

TECNOLOGÍA AGRÍCOLA, MAQUINARIA E INNOVACIÓN AGROPECUARIA

1. EVOLUCIÓN DE LA AGRICULTURA

1.1 Historia de la Agricultura

- **Agricultura tradicional:** Basada en el trabajo manual y tracción a sangre; baja eficiencia y alta dependencia climática.
- **Revolución verde:** Introducción de variedades de alto rendimiento, agroquímicos y riego a mediados del siglo XX.
- **Agricultura mecanizada:** Incorporación masiva del tractor y grandes implementos térmicos, optimizando tiempos operativos.
- **Agricultura de precisión:** Gestión de la variabilidad espacial y temporal dentro del lote mediante el uso de tecnologías como el GPS.
- **Agricultura digital:** Integración de plataformas en la nube, software de gestión y conectividad de datos agronómicos.
- **Agricultura autónoma:** Operación de maquinaria autoguiada y sin necesidad de intervención humana directa en la cabina.
- **Agricultura inteligente:** Toma de decisiones automatizada en tiempo real mediante algoritmos predictivos e interconexión total.

1.2 Sistemas Productivos

- **Agricultura extensiva:** Cultivo de grandes áreas con menor densidad de capital y mano de obra por hectárea (ej. commodities).
- **Agricultura intensiva:** Maximización de la producción por unidad de superficie con un alto uso de insumos y tecnología (ej. horticultura).
- **Agricultura regenerativa:** Enfoque centrado en la restauración de la salud del suelo, biodiversidad y captura de carbono.
- **Agricultura orgánica:** Sistema de producción que excluye el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos u organismos modificados.
- **Agricultura sustentable:** Equilibrio entre la rentabilidad económica, la conservación ambiental y la equidad social a largo plazo.

- **Agricultura vertical:** Producción controlada en capas superpuestas verticalmente, optimizando el uso de agua, luz artificial y espacio urbano.
- **Agricultura urbana:** Cultivo y procesamiento de alimentos en entornos de ciudades o periferias residenciales.

2. Tractores Agrícolas

- **Tractores eléctricos:** Equipos propulsados por baterías que reducen costos de mantenimiento y eliminan emisiones locales.
- **Tractores híbridos:** Combinación de motores de combustión interna y sistemas de almacenamiento eléctrico para optimizar torque y consumo.
- **Tractores autónomos:** Unidades sin cabina o con guiado robótico completo que ejecutan misiones programadas de manera independiente.
- **Operación remota:** Teleoperación de maquinaria desde centros de control a kilómetros de distancia mediante redes de baja latencia



3. Agricultura de Precisión

3.1 Sistemas utilizados en maquinas agrícolas

- **Sembradoras:** Incorporan **corte por sección** y **control individual de cuerpos** para evitar solapamientos, dosificando de forma **variable** según **mapas de prescripción** cargados en el monitor.





- **Fertilización:** Modificación de la dosis en tiempo real (**dosis variable**) asistida por **sensores NIR, de clorofila o biomasa**, que leen el estado nutricional del cultivo al pasar.



- **Pulverización:** Sistemas de **Weed Detection** y **Spot Spraying** (aplicación dirigida) mediante **IA para malezas** y **cámaras multiespectrales**, aplicando defensivos únicamente donde hay un objetivo verde.



- **Cosechadoras:** Plataformas con **guiado automático**, **ajuste dinámico de trilla**, **monitoreo de pérdidas** en tiempo real y **telemetría** para enviar datos de rendimiento directo a la oficina técnica



<https://www.youtube.com/watch?v=AGsdMZXEVnc>

3.2 Sistemas utilizados en implementos agrícolas

- **Sistemas de Nivelación Guiados por Láser y GPS-RTK:** Las rastras niveladoras y niveladoras de arrastre ya no dependen del ojo del operador. Utilizan estaciones base RTK para lograr nivelaciones de terreno con precisión milimétrica, algo fundamental para el manejo eficiente del agua de riego y el escurrimiento en planteos de agricultura de precisión.
- **Control de Presión Hidráulica Activa (Smart Depth / Downforce):** Los implementos modulares modernos de preparación de suelos cuentan con sensores de resistencia que regulan automáticamente la presión de los discos o de los cuerpos de labranza en tiempo real. Si el suelo presenta mayor compactación, el sistema hidráulico inteligente aumenta la fuerza hacia abajo para mantener la profundidad de trabajo constante y homogénea en todo el lote.
- **Acondicionadores de Suelos Modulares:** Equipos configurables que permiten intercambiar de forma rápida secciones de discos, rolos desterronadores o rastras de dientes según la condición de humedad y rastrojo del suelo, optimizando la transferencia de potencia del tractor y reduciendo drásticamente el consumo de combustible.

