

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

## PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO EN CULTIVOS DE MAÍZ MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

Se propone una solución basada en inteligencia artificial (IA) para predecir el rendimiento del maíz (ton/ha). Integra datos de sensores IoT, imágenes satelitales, registros climáticos e históricos, para anticipar rendimientos con horizontes de semanas hasta la temporada.

El objetivo es mejorar la planificación de siembra, fertilización y riego, reduciendo desperdicios y detectando problemas de clima, plagas o suelo de manera temprana. La propuesta se apoya en herramientas ya disponibles y considera aspectos éticos y regulatorios para una adopción responsable.

### 2. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, clave para la seguridad alimentaria. Sin embargo, los productores enfrentan retos crecientes como la volatilidad climática, plagas y altos costos de insumos. La adopción de tecnologías de agricultura de precisión y IA (drones, sensores, análisis de datos) apunta a resolver estos problemas. Como lo demuestra el caso de Agrobit en Argentina, que ha permitido hasta un 30% de ahorro en recursos cultivos de soja, maíz y trigo, de acuerdo con lo mencionado por Ray (2023).

Así mismo, los agricultores y empresas (proveedores de maquinaria y servicios) requieren información precisa sobre cantidades estimadas de producción para negociar contratos, planificar la logística y dimensionar la demanda de maquinaria y repuestos. En este contexto, La predicción con IA convierte datos dispersos en información útil para toda la cadena de valor.

No obstante, hay una brecha tecnológica entre productores. Los pequeños agricultores carecen de infraestructura y capital inicial para estas tecnologías. Según

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

el Foro Económico Mundial (2023), los pequeños productores son “el corazón” del sistema alimentario, generando un tercio de los alimentos mundiales, pero a menudo no pueden costear las tecnologías necesarias. Proyectos de digitalización (como FarmBeats de Microsoft y FarmPass de Mastercard) están apuntando primero a medianos y grandes, luego a pequeños, cuando los costos bajen. De hecho, la FAO (2025) destaca que la IA puede reducir drásticamente el costo de asesoría agronómica: de un aproximado de \$30 USD por productor a sólo \$0.30 USD, haciendo estas soluciones accesibles a pequeña escala. En definitiva, al comienzo la IA en maíz se implementa en explotaciones de mayor escala con retorno de inversión clara (por escala y eficiencia), y luego se extenderá a productores pequeños conforme la tecnología se abarate y haya apoyo institucional.

Sin embargo, en todo el mundo se tiene retos tecnológicos para el uso de la IA en la agricultura. Como explica Qian et al. (2022), en muchos de los estudios se hacen de forma controlada, lo que contrasta con la realidad, la cual está llena de ruido de fondo en las imágenes capturadas.

Actualmente en México, la mayoría de los productores carecen de predicciones precisas y oportunas del rendimiento de sus cultivos. Las estimaciones actuales se apoyan en observaciones manuales, experiencia local y datos incompletos, lo que conlleva una planificación inadecuada de la logística de siembra, cosecha y venta.

### 3. PROBLEMÁTICA ACTUAL Y OPORTUNIDADES CON EL USO DE LA IA

Los retos en el cultivo de maíz entre otros productos son diversos, desde la variabilidad del clima, las plagas, hasta la ineficiencia en el manejo de los insumos. Puesto que la variación del clima tiende a provocar fluctuación en el rendimiento de los cultivos, por otro lado, los fertilizantes se usan de manera uniforme y excesiva, sin tener en cuenta la correcta absorción de este. Aproximadamente solo el 55% del nitrógeno de los fertilizantes es absorbido por los cultivos, el resto se queda en el suelo o fluye a los mantos acuíferos contaminándolos, además, el porcentaje no

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

aprovechado es un gran costo para los agricultores, de acuerdo con información de Mundo Agropecuario (2023).

La inteligencia artificial en conjunto con el uso de Big data aplicada a la agricultura de precisión permite personalizar las prácticas agrícolas para cada parcela, anticiparse a condiciones adversas y optimizar los recursos como lo menciona Barangé (2023). Es importante reconocer que el alto costo de adopción es la principal barrera, por lo que la estrategia es empezar con productores medianos y grandes, y luego incluir a pequeños agricultores cuando los costos bajen. De acuerdo con la (FAO 2025), la asesoría agrícola digital basada en IA reducirá su costo, haciendo posible su acceso futuro para productores de menor escala.

**Segmento de mercado (clientes):** Productores de maíz medianos y grandes que buscan aumentar rendimientos y reducir riesgos. Se propone una prueba piloto en Puebla, México, por su diversidad de zonas con distinto potencial productivo (**Velázquez et al., 2014**), lo que permitirá comparar resultados según factores climáticos y de manejo. A futuro, el modelo puede escalar a todo México, otros cultivos y, cuando los costos bajen, a pequeños productores organizados en cooperativas.

