number	min: 0, default: 0	Descuento BM
	descuentoASH	Number	min: 0, default: 0	Descuento ASH
	valorFactura	Number	min: 0, default: 0	Valor total facturado
	totalPagado	Number	min: 0, default: 0	Valor total pagado
	valorPromKg	Number	min: 0, default: 0	Valor promedio por kilogramo
	fechaPago	Date	—	Fecha de pago
	clasificacionCalidad	String	trim: true, maxlength: 50	Clasificación de calidad general
	observaciones	String	trim: true, maxlength: 500	Observaciones
FK	clienteId	ObjectId	Ref: 'Cliente', default: null	Cliente asociado (tenancy)

FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User', Requerido	Usuario que crea la cosecha
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha actualización

Entidad: ContratoSiembra

Tabla de Campos

PK/F	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador del contrato
	numeroContrato	String	Requerido, Único, trim: true, maxlength: 50	Número de contrato de siembra
FK	cultivoId	ObjectId	Ref: 'LoteCultivo', Requerido	Lote/cultivo asociado al contrato
FK	proveedorId	ObjectId	Ref: 'Proveedor', Requerido	Proveedor con el que se

				firma el contrato
FK	fincaId	ObjectId	Ref: 'Finca', Requerido	Finca donde se ejecuta el contrato
FK	parcelaId	ObjectId	Ref: 'Parcela', Requerido	Parcela específica
FK	materialVegetalId	ObjectId	Ref: 'MaterialVegetal', Requerido	Material vegetal comprometido
	cantidad	Number	Requerido, min: 0.001	Cantidad comprometida
	fechaSiembraEstimada	Date	Requerido	Fecha estimada de siembra
	certificacionesRequeridas	[String]	trim: true, maxlength: 50	Lista de certificaciones requeridas
	estado	String	Requerido, Enum: ['activo','cumplido','cancelado'], default: 'activo'	Estado del contrato

FK	clientId	ObjectId	Ref: 'Cliente', default: null	Cliente propietario (tenancy)
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User', Requerido	Usuario que crea el contrato
FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha actualización

Entidad: Labor

Tabla de Campos

PK/F	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador de la labor
	nombre	String	Requerido	Nombre de la labor (ej. Siembra, Riego)
	descripcion	String	—	Descripción
	tipo	String	Enum: ['siembra','riego','fertilizacion','control-plagas','cosecha','otro'], default: 'otro'	Clasificación de la labor
	duracionEstimada	Number	—	Duración estimada (horas)
	costoEstimado	Number	min: 0	Costo estimado
	estado	String	Enum: ['activo','inactivo'], default: 'activo'	Estado de la labor
FK	createdBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario creador

FK	updatedBy	ObjectId	Ref: 'User'	Usuario que actualiza
	deletedAt	Date	Default: null	Soft delete
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha actualización

Entidad: User

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador de usuario
	firstName	String	Requerido	Nombre
	lastName	String	Requerido	Apellido
	email	String	Requerido, Único	Correo (login principal)
	username	String	Único, opcional	Nombre de usuario alternativo
	password	String	Requerido, select: false	Hash de contraseña
FK	roles	[ObjectId]	Ref: 'Rol'	Roles asignados
FK	clientId	ObjectId	Ref: 'Cliente', default: null	Cliente al que pertenece (multi-tenant)
	isVerified	Boolean	Default: false	Indica si verificó su cuenta

isActive	Boolean	Default: true	Indica si la cuenta está activa
avatarUrl	String	Default: "	URL de avatar
lastLoginDate	Date	—	Última fecha de login
preferences	Object	Default: {}	Preferencias de usuario
createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de creación
updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha de actualización

Entidad: Rol

Tabla de Campos

PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador del rol
	name	String	Único, Requerido	Nombre del rol (ej. admin, operador)
	description	String	—	Descripción del rol
FK	permissions	[ObjectId]	Ref: 'Permiso'	Lista de permisos asociados
FK	clientId	ObjectId	Ref: 'Cliente', default: null	Cliente al que está limitado el rol (o global)
	isDefault	Boolean	Default: false	Marca si el rol es por defecto

createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha creación
updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha actualización

Entidad: Permiso

Tabla de Campos

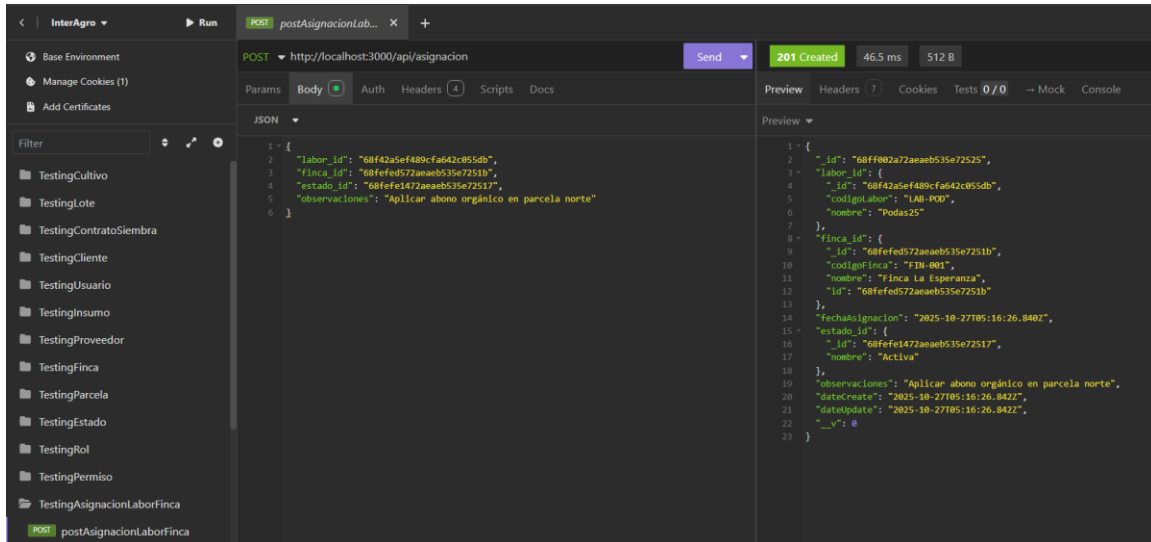
PK/FK	Campo	Tipo de dato	Restricciones	Descripción
PK	_id	ObjectId	Autogenerado	Identificador del permiso
	name	String	Único, Requerido	Nombre del permiso (scope, ej. <i>fincas.manage</i>)
	description	String	—	Descripción legible del permiso
	createdAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha creación
	updatedAt	Date	Autogenerado (timestamps)	Fecha actualización

6.1.3. Pruebas

Pruebas Unitarias de Insomnia:

Asignar labor a una finca

- EndPoint: <http://localhost:3000/api/auth>



POST `postAsignacionLab...` x +

POST `http://localhost:3000/api/asignacion` Send 201 Created 46.5 ms 512 B

Params Body Auth Headers Scripts Docs

JSON

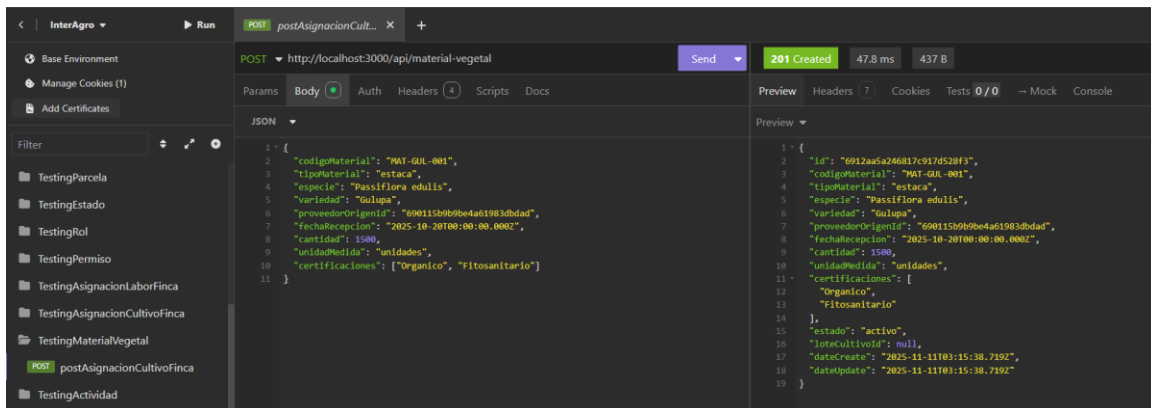
```
1 {
2   "labor_id": "68f42a5ef489cf642c855db",
3   "finca_id": "68fefed572aaeb535e7251b",
4   "estado_id": "68fefed572aaeb535e72517",
5   "observaciones": "Aplicar abono orgánico en parcela norte"
6 }
```