3.3 Nuevos paradigmas

Vehículo portador modular autónomo: Se trata de un vehículo portador autónomo de gran envergadura (tipo puente) en el cual los implementos no son arrastrados, sino que se integran modularmente dentro de su propia estructura. Un solo chasis motorizado sobre orugas puede convertirse en una sembradora de gran ancho de labor, una pulverizadora de cobertura masiva o una cosechadora de flujo axial continuo. Esto cambia radicalmente la compactación del suelo (tráfico controlado) y maximiza la eficiencia energética del motor.

<https://www.youtube.com/watch?v=0CUwp7QwkKw>







3. Fundamentos de la agricultura de precisión

- **Conceptos:** Reconocimiento de la **variabilidad espacial** (diferencias de suelo en el lote) y **temporal** (comportamiento en distintos años) para definir **ambientes productivos homogéneos**.
- **Tecnologías:** Navegación por satélite de alta fidelidad (**GPS, GNSS**) combinada con corrección cinemática en tiempo real (**RTK**) para precisiones centimétricas, procesada en Sistemas de Información Geográfica (**GIS/SIG**).



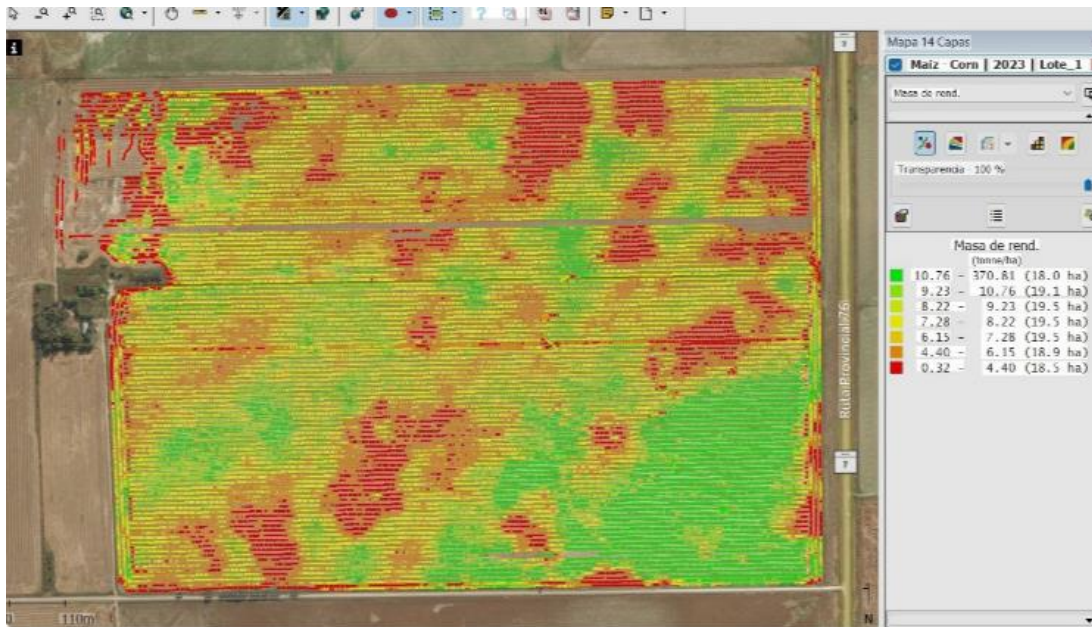
- **Sensores de suelo:** Herramientas para mapear la **conductividad eléctrica** aparente (texturas), la **compactación** (resistencia mecánica) y los niveles de **humedad**.



- **Sensores vegetales:** Índices ópticos calculados por reflectancia para medir vigor y salud foliar, tales como NDVI, NDRE, SAVI y EVI.