**Propuesta de valor:** Monitoreo y optimización del rendimiento de cultivos mediante IA. Se ofrece un servicio de análisis de datos agronómicos que permite producir más al tiempo que se reducen insumos (semillas, agua, fertilizantes). Esto se traduce en mayores rendimientos, ahorro de costos y agricultura más sostenible.

**Canales de distribución:** Distribución a través de empresas de agrotecnología, cooperativas agrarias y servicios de extensión agrícola. Se usan apps/web para visualizar datos del campo y recomendaciones. También se canaliza mediante alianzas con gobiernos municipales y universidades.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

**Relación con los clientes:** Combinación de asesoría técnica presencial (agronomos de campo) y plataformas digitales interactivas. Enfatizando la capacitación para que los productores entiendan y confíen en las recomendaciones.

**Fuentes de ingresos:** Cobro por suscripción al servicio de monitoreo, o modelo de pago por desempeño (comisión sobre el incremento de rendimiento obtenido).

**Recursos clave:** Infraestructura de sensores IoT (humedad, temperatura, cámaras, drones), bases de datos agronómicas y algoritmos de ML. También son críticos los agrónomos y expertos en datos para interpretar la información.

**Actividades clave:** Captura de datos en campo y desarrollo de modelos predictivos basados en IA y un sistema de alertas automáticas ante cambios en el cultivo. Otras actividades son la gestión de datos (big data) y el soporte técnico para la plataforma.

**Socios clave:** Fabricantes o distribuidores de sensores y drones, empresas de software/agritech, instituciones de investigación (estaciones meteorológicas, universidades). Alianzas con proveedores de insumos (fertilizantes, semillas) también facilitaran la integración del servicio.

**Estructura de costos:** Costos de infraestructura tecnológica (sensores, comunicaciones satelitales), desarrollo de software/IA y personal técnico (instalación de equipos y asistencia agronómica) y personal de mantenimiento de sensores y servidores.

#### 4. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Con el objetivo de ser capaz de poder predecir el rendimiento del cultivo de maíz, a fin de poder tomar medidas correctivas a tiempo mejorando la producción, se pretende construir una plataforma que entregue la predicción del rendimiento de cultivos en tiempo real, que sea interpretable y escalable. La solución propuesta integra tres componentes:

**Captura de datos agronómicos:** Los sensores y drones en el campo envían datos de clima, humedad y condición de cultivo a una base de datos central. Al mismo tiempo,

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

se alimenta con datos satelitales y registros históricos (rendimientos anteriores, características de suelo). Este conjunto de datos constituye el “Big Data agrícola” necesario.

**Procesamiento con IA:** En la nube, un módulo de aprendizaje automático analiza esos datos. Los modelos predicen variables críticas (rendimiento esperado, deficiencias nutricionales, riesgo de plagas/enfermedades) y calculan recomendaciones optimizadas (por ejemplo, dosis de fertilizante específica por zona)

**Interfaz de usuario y retroalimentación:** Los resultados se entregan a los productores mediante una aplicación móvil/web intuitiva con alertas. El agricultor visualizará mapas de rendimiento y recibe consejos personalizados de manejo. Además, puede subir datos de campo (fotos, mediciones) para refinar el modelo.

## 5. HERRAMIENTAS Y SERVICIOS DE IA PROPUESTOS

La solución propuesta se basa en tecnologías de agricultura de precisión con IA, por lo cual se consideran como herramientas viables las mencionadas a continuación.

**Sensores y plataforma IoT:** permiten recolectar datos en tiempo real de humedad, pH, temperatura, nutrientes y precipitación. Como lo son:

- Arable Mark 3, un dispositivo IoT que mide clima, suelo y fenología.
- John Deere Operations Center, plataforma que integra sensores de maquinaria y de campo.
- Node-RED, una herramienta de código abierto para integrar flujos IoT.

**Imágenes aéreas y satelitales:** permiten la captura multiespectral para calcular índices vegetativos (NDVI, EVI). Teniendo en cuenta:

- Drones agrícolas con cámaras multiespectrales
- Copernicus Sentinel, servicio de imágenes satelitales de la Agencia Espacial Europea

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

Plataformas de análisis ML/AI: permiten entrenar y ejecutar modelos de visión artificial y predicción agrícola, entre estas se encuentran:

- TensorFlow, un framework de deep learning
- TensorFlow Object Detection API para la detección de objetos
- PyTorch, framework de aprendizaje profundo utilizado para visión por computadora y otras aplicaciones de IA
- Scikit-learn, una librería de modelos clásicos de ML
- IBM Watson para aplicaciones de inteligencia artificial.