Preview Headers Cookies Tests 0/0 → Mock Console

Preview

```
1 {
2   "_id": "68ff082a72aaeb535e72525",
3   "labor_id": {
4     "_id": "68f42a5ef489cf642c855db",
5     "codigoLabor": "LAB-POD",
6     "nombre": "Podas25"
7   },
8   "finca_id": {
9     "_id": "68fefed572aaeb535e7251b",
10    "codigoFinca": "F3B-001",
11    "nombre": "Finca La Esperanza",
12    "id": "68fefed572aaeb535e7251b"
13  },
14  "fechaAsignacion": "2025-10-27T05:16:26.848Z",
15  "estado_id": {
16    "_id": "68fefed572aaeb535e72517",
17    "nombre": "Activa"
18  },
19  "observaciones": "Aplicar abono orgánico en parcela norte",
20  "dateCreate": "2025-10-27T05:16:26.842Z",
21  "dateUpdate": "2025-10-27T05:16:26.842Z",
22  "_v": 0
23 }
```

Registro de materia vegetal



POST `postAsignacionCult...` x +

POST `http://localhost:3000/api/material-vegetal` Send 201 Created 47.8 ms 437 B

Params Body Auth Headers Scripts Docs

JSON

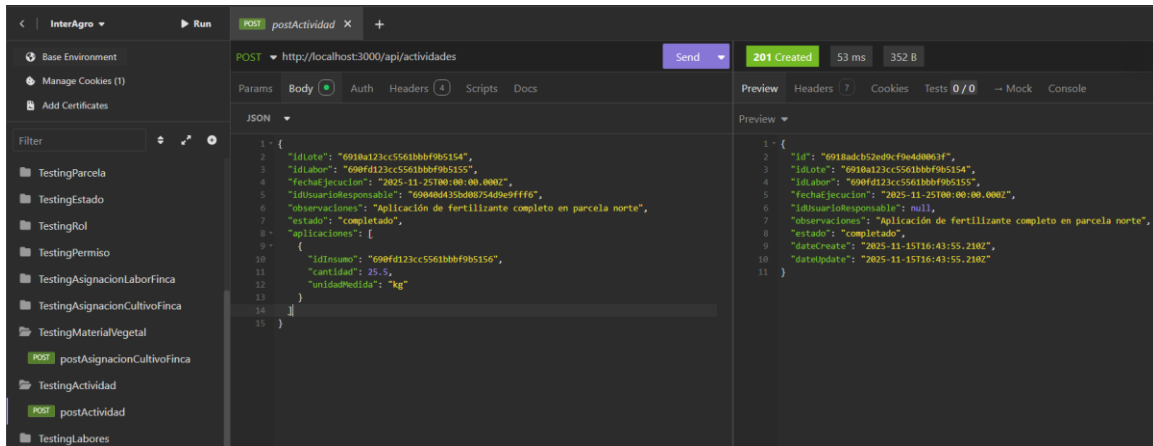
```
1 {
2   "codigoMaterial": "MAT-GUL-001",
3   "tipoMaterial": "estaca",
4   "especie": "Passiflora edulis",
5   "variedad": "Galupa",
6   "proveedorOrigenId": "690115b9b9e4a61983bdad",
7   "fechaRecepcion": "2025-10-20T00:00:00.000Z",
8   "cantidad": 1500,
9   "unidadMedida": "unidades",
10  "certificaciones": ["Organico", "Fitosanitario"]
11 }
```

Preview Headers Cookies Tests 0/0 → Mock Console

Preview

```
1 {
2   "id": "6912aa5a246817c917d528f3",
3   "codigoMaterial": "MAT-GUL-001",
4   "tipoMaterial": "estaca",
5   "especie": "Passiflora edulis",
6   "variedad": "Galupa",
7   "proveedorOrigenId": "690115b9b9e4a61983bdad",
8   "fechaRecepcion": "2025-10-20T00:00:00.000Z",
9   "cantidad": 1500,
10  "unidadMedida": "unidades",
11  "certificaciones": [
12    "Organico",
13    "Fitosanitario"
14  ],
15  "estado": "activo",
16  "inactivo": null,
17  "dateCreate": "2025-11-11T03:15:38.719Z",
18  "dateUpdate": "2025-11-11T03:15:38.719Z"
19 }
```

Registro de actividades



POST `http://localhost:3000/api/actividades` **201 Created** 53 ms 352 B

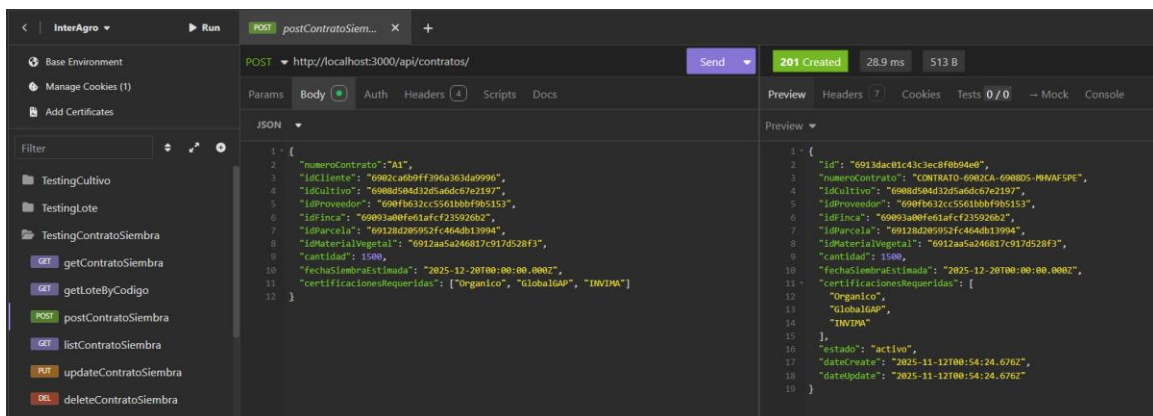
```

1 {
2   "idLote": "6918a123cc5561bbf9b5154",
3   "idLabor": "690f4123cc5561bbf9b5153",
4   "fechaEjecucion": "2025-11-25T00:00:00.000Z",
5   "idUsuarioResponsable": "690480435b88734d9e9fffe",
6   "observaciones": "Aplicación de fertilizante completo en parcela norte",
7   "estado": "completado",
8   "aplicaciones": [
9     {
10      "idInsumo": "690f4123cc5561bbf9b5156",
11      "cantidad": 25.5,
12      "unidadMedida": "kg"
13    }
14  ]
15 }
  
```

```

1 {
2   "id": "6918adcb52e9cf9e400063f",
3   "idLote": "6918a123cc5561bbf9b5154",
4   "idLabor": "690f4123cc5561bbf9b5153",
5   "fechaEjecucion": "2025-11-25T00:00:00.000Z",
6   "idUsuarioResponsable": null,
7   "observaciones": "Aplicación de fertilizante completo en parcela norte",
8   "estado": "completado",
9   "dateCreate": "2025-11-15T16:43:55.218Z",
10  "dateUpdate": "2025-11-15T16:43:55.218Z"
11 }
  