- **Mapas:** Capas georreferenciadas que recopilan información crítica (**rendimiento, fertilidad, conductividad, malezas**) para la toma de decisiones y diseño de mapas de **prescripción**.



4. DRONES

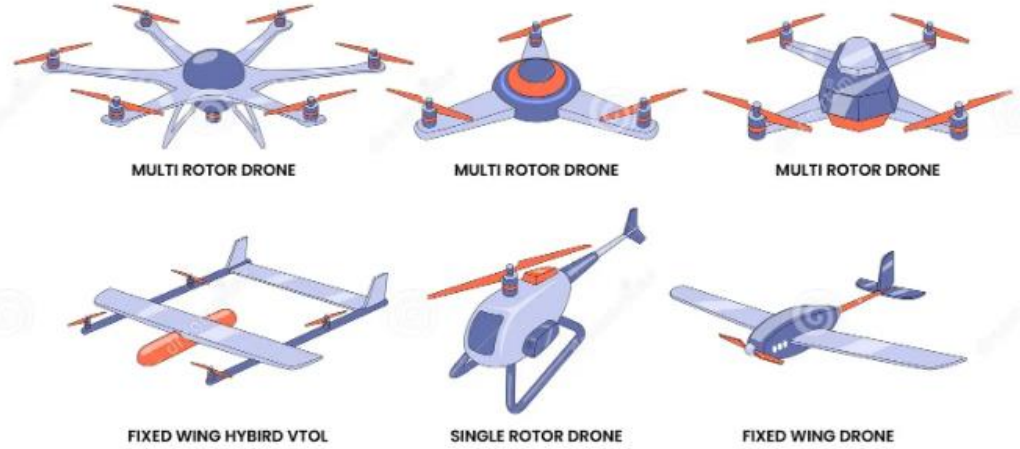
5.1 Drones Aéreos

Se muestran drones de pulverización en plena labor y la interpretación de imágenes aéreas procesadas mediante software de teledetección. Se visualizan mapas de **vista multispectral** (evaluando vigor y clorofila) y mapas de **estrés térmico** (claves para detectar fallas de riego o transpiración vegetal).



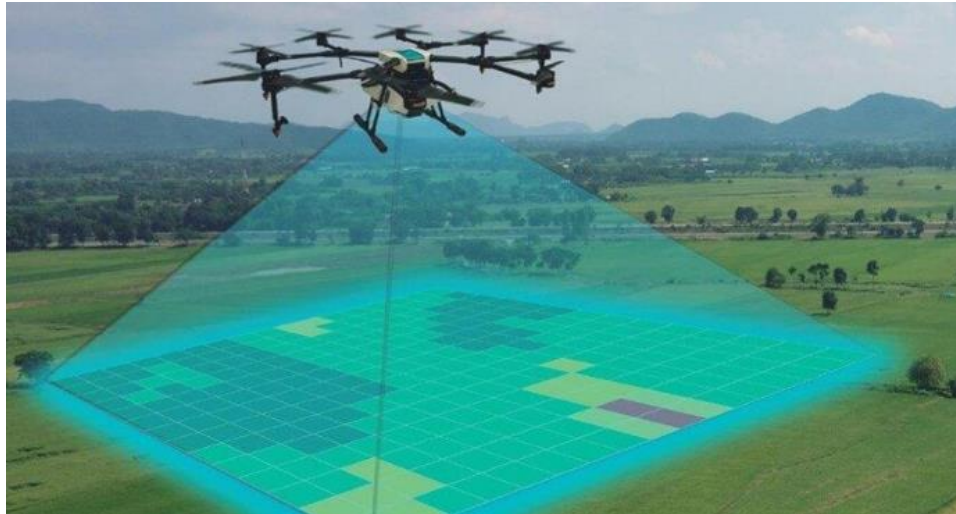
- **Tipos:** **Multirrotores** (despegue vertical, ideales para pulverización de precisión), **ala fija** (gran autonomía para mapeo de grandes extensiones) e **híbridos** (VTOL, combinan lo mejor de ambos mundos).