**Sistemas de soporte al agricultor:** facilitan llevar predicciones y recomendaciones al productor mediante aplicaciones o chatbots, como WhatsApp Business API y Telegram.

**Infraestructura en la nube:** asegura el procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos agrícolas mediante servicios en la nube, como lo son:

- Microsoft Azure
- Amazon Web Services
- Google Cloud Earth Engine

## 6. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA ARQUITECTURA

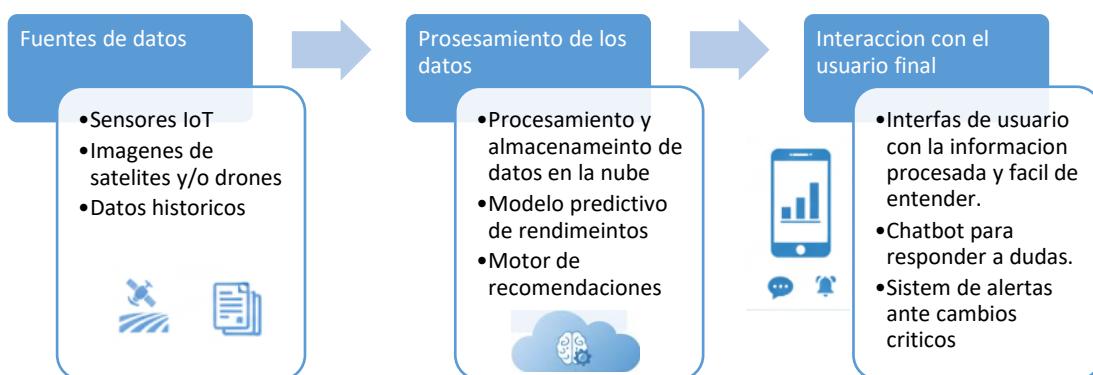
La arquitectura se compone de tres etapas esenciales:

Fuentes de Datos: Integra telemetría de Sensores IoT, Imágenes de Satélites y Drones (para índices vegetativos) y Datos Históricos (rendimientos, suelo, clima). Esta etapa genera el Big Data agrícola.

Plataforma en la Nube con IA: Centraliza y procesa los datos en un entorno de Nube robusto. Incluye Almacenamiento de Big Data y un Módulo de Machine Learning para el procesamiento de datos e imágenes, la generación de Modelos Predictivos de Rendimientos y el desarrollo de un Motor de Recomendaciones optimizadas.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

Interacción con el Usuario Final: Entrega las predicciones y recomendaciones mediante una Interfaz de Usuario (Web/Móvil) intuitiva, un Asistente Virtual (Chatbot) y un Sistema de Alertas en tiempo real.



## 7. CONSIDERACIONES REGULATORIAS Y ÉTICAS

Al implementar IA en agricultura, se deben abordar varios aspectos. En primer lugar, la privacidad y seguridad de datos. Puesto que la solución propuesta recopila grandes volúmenes de información de campos y prácticas agrícolas. Es esencial asegurar que estos datos sensibles no sean explotados indebidamente. Se recomienda anonimizar datos personales de agricultores y establecer acuerdos claros de uso de la información.

Así mismo, el acceso equitativo. Como advierte Barangé (2023), la adopción de IA podría ampliar la brecha con los pequeños productores si no se toman medidas. Por ello, el modelo de negocio debe prever formas de acceso gratuito o subvencionado para pequeños agricultores. El objetivo es que la innovación beneficie a todos, no solo a unos pocos privilegiados.

Por otro lado, debe de haber formación y soporte, para poder capacitar a los nuevos usuarios en el uso de la tecnología. La FAO subraya que sin educación y sin un marco regulatorio sólido, las innovaciones de IA no lograrán un despliegue efectivo.

Los algoritmos de IA pueden tener sesgos si se alimentan de información general o de una sola zona. Hay que validar los modelos localmente para cada región de cultivo.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

Además, debe definirse claramente las responsabilidades al proporcionar y usar la información. Ya que hay que saber quién sería el responsable si las recomendaciones fallan (por ejemplo, si un modelo mal calibrado indica un mal manejo).

En cuanto a los aspectos laborales, la automatización agrícola puede desplazar el trabajo manual. Aunque esto redunde en ahorro de costos, debe considerarse el impacto social en comunidades rurales. Se puede orientar la solución hacia complementarse con trabajo humano en lugar de reemplazarlo totalmente, al menos inicialmente.