```

Generar contrato de siembra



POST `http://localhost:3000/api/contratos/` **201 Created** 28.9 ms 513 B

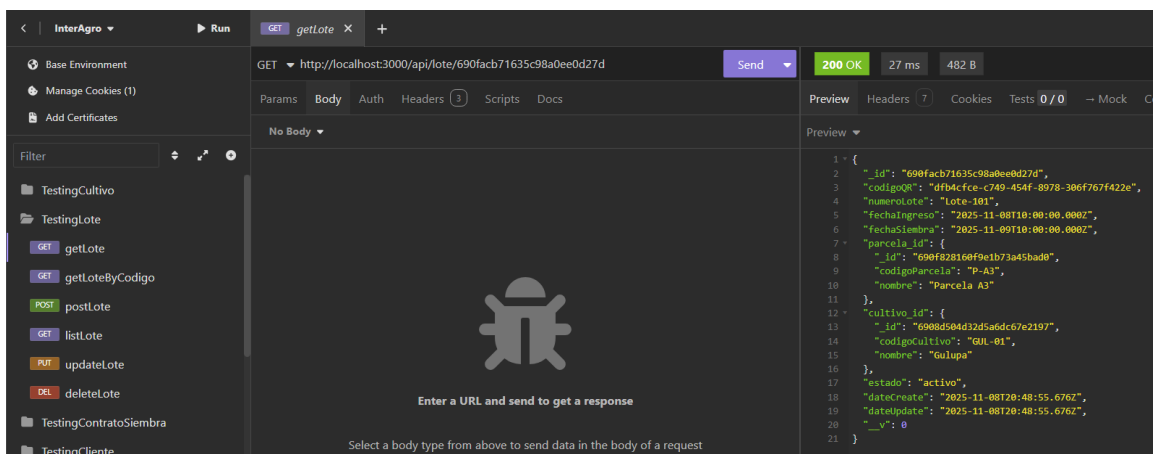
```

1 {
2   "numeroContrato": "A1",
3   "idCliente": "6902cab9ff396a36da9996",
4   "idCultivo": "6908d504d32d5a6dc67e2197",
5   "idProveedor": "690f4b32cc5561bbf9b5153",
6   "idFinca": "69093a00fedafcf23592602",
7   "idParcela": "69128d280952fc464d13994",
8   "idMaterialVegetal": "6912aa5a246817c917d528f3",
9   "cantidad": 1500,
10  "fechaSiembraEstimada": "2025-12-20T00:00:00.000Z",
11  "certificacionesRequeridas": ["Organico", "GlobalGAP", "INVIPIA"]
12 }
  
```

```

1 {
2   "id": "6913dac01c43c3ec8f0b94e9",
3   "numeroContrato": "CONTRATO-6902CA-6908D5-MMAF5PE",
4   "idCultivo": "6908d504d32d5a6dc67e2197",
5   "idProveedor": "690f4b32cc5561bbf9b5153",
6   "idFinca": "69093a00fedafcf23592602",
7   "idParcela": "69128d280952fc464d13994",
8   "idMaterialVegetal": "6912aa5a246817c917d528f3",
9   "cantidad": 1500,
10  "fechaSiembraEstimada": "2025-12-20T00:00:00.000Z",
11  "certificacionesRequeridas": [
12    "Organico",
13    "GlobalGAP",
14    "INVIPIA"
15  ],
16  "estado": "activo",
17  "dateCreate": "2025-11-12T00:54:24.676Z",
18  "dateUpdate": "2025-11-12T00:54:24.676Z"
19 }
  
```

Obtener lote



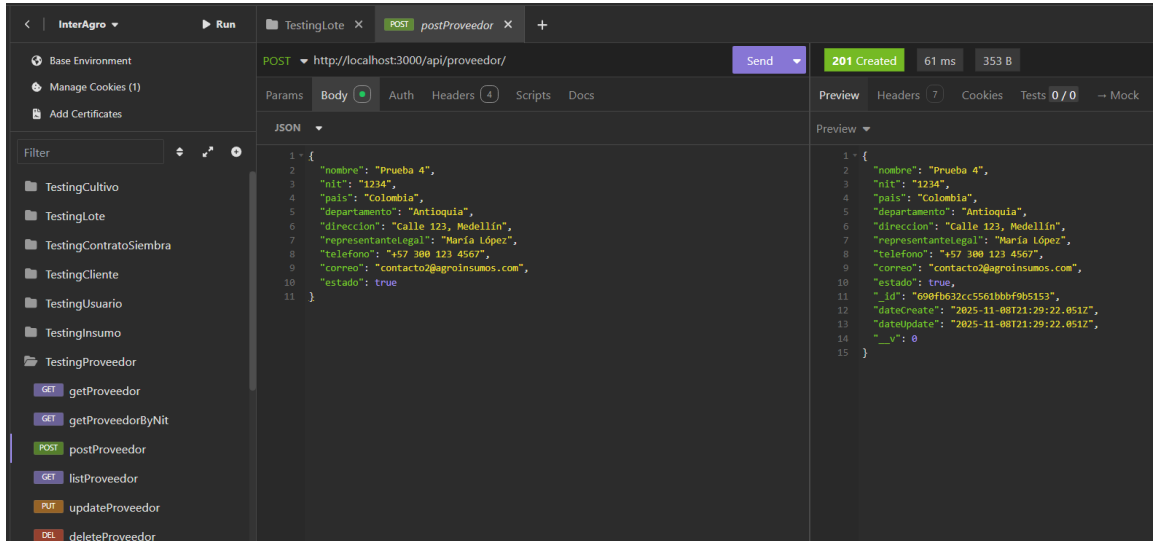
GET `http://localhost:3000/api/lote/690facb71635c98a0ee0d27d` **200 OK** 27 ms 482 B

No Body

```

1 {
2   "_id": "690facb71635c98a0ee0d27d",
3   "codigoQR": "dfb4cfe-c749-454f-8978-306f767f422e",
4   "numeroLote": "Lote 101",
5   "fechaIngreso": "2025-11-08T10:00:00.000Z",
6   "fechaSiembra": "2025-11-09T10:00:00.000Z",
7   "parcela_id": {
8     "_id": "690f828160f9e1b73a45bad0",
9     "codigoParcela": "P-A3",
10    "nombre": "Parcela A3"
11  },
12  "cultivo_id": {
13    "_id": "6908d504d32d5a6dc67e2197",
14    "codigoCultivo": "Gul-01",
15    "nombre": "Gulupa"
16  },
17  "estado": "activo",
18  "dateCreate": "2025-11-08T20:48:55.676Z",
19  "dateUpdate": "2025-11-08T20:48:55.676Z",
20  "_v": 0
21 }
  
```

Proveedores



The screenshot shows a REST client interface with the following details:

- Method:** POST
- URL:** http://localhost:3000/api/proveedor/
- Status:** 201 Created
- Time:** 61 ms
- Size:** 353 B

Request Body (JSON):

```
1 {
2   "nombre": "Prueba 4",
3   "nit": "1234",
4   "pais": "Colombia",
5   "departamento": "Antioquia",
6   "direccion": "Calle 123, Medellín",
7   "representanteLegal": "María López",
8   "telefono": "+57 300 123 4567",
9   "correo": "contacto@agroinsumos.com",
10  "estado": true
11 }
```

Response Body (JSON):

```
1 {
2   "nombre": "Prueba 4",
3   "nit": "1234",
4   "pais": "Colombia",
5   "departamento": "Antioquia",
6   "direccion": "Calle 123, Medellín",
7   "representanteLegal": "María López",
8   "telefono": "+57 300 123 4567",
9   "correo": "contacto@agroinsumos.com",
10  "estado": true,
11  "_id": "698fb632cc5561bbb9b5153",
12  "dateCreate": "2025-11-08T21:29:22.051Z",
13  "dateUpdate": "2025-11-08T21:29:22.051Z",
14  "__v": 0
15 }
```

6.1.4. Mantenimiento

6.1.4.1. Manual técnico.

Esta sección describe la arquitectura, el stack tecnológico y los procedimientos de despliegue para el sistema de gestión agrícola **InterAgro**.