TYPES OF DRONE

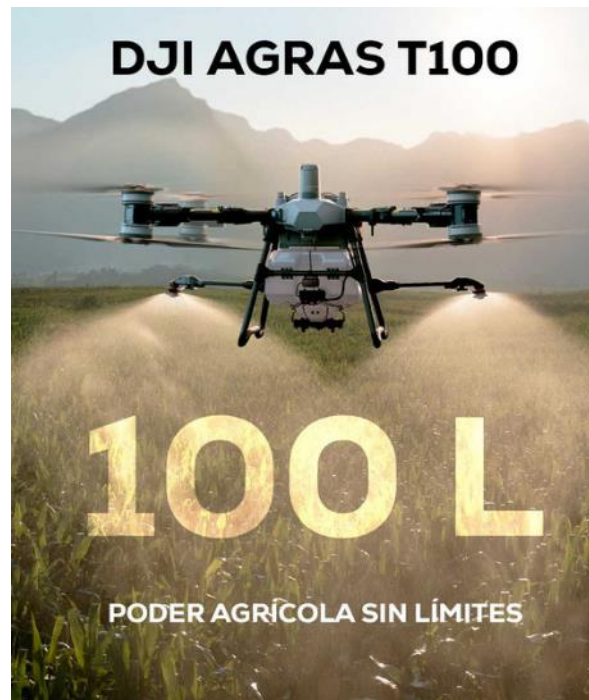


- **Aplicaciones:** Mapeo fotogramétrico, pulverización dirigida, fertilización líquida/sólida, conteo automatizado de plantas y seguimiento sanitario de cultivos.





- **Marcas líderes del mercado: DJI (línea Agras) y XAG**, referentes globales en robótica aérea agrícola.



5. ROBÓTICA AGRÍCOLA

6.1 Robots Autónomos

Son plataformas robóticas terrestres autónomas equipadas con sistemas de guiado satelital y sensores ópticos. Destacan robots desmalezadores mecánicos/láser de baja escala y tractores articulados de alta potencia reconvertidos a la autonomía total (sin cabina), además de brazos robóticos acoplados a orugas capaces de discriminar plantas individuales con precisión quirúrgica.

- **Funciones principales:** Desmalezado mecánico o químico selectivo, pulverización ultra-dirigida, fertilización micro-localizada y cosecha automatizada de cultivos delicados (frutas y hortalizas).

- **Inteligencia Artificial aplicada:** Modelos de **Machine Learning** y **Deep Learning** integrados con **Computer Vision** (visión artificial) que permiten al robot identificar en milisegundos si una hoja pertenece al cultivo o a una maleza, actuando en consecuencia.







- **Big Data:** Procesamiento masivo de millones de datos agronómicos (**gestión de datos, analítica avanzada**) para guiar la **toma de decisiones** agronómicas.
- **Ganadería de Precisión:** Uso de **collares inteligentes**, monitores de **rumia automática**, **geolocalización** por caravanas GPS y sistemas de **pesaje automático** al paso.



- **Tambos Robotizados:** Unidades donde las vacas acuden voluntariamente a **robots de ordeño**, combinados con sistemas de **alimentación automatizada** personalizada y **monitoreo sanitario** constante de la leche (detección de mastitis, celo, etc.)

<https://www.youtube.com/watch?v=t2MuKqlnnpU>



ELECTROMOVILIDAD RURAL

- **Electromovilidad:** Implementación de vehículos eléctricos en actividades intensivas como **tambos, fruticultura y horticultura**. Aportan ventajas competitivas críticas: **menor costo operativo, menor impacto sonoro** (ideal para evitar estrés en animales) y **cero emisiones de carbono** directas.





- **Tendencias 2030-2050 y Maquinaria del Futuro:**

El sector se desplaza hacia la **agricultura autónoma total** y la gestión por **enjambres de robots** interconectados coordinados por IA. Se proyectan tratamientos individualizados planta por planta y la gestión del negocio basada en **gemelos digitales completos**.



Para 2050, el paradigma exige equipos energéticamente neutros o de **huella de carbono negativa**, acompañados de tecnologías disruptivas como la **nanotecnología agrícola**, la **agricultura vertical**

automatizada e incluso aplicaciones de la **computación cuántica** para resolver problemas logísticos y biotecnológicos complejos en el agro.