Por último, pero no menos importante, es necesario contemplar la explicabilidad de los modelos de Machine Learning. Si bien, al utilizar tecnología de terceros no podemos estar seguros de todo el proceso que se da, por temas de seguridad y propiedad intelectual, siendo para nosotros modelos de caja negra. Es importante que los modelos o plataformas para conectar las diferentes herramientas puedan ser explicarlos, siempre y cuando sea posible hacerlo. Al implementar estos modelos de caja blanca, se pueden evitar o predecir errores que comprometan los resultados, la información y el uso que se le da.

## 8. PLANIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

Se propone un plan dividido en fases (estimación de duración orientativa):

Fase 0 - Descubrimiento (2-4 semanas): Reunión con las partes interesadas del proyecto, definición de alcance y las métricas que se medirán para poder definir el éxito. Revisión de fuentes de datos y permisos de acceso requeridos para el acceso a la información necesaria.

Fase 1 - Preparación de datos y prototipado (8-12 semanas): Implementación ETL, extracción de muestras históricas, obtención de imágenes y datos que se usarán. Creación de los modelos de inteligencia artificial para procesar la información e imágenes.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

Fase 2 - Validación y ajuste (8 semanas): Validación espacial-temporal, mejora de los modelos implementados y ajuste de hiperparámetros e Implementación de métricas de incertidumbre.

Fase 3 - Piloto en producción (8-12 semanas): Despliegue de modelo en entorno controlado (piloto con 30–100 parcelas). Integración con dashboard y recolección de feedback.

Fase 4 - Escalado y operación (continuo): Automatización completa del pipeline, monitorización, plan de reentrenamiento de los modelos (en caso de ser necesario). Soporte al usuario y mejoras iterativas.

### Posibles mejoras futuras

Ampliación de la zona de desarrollo del proyecto, además de posibles alianzas con instancias gubernamentales y privadas para lograr una mejor distribución y acceso. Incorporación de modelos de causalidad para evaluar el impacto de prácticas agronómicas, Extendiendo a la predicción de calidad (no solo cantidad) y optimización económica. Integración con servicios de financiación para facilitar el acceso a la tecnología.

## 9. CONCLUSIONES

La predicción del rendimiento mediante IA es una solución viable y de alto impacto para la agricultura de precisión. La propuesta se apoya en herramientas y servicios disponibles en el mercado, aun cuando se necesitaría desarrollar plataformas para comunicar dichas herramientas y mejorar algunos aspectos.

Si se implementa con apoyo institucional y un marco ético adecuado, puede servir como modelo escalable distintos cultivos y regiones, reduciendo costos y poder llegar a productores pequeños. El resultado deseado es un campo más productivo y sostenible, donde la IA esté al servicio de los agricultores y no al revés. Sin embargo, es crítico contemplar la trazabilidad, explicabilidad y protección de datos para la adopción.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Inteligencia Artificial y Computación Cognitiva	Apellidos: Pino Rosas Nombre: Octavio	15/09/2025

## 10. REFERENCIAS

- Barangé, L. (2023, agosto 9). ¿Cómo podría la inteligencia artificial transformar la agricultura? Alliance Bioversity-CIAT.  
<https://alliancebioversityciat.org/stories/artificial-intelligence-transform-agriculture>
- FAO. (2025, abril 2). La inteligencia artificial puede ser una solución transformadora para los agricultores. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/newsroom/detail/ai-can-be-a-game-changing-solution-for-farmers--fao-innovation-chief/en>
- Foro Económico Mundial. (2023, febrero 9). Los pequeños agricultores podrían ayudar a arreglar los sistemas alimentarios mundiales con la tecnología adecuada: He aquí cómo. <https://es.weforum.org/stories/2023/02/los-pequenos-agricultores-podrian-ayudar-a-arreglar-los-sistemas-alimentarios-mundiales-con-la-tecnologia-adecuada-he-aqui-como/>
- Mundo Agropecuario. (2023, septiembre 15). La inteligencia artificial y la genética pueden ayudar a los agricultores a cultivar maíz con menos fertilizantes. Mundo Agropecuario. <https://mundoagropecuario.com/la-inteligencia-artificial-y-la-genetica-pueden-ayudar-a-los-agricultores-a-cultivar-maiz-con-menos-fertilizantes/>
- Qian, X., Zhang, C., Chen, L., & Li, K. (2022). Deep Learning-Based Identification of Maize Leaf Diseases Is Improved by an Attention Mechanism: Self-Attention. Frontiers in Plant Science, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.864486>
- Ray, S. (2023, junio 21). Cómo la inteligencia artificial está transformando el vino y la agricultura en Argentina. Microsoft News.  
<https://news.microsoft.com/source/latam/features/ia/argentina-ia-vino-agricultura/>