6.1.4.1.1. Resumen del Producto

InterAgro es una plataforma integral diseñada para resolver los retos críticos de la industria agrícola moderna.

Problema que Resuelve

- **Gestión Compleja de Fincas:** Centraliza la información de múltiples fincas, parcelas y lotes de cultivo
- **Trazabilidad de Productos:** Permite rastrear el origen de productos agrícolas mediante códigos QR
- **Trabajo en Campo:** Funciona offline para operaciones en zonas rurales con conectividad limitada
- **Multi-Tenant:** Soporta múltiples clientes (empresas agrícolas) con aislamiento de datos
- **Control de Actividades:** Registra y gestiona actividades agrícolas, aplicaciones de insumos, cosechas y contratos de siembra

6.1.4.1.2. Arquitectura del Sistema

Descripción General

InterAgro implementa una **Arquitectura Hexagonal (Ports & Adapters)** combinada con **Clean Architecture** y **Arquitectura por Capas**. Esta combinación permite:

- **Separación de Responsabilidades:** Cada capa tiene una responsabilidad específica
- **Independencia de Frameworks:** El dominio no depende de Express, MongoDB o React
- **Testabilidad:** Facilita pruebas unitarias y de integración
- **Mantenibilidad:** Cambios en una capa no afectan directamente a otras

Principios Arquitectónicos

1. **Dependency Inversion Principle (DIP):** Las capas internas no dependen de las externas
2. **Repository Pattern:** Abstracción de acceso a datos
3. **Use Case Pattern:** Lógica de negocio encapsulada en casos de uso
4. **Factory Functions:** Creación de instancias con inyección de dependencias

Stakeholders Técnicos

- **Desarrolladores Backend:** Node.js, Express, MongoDB
- **Desarrolladores Frontend:** React, Vite, TanStack Query
- **DevOps:** Configuración de servidores, MongoDB, despliegue
- **QA/Testing:** Pruebas de funcionalidad offline/online, integración
- **Arquitectos de Software:** Revisión de arquitectura hexagonal y clean architecture

Stack Tecnológico

Frontend

- **React 19.2.0:** Biblioteca UI
- **Vite 7.2.4:** Build tool y dev server
- **TanStack Query 5.90.12:** Gestión de estado del servidor y caché
- **React Router DOM 7.10.1:** Enrutamiento
- **Axios 1.13.2:** Cliente HTTP
- **LocalForage 1.10.0:** Wrapper para IndexedDB
- **Tailwind CSS 4.1.18:** Framework CSS
- **Vite PWA Plugin 1.2.0:** Service Workers y PWA
- **html5-qrcode 2.3.8:** Escaneo de códigos QR
- **jspdf 3.0.4:** Generación de PDFs
- **xlsx 0.18.5:** Exportación a Excel

Backend

- **Node.js:** Runtime JavaScript
- **Express 5.2.1:** Framework web
- **MongoDB:** Base de datos NoSQL
- **Mongoose 9.0.1:** ODM para MongoDB
- **JWT (jsonwebtoken 9.0.3):** Autenticación
- **bcryptjs 3.0.3:** Hash de contraseñas
- **Zod 4.1.13:** Validación de esquemas
- **Swagger (swagger-jsdoc 6.2.8):** Documentación API
- **express-rate-limit 8.2.1:** Rate limiting
- **morgan 1.10.1:** Logging HTTP

- **cookie-parser 1.4.7:** Manejo de cookies
- **cors 2.8.5:** CORS middleware

Infraestructura

- **MongoDB:** Base de datos principal
- **IndexedDB:** Base de datos local (navegador)
- **Service Workers:** Funcionalidad offline y PWA

6.1.4.1.3. Guía de Instalación y Configuración

Requisitos Previos

- Node.js (LTS recomendado)
- MongoDB corriendo localmente o en la nube.
- Carpeta de datos para Mongo: C:\data\db (Windows) o /data/db (Unix).

Preparación del Entorno

```
Bash

# 1. Clonar
git clone <url-del-repositorio>
cd App-InterAgro

# 2. Configurar Backend
cd App_InterAgro
npm install
# Crear archivo .env basado en la sección 4.3

# 3. Configurar Frontend
cd ../pwa-fronted
npm install
```

Estructura del Proyecto

App-InterAgro/

```
|— App_InterAgro/      # Backend (Node.js/Express)
| |— src/
| | |— application/    # Casos de uso
| | |— domain/        # Entidades de dominio
| | |— infrastructure/ # Adaptadores (DB, HTTP)
| | |— ports/         # Interfaces (repositorios, servicios)
| |— package.json
| |— .env             # Variables de entorno (crear)
|— pwa-fronted/      # Frontend (React/Vite)
| |— src/
| | |— pages/         # Páginas React
| | |— infrastructure/ # API clients
| | |— pwa/          # Service Worker, IndexedDB
| | |— contexts/     # Contextos React
| |— package.json
| |— vite.config.js
|— 01- start-mongo.bat # Scripts de inicio (Windows)
```

Iniciar el Proyecto

Opción 1: Scripts Batch (Windows)

1. Iniciar MongoDB:

Doble clic en: 01- start-mongo.bat

O ejecutar:

start-mongo.bat

2. Iniciar Backend:

Doble clic en: 02- start-backend.bat

O ejecutar:

start-backend.bat

3. Iniciar Frontend:

Doble clic en: 03- start-frontend.bat

O ejecutar:

start-frontend.bat

4. Configuración de MongoDB local.

Windows: C:\data\db

Crear carpeta si no existe: (terminal) mkdir C:\data\db

Verificar que Todo Funciona

1. **Backend:** `http://localhost:3001/health`
 - Debe responder: `{"ok":true,"timestamp":"..."}`
2. **Frontend:** `http://localhost:5173`
 - Debe mostrar la página de login
3. **Login inicial:**
 - Email: **admin@interagro.com**
 - Password: **admin123**

6.1.4.1.4. Recursos Adicionales

Documentación de Tecnologías

- **Express.js:** <https://expressjs.com/>
- **Mongoose:** <https://mongoosejs.com/>
- **React:** <https://react.dev/>
- **Vite:** <https://vitejs.dev/>
- **TanStack Query:** <https://tanstack.com/query/latest>
- **IndexedDB:** https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/IndexedDB_API

Arquitectura Hexagonal

- **Clean Architecture (Robert C. Martin):** <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>
- **Hexagonal Architecture (Alistair Cockburn):** <https://alistair.cockburn.us/hexagonal-architecture/>

PWA

- **Service Workers:** https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service_Worker_API
- **Workbox:** <https://developers.google.com/web/tools/workbox>

6.1.4.1.5. Notas Finales

Buenas Prácticas

1. **Siempre usar soft delete** (campo **deletedAt**) en lugar de eliminación física
2. **Validar datos** en los casos de uso antes de persistir
3. **Usar transacciones** cuando múltiples operaciones deben ser atómicas
4. **Manejar errores** apropiadamente en controladores y casos de uso
5. **Documentar** nuevos casos de uso y endpoints
6. **Probar** cambios localmente antes de hacer commit

Convenciones de Código

- **Nombres de archivos:** camelCase para JavaScript, kebab-case para componentes React
- **Nombres de funciones:** camelCase
- **Nombres de clases:** PascalCase
- **Constantes:** UPPER_SNAKE_CASE
- **Comentarios:** En español, explicar el "por qué", no el "qué"

