



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Ing. En Sistemas Computacionales

Tópicos de IA

10:00 – 11:00

Investigación de Inteligencia Artificial e Impacto Ambiental en la Agricultura de precisión

Alumna:

Ramirez Pompa Marian Gabriela

Maestro: Zuriel Dathan Mora Felix

Contenido

| | |
|------------------------------------|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| OBJETIVO GENERAL | 4 |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS | 4 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| ALCANCE..... | 6 |
| DESARROLLO..... | 8 |
| AGENDA..... | 17 |
| CONCLUSIÓN | 20 |
| REPOSITORIO | 20 |
| REFERENCIAS..... | 21 |

INTRODUCCIÓN

La agricultura global se encuentra en un dilema crucial: debe satisfacer la creciente demanda de alimentos de una población en constante expansión mientras enfrenta el desafío de hacerlo de manera sostenible en un planeta con recursos finitos y un clima cambiante. Históricamente, los avances tecnológicos han permitido un crecimiento exponencial de la producción; sin embargo, este incremento ha implicado un mayor consumo de agua y nutrientes, derivando en la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de suelos por agroquímicos.

En este escenario, la agricultura de precisión se ha consolidado como una de las innovaciones más prometedoras para optimizar el manejo del suelo, agua y plagas, permitiendo "producir más con menos impacto ambiental".

En regiones como Sinaloa, donde la producción intensiva de granos, hortalizas y frutales exige una eficiencia extrema, la Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como el motor que impulsa esta transformación. A través de algoritmos de aprendizaje automático, visión por computadora y sistemas predictivos, la IA dota a la agricultura de la capacidad de aprender de los datos, estos sistemas permiten analizar