Seguridad

- **NUNCA** commitear archivos **.env** con secretos reales
- **SIEMPRE** usar **JWT_SECRET** fuerte en producción
- **VALIDAR** todas las entradas del usuario
- **SANITIZAR** datos antes de mostrar en frontend
- **LIMITAR** rate limiting en producción

6.1.4.1.6. Soporte

Para problemas o preguntas:

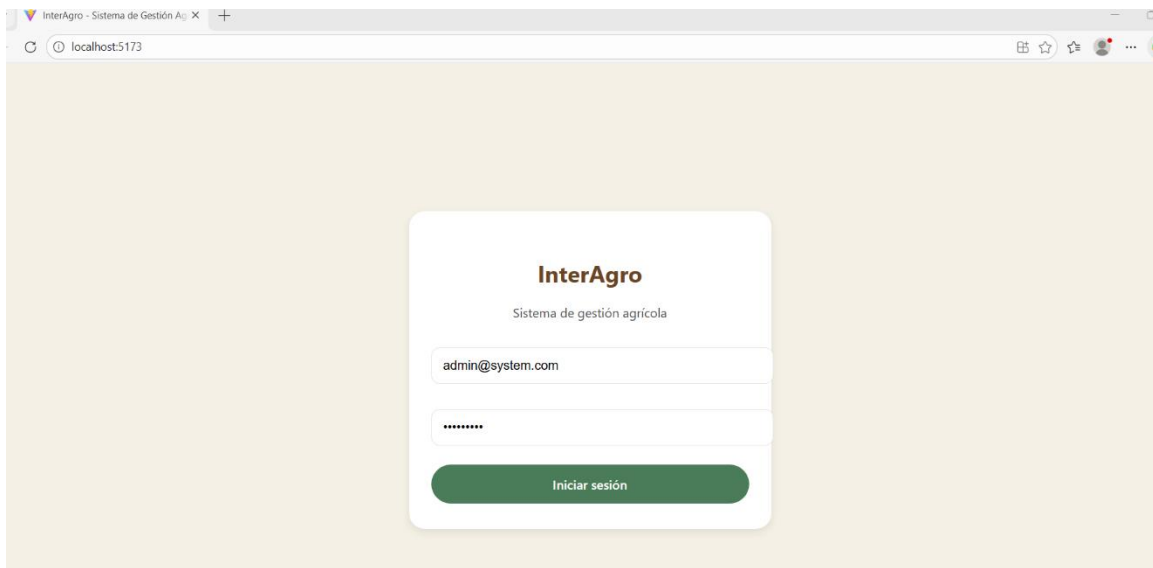
1. Revisar esta documentación
2. Revisar los logs del servidor y del navegador
3. Verificar que todas las dependencias estén instaladas
4. Verificar que MongoDB esté corriendo
5. Consultar la documentación de las tecnologías utilizadas

6.1.4.2. Manual de usuario.

Este manual está dirigido a usuarios finales del sistema. No se requieren conocimientos técnicos para usarlo.

6.1.4.2.1. Acceso al Sistema

- Cómo acceder:
 - Abra su navegador web (Chrome, Edge, Firefox, etc.).
 - Ingrese la dirección: `http://localhost:5173` (en entornos locales) o la URL proporcionada por su administrador (en producción).



6.1.4.2.2. Iniciar sesión

- Ingrese su correo electrónico y contraseña.
- Haga clic en el botón “Iniciar sesión”.

Nota:

El usuario predeterminado para pruebas es:

- Correo: admin@interagro.com
- Contraseña: Admin123!
- En producción, su administrador le entregará sus credenciales.

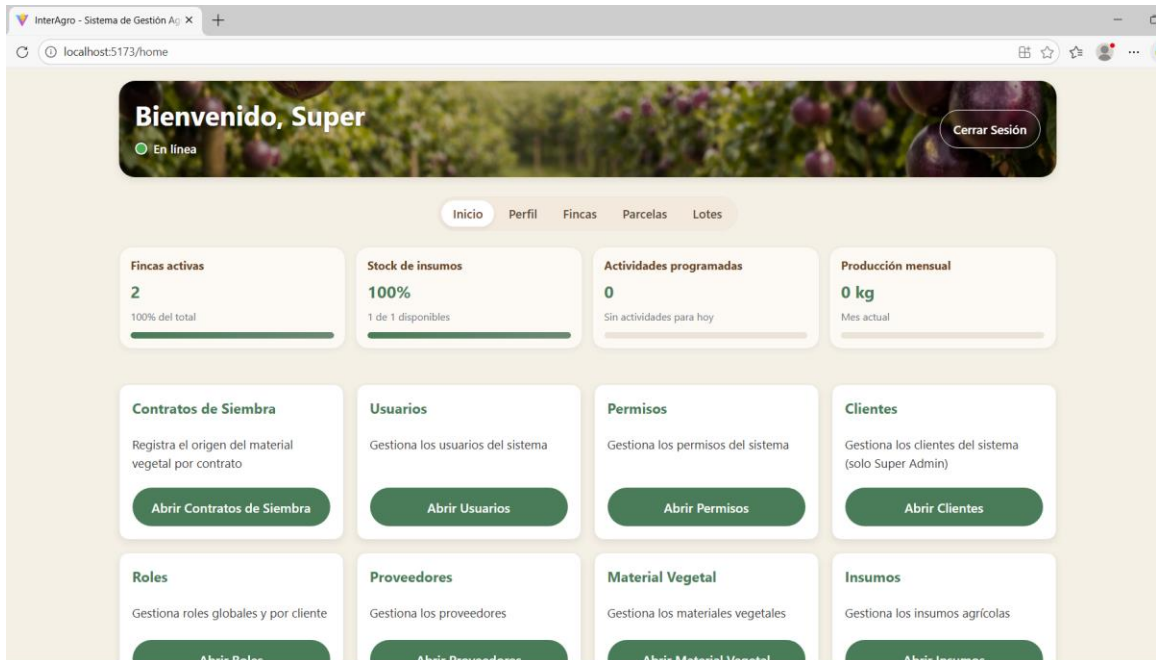
6.1.4.2.3. Cerrar sesión

- Haga clic en su nombre de usuario (esquina superior derecha).
- Seleccione “Cerrar sesión”.



6.1.4.2.4. Interfaz General

- Una vez iniciada la sesión, verá el panel principal con:
- Acceso a todas las funcionalidades.
- Indicador de conexión (online/offline), notificaciones y su perfil.
- Área de contenido donde se muestran los formularios, listas y reportes.



6.1.4.2.4. Gestión de Fincas, Parcelas y Lotes

- Crear una finca:
 - Vaya a “Fincas” en el menú.
 - Haga clic en “Nueva finca”.
 - Complete los campos: nombre, ubicación, hectáreas, etc.
 - Haga clic en “Crear Finca”.

Gestión de Fincas

Administra las fincas agrícolas del sistema

[← Volver](#) [+ Nueva Finca](#)

Fincas activas
2
100% del total

Nueva Finca

Nombre * Código

Dirección

Latitud Longitud Área (hectáreas) Estado

Observaciones

[Crear Finca](#) [Cancelar](#)

6.1.4.2.5. Agregar parcelas y lotes

- Dentro de una finca, puede crear parcelas (subdivisiones físicas).
- Dentro de cada parcela, puede definir lotes de cultivo (por ejemplo, un lote de tomate).

Gestión de Parcelas

Administra las parcelas agrícolas del sistema

[← Volver](#) [+ Nueva Parcela](#)

Nueva Parcela

Finca *

Seleccione una finca

Seleccione una finca

Finca La Esperanza (FIN-001)

PruebaPWA (PWA-001)

Estado

Activo

Observaciones

Notas adicionales sobre la parcela...

[Crear Parcela](#) [Cancelar](#)

6.1.4.2.6. Registro de Actividades Agrícolas

Use esta sección para registrar labores como siembra, riego, poda, fumigación, etc.

- Registrar una nueva actividad
 - Vaya a “Actividades”.
 - Haga clic en “Nueva actividad”.
- Seleccione:
 - Tipo de actividad (siembra, riego, etc.)
 - Finca, parcela y lote
 - Fecha
 - Insumos utilizados (ver sección 6)
 - Observaciones
- Haga clic en “Crear Actividad”.
 - Consejo: Las actividades se guardan automáticamente en modo offline y se sincronizan al recuperar conexión.

Gestión de Actividades — Volver + Nueva Actividad

Administra las actividades realizadas en los lotes de cultivo

Actividades programadas

0
0% del total registradas

Para hoy

0
Actividades con fecha de hoy

Nueva Actividad

Lote de Cultivo *
Seleccione un lote de cultivo

Labor *
Seleccione una labor

Fecha * 28/12/2025 Estado Pendiente Duración (horas) Ej: 2.5 Costo Ej: 150000

Kg Recolectado (solo para labores de cosecha)
Ej: 45.5

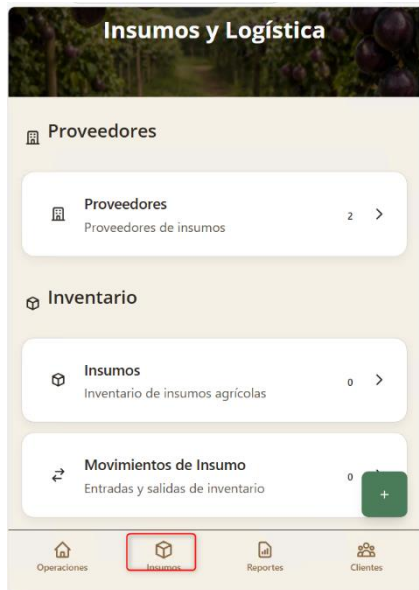
Descripción
Descripción de la actividad...

Observaciones
Notas adicionales...

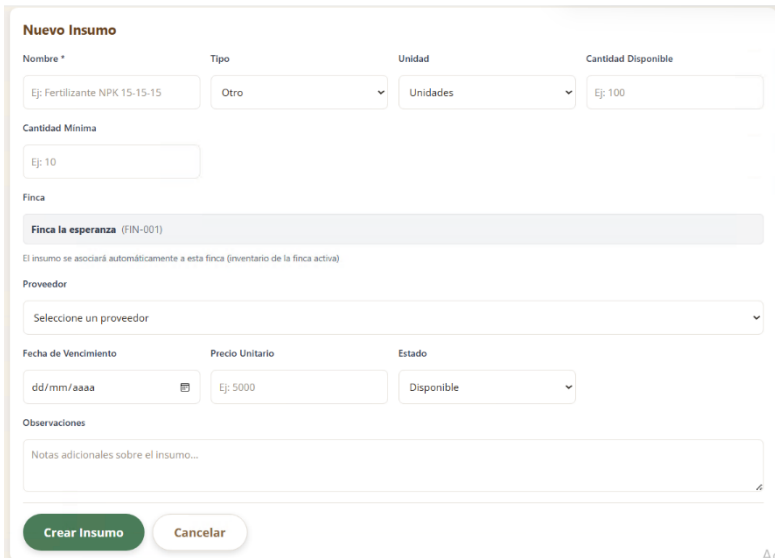
Crear Actividad Cancelar

6.1.4.2.7. Control de Insumos

- Gestione fertilizantes, semillas, pesticidas y otros materiales.



- Registrar entrada de insumos
 - Vaya a “Insumos” > “Movimientos”.
 - Haga clic en “Nueva entrada”.
 - Seleccione el insumo, cantidad, proveedor y fecha.
 - Crear Insumo.



Nuevo Insumo

Nombre * Tipo Unidad Cantidad Disponible

Ej: Fertilizante NPK 15-15-15 Otro Unidades Ej: 100

Cantidad Mínima

Ej: 10

Finca

Finca la esperanza (FIN-001)

El insumo se asociará automáticamente a esta finca (inventario de la finca activa)

Proveedor

Seleccione un proveedor

Fecha de Vencimiento Precio Unitario Estado

dd/mm/aaaa Ej: 5000 Disponible

Observaciones

Notas adicionales sobre el Insumo...

Crear Insumo Cancelar

- Registrar salida (uso en actividades)
 - Al registrar una actividad agrícola (Sección 5), puede asignar insumos directamente.
 - El sistema reduce automáticamente el inventario.

6.1.4.2.8. Gestión de Cosechas y Contratos

- Registrar una cosecha
 - Vaya a “Cosechas”.
 - Haga clic en “Nueva cosecha”.
 - Seleccione:
 - Lote de cultivo
 - Fecha de cosecha
 - Cantidad recolectada
 - Calidad/observaciones
 - Registrar Cosecha.

Cosechas

Registro y control de la producción por lote. [← Volver](#)

Producción mensual
0 kg
Mes actual · Promedio 0 kg/envío

Nueva Cosecha

Lote *	Fecha Envío *	Nº Canastillas	Nº Factura
<input type="text" value="Seleccione un lote"/>	<input type="text" value="dd/mm/aaaa"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo	Kg Exp Cat I	Kg Exp Cat II	Kg Exp Cat III
<input type="text" value="Exp"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Kg Exp Conf	Kg Exp No Conf	Kg VI Nal	Kg Nac
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Descuento BM	Descuento ASH	Valor Factura	Total Pagado
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha de Pago	<input type="text" value="dd/mm/aaaa"/>		
Clasificación de Calidad	<input type="text"/>		
Observaciones	<input type="text"/>		

[Registrar Cosecha](#)

6.1.4.2.9 Gestionar contratos de siembra

- Los contratos vinculan productores, fincas y cultivos.
- Solo usuarios con permisos pueden crearlos.

Contratos de Siembra

Gestión de acuerdos de material vegetal por finca y proveedor.

[← Volver](#)

Nuevo Contrato de Siembra

Número de Contrato *	Proveedor *	Finca *	Parcela *
<input type="text"/>	Seleccione proveedor ▼	Seleccione finca ▼	Seleccione parcela ▼
Material Vegetal *	Cantidad *	Fecha siembra estimada *	
Seleccione material vegetal ▼	<input type="text"/>	dd/mm/aaaa 	

Certificaciones requeridas (separadas por coma)

Ej: GlobalGAP, Orgánico, BPA

[Crear Contrato](#)

6.1.4.2.10. Configuración de Usuarios y Permisos

(Solo para administradores)

- Crear un nuevo usuario
 - Vaya a “Configuración” > “Usuarios”.
 - Haga clic en “Nuevo usuario”.
 - Ingrese correo, nombre y rol (ej: “Técnico”, “Administrador”).
 - El sistema enviará una contraseña temporal por correo o la asignará directamente.

Gestión de Usuarios

Administra los usuarios del sistema. Los super admin pueden asignar cualquier cliente; los demás, sólo su cliente.

[← Volver](#)

Nuevo Usuario

Nombre	Apellido	Email *	Usuario
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Contraseña *	Rol *	Cliente	
<input type="text"/>	Seleccione un rol <input type="text"/>	Global (sin cliente) <input type="text"/>	

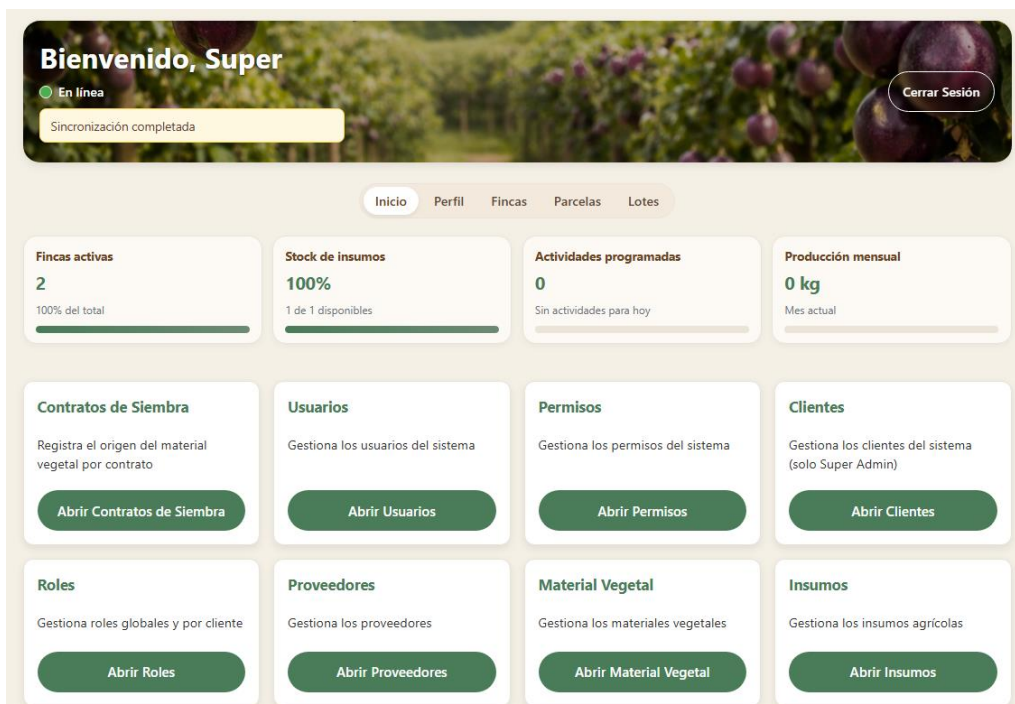
Importante: Los roles determinan qué módulos puede ver o editar cada usuario.

6.1.4.2.11. Uso Offline y Sincronización

App InterAgro funciona sin conexión a internet gracias a su tecnología PWA (Progressive Web App).

¿Qué puede hacer offline?

- Ver datos ya cargados
- Registrar nuevas actividades, insumos y cosechas
- Navegar por todas las secciones
- Sincronización automática
- Al recuperar conexión, el sistema envía automáticamente todos los datos pendientes.
- No se requiere acción manual.



Atención: Si cierra el navegador mientras está offline, sus cambios se guardan en su dispositivo y se enviarán al volver.

6.1.4.2.12. Preguntas Frecuentes (FAQ)

- ¿Puedo usar la app en mi celular?

Sí. App InterAgro es una PWA: puede instalarla como una aplicación en Android o iOS desde el navegador.

- ¿Qué hago si olvidé mi contraseña?

Contacte al administrador del sistema para restablecerla.

- ¿Los datos se pierden si trabajo offline?

No. Todo se guarda localmente y se envía al servidor tan pronto como haya conexión.

- ¿Puedo ver reportes o gráficos?

Actualmente, el sistema se enfoca en el registro operativo. Los reportes se generan desde la base de datos por el equipo técnico.

7. Resultados y Discusión

7.1. Desafíos Identificados

Escalabilidad y Rendimiento:

- Desafío: Garantizar que el sistema pueda manejar un crecimiento en la cantidad de usuarios y transacciones sin comprometer el rendimiento. La arquitectura debe permitir la adición de nuevos módulos y usuarios sin afectar la estabilidad del sistema.

Experiencia del Usuario:

- Desafío: Ofrecer una interfaz de usuario intuitiva y accesible que permita a los usuarios realizar sus tareas de manera eficiente.
- Alfabetización rural.

Manejo de Datos y Base de Datos:

- Desafío: Decidir si utilizar una base de datos centralizada, distribuida relacional o no relacional para manejar la información. La elección afecta la consistencia de los datos, la complejidad del sistema y el rendimiento.
- Lectura y manejo de grandes cantidades de datos a través de los sensores de monitoreo.

Implementación y Despliegue:

- Desafío: Desarrollar y desplegar el sistema en dos entornos distintos y con conectividad a la red limitada: localmente para pruebas y en la nube para producción. Esto incluye la configuración adecuada de cada entorno y la garantía de que el sistema funcione correctamente en ambos.
- Limitaciones de conectividad a la red en el sector rural.

7.2. Dentro del Alcance

1. Diseño de mockups de la aplicación.
 1. Casos de uso UML
 2. Diagrama de clases UML
 3. Diagrama de arquitectura UML
2. Funcionalidades principales
 1. Registro detallado del origen del material vegetal y generación de un código QR por lote, enlazado a su contrato de siembra. Esto permite controlar la calidad desde el origen y mejora la certificación y sostenibilidad, atacando directamente uno de los factores principales.
 2. Registro completo de actividades agrícolas (podas, plateos, fumigaciones, fertilización, cosecha). Esto permite un seguimiento técnico estandarizado, enfrentando las causas como el manejo empírico y el diagnóstico tardío.
 3. Reportes detallados de cosechas, insumos y actividades, facilitando el análisis técnico y financiero del proceso productivo. Contribuye a la toma de decisiones informada y, por tanto, mejora la rentabilidad y calidad del fruto.
 4. Distinción clara entre roles de operarios técnicos, ingenieros agrónomos y operarios agrícolas (administración de usuarios). Facilita la especialización y responsabilidad técnica, mejorando la formación continua y el uso de la información técnica.
 5. Control del inventario de insumos lo que reduce pérdidas, optimiza el uso y mejora la sostenibilidad. Ataca el mal manejo de agroquímicos que causa contaminación ambiental.

6. Registro y gestión de diferentes fincas o lotes, lo que permite escalar la solución y adaptarse a distintas realidades del campo colombiano.
3. Seguridad básica
 1. Autenticación de Usuario: Implementar mecanismos básicos para la autenticación y autorización de usuarios en la página principal y el sistema central.
 4. Integraciones externas:
 1. Desarrollo de API para integrarse con otros sistemas externos que no están contemplados en el alcance inicial.

7.3. Módulos de Negocio

1. Módulo de Gestión de Fincas

- Entidades: Cliente, Finca, Parcela
- Casos de Uso: CRUD completo
- Responsabilidad: Gestión de estructura física agrícola

2. Módulo de Gestión de Cultivos

- Entidades: LoteCultivo, MaterialVegetal, Proveedor
- Casos de Uso: Crear lote, generar QR, consultar por QR
- Responsabilidad: Gestión del ciclo de cultivo

3. Módulo de Actividades

- Entidades: Actividad, Labor
- Casos de Uso: Registrar actividades, actualizar estado de lote
- Responsabilidad: Seguimiento de labores agrícolas

4. Módulo de Insumos

- Entidades: Insumo, AplicacionInsumo, MovimientoInsumo
- Casos de Uso: Control de stock, aplicación de insumos
- Responsabilidad: Gestión de inventario y aplicaciones

5. Módulo de Trazabilidad

- Entidades: Todas (consulta transversal)
- Casos de Uso: Consultar trazabilidad completa, generar reportes
- Responsabilidad: Seguimiento completo del ciclo productivo

6. Módulo de Sincronización

- Entidades: Todas (sincronización transversal)
- Casos de Uso: PUSH, PULL, resolución de conflictos

- Responsabilidad: Sincronización offline-online

7. Módulo de Seguridad

- Entidades: User, Rol, Permiso
- Casos de Uso: Autenticación, autorización, gestión de permisos
- Responsabilidad: Control de acceso y seguridad

7.4. Consideraciones de Diseño

Escalabilidad

- Modularidad: Cada módulo puede evolucionar independientemente
- Preparado para Microservicios: Estructura permite extracción de módulos
- Horizontal Scaling: Backend puede escalar horizontalmente como unidad

Mantenibilidad

- Separación de Responsabilidades: Capas claramente definidas
- Testing: Arquitectura facilita pruebas unitarias e integración
- Documentación: Código autodocumentado mediante estructura clara

Resiliencia

- Offline-First: Operación sin conexión garantizada
- Sincronización Automática: Recuperación automática de datos
- Manejo de Errores: Estrategias de reintento y fallback

Seguridad

- Autenticación JWT: Tokens seguros para sesiones
- Autorización Basada en Roles: Control granular de acceso
- Soft Delete: Eliminación lógica para auditoría

7.5. Conclusiones

InterAgro es una solución de trazabilidad agrícola que tiene como objetivo gestionar el ciclo completo de producción agrícola, desde la siembra hasta la cosecha, construida bajo el paradigma de Progressive Web Application (PWA) Su principal diferenciador técnico es su capacidad Offline-First, permitiendo operatividad total en zonas sin cobertura y garantizando la integridad de datos mediante un sistema de sincronización cuando la conectividad se restablece.

El sistema implementa Clean Architecture tanto en el Backend como en el Frontend, asegurando que la lógica de negocio permanezca desacoplada de frameworks externos y bases de datos, facilitando la testabilidad y el mantenimiento a largo plazo.

La combinación de Monolito Modular y Arquitectura Hexagonal ofrece el equilibrio óptimo para la fase actual de InterAgro: elimina la complejidad de gestión de infraestructura distribuida (propia de los microservicios) mientras mantiene la disciplina de código necesaria para un producto profesional. Esta arquitectura no solo asegura una entrega de valor rápida y eficiente, sino que establece una base sólida y agnóstica a la tecnología que soportará la evolución del negocio agrícola a largo plazo.

El desarrollo del sistema InterAgro constituye una respuesta técnica y estratégica al problema central identificado: la baja productividad y calidad del fruto de gulupa en pequeños y medianos productores colombianos, consecuencia de prácticas agrícolas empíricas, escasa adopción de tecnologías digitales y limitado acceso a herramientas de apoyo a la decisión. Aunque el proyecto aún se encuentra en una fase preliminar de pruebas internas y locales, los resultados obtenidos hasta la fecha permiten validar la viabilidad técnica, funcional y arquitectónica de la solución propuesta.

En primer lugar, se logró consolidar una ficha técnica centralizada del cultivo de gulupa, basada en revisión documental rigurosa y validación con fuentes técnicas reconocidas (AGROSAVIA, Fischer & Miranda, 2012). Esta ficha integra variables edafoclimáticas, requerimientos nutricionales, prácticas de manejo recomendadas y amenazas fitosanitarias prioritarias, como *Fusarium oxysporum*. Aunque no ha sido sometida aún a validación en campo por parte de productores, su estructura está diseñada para servir como base de conocimiento del sistema y será ajustada en futuras fases con retroalimentación de expertos agrónomos y usuarios finales.

En segundo lugar, se implementó con éxito el núcleo del aplicativo (versión 1), cumpliendo con los requisitos funcionales definidos: registro de material vegetal, generación de códigos QR por lote, gestión de centros de operación (finca, parcela, lote), trazabilidad de actividades agrícolas (siembra, riego, fertilización, control de plagas, cosecha) y control básico de insumos. Las pruebas internas realizadas en entornos de desarrollo incluyendo simulaciones de conectividad intermitente confirmaron que la arquitectura elegida es robusta y adecuada para el contexto rural.

La estrategia de diseño basada en un Monolito Modular con Arquitectura Hexagonal demostró ser altamente efectiva para garantizar cohesión, separación de responsabilidades y facilidad de mantenimiento. Asimismo, la implementación Offline-First mediante una Progressive Web App (PWA) con almacenamiento local (IndexedDB) y sincronización diferida (Background Sync) funcionó correctamente en pruebas controladas, permitiendo el registro de datos sin conexión y su posterior sincronización automática al recuperar la red. Esto valida la preparación del sistema para operar en zonas con conectividad limitada, una condición crítica en el agro colombiano.

Además, se configuró e integró un módulo de seguridad basado en roles y permisos, con autenticación mediante JWT y eliminación lógica de registros, asegurando trazabilidad y control de acceso desde las primeras etapas del desarrollo. La base de datos no relacional (MongoDB) mostró flexibilidad para adaptarse a la evolución de los modelos de negocio y a la heterogeneidad de los datos agrícolas.

Es importante destacar que, hasta la fecha, no se han realizado pruebas en campo ni validación con usuarios finales reales. Todas las evaluaciones han sido internas, locales y controladas, centradas en verificar la correcta implementación de funcionalidades, la estabilidad del backend, la usabilidad de la interfaz y la resiliencia ante fallos de red. Por lo tanto, aunque los resultados técnicos son promisorios, el impacto real en la productividad, toma de decisiones o experiencia del usuario aún no ha sido medido.

No obstante, el diseño del sistema incorpora desde su origen principios clave para su futura adopción: simplicidad en la interfaz, accesibilidad móvil, compatibilidad con estándares de certificación (GlobalG.A.P., BPA) y capacidad de expansión hacia módulos avanzados de IoT e inteligencia artificial. Estos últimos, aunque no implementados en esta fase (y explícitamente excluidos del alcance inicial), ya cuentan con una arquitectura preparada para su integración futura.

Desde la perspectiva de sostenibilidad y alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), InterAgro sienta las bases para contribuir al ODS 2 (Hambre Cero), ODS 9 (Industria e Innovación), ODS 12 (Producción Responsable) y ODS 13 (Acción por el Clima). Sin embargo, su contribución tangible dependerá de la fase de implementación piloto, actualmente pendiente.

En conclusión, InterAgro ha demostrado viabilidad técnica y coherencia conceptual en su fase de desarrollo inicial. El sistema está listo para avanzar hacia la siguiente etapa: pruebas piloto en campo con productores reales en Antioquia, donde se evaluarán su usabilidad, utilidad agronómica, precisión en la trazabilidad y aceptación por parte de los usuarios finales. Hasta entonces, los resultados actuales representan una base sólida, pero preliminar, que respalda la continuidad del proyecto y justifica su escalado controlado hacia entornos reales de producción.

8. Referencias

- Agronegocios.com. (s.f.). Colombia exporta en promedio US\$ 75 millones al año de la fruta exótica gulupa. <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-exporta-en-promedio-us-75-millones-al-ano-de-la-fruta-exotica-gulupa-2975537>
- AGROSAVIA. (2020). Modelo tecnológico para el manejo del cultivo de la gulupa. Mosquera, Colombia.
- Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Manual para el cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.
- International Trade Centre. (2018). Trade Map: Trade statistics for international business development. <https://www.trademap.org>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & PNUD. (2021). Estrategia Nacional de Manejo del Riesgo Agroclimático para la Agricultura Colombiana.
- Ocampo, J., & Wyckhuys, K. (2012). Tecnología para el cultivo de la gulupa en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Portafolio. (2024, 8 de octubre). Exportaciones de gulupa colombiana crecen un 20 % en 2024.
- ProColombia. (2023). Análisis de oportunidades de mercado para frutas exóticas colombianas.
- Sectorial. (2024, 10 de octubre). Exportaciones de gulupa crecen un 20 % en 2024 y lideran las pasifloras colombianas.

Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). Evaluación de alternativas para el manejo de *Fusarium oxysporum* en gulupa [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias].

Wyckhuys, K., et al. (2017). Pollination services for passion fruit in Colombia. *Journal of Pollination Ecology*.

9. Anexos

- [Anexo 1: 01-Estudio Técnico Gulupa \(Passiflora edulis Sims var. edulis\).](#)
- [Anexo 2: 02-Ingenieria de Software \(InterAgro\).](#)
- [Anexo 3: 03-Manual Técnico \(InterAgro\).](#)
- [Anexo 4: 04-Manual de Usuario \(InterAgro\)](#)
- [Anexo 5: 05-Código Fuente \(InterAgro\)](#)
- [Anexo 6: 06-Diccionario de Datos \(InterAgro\)](#)
- [Anexo 7: 07-Prueba Usabilidad InterAgro.mp4](#)
- [Anexo 8: 08-Concepto Técnico Agente Experto](#)
- [Anexo 9: 09-Certificado Simposio Investigación](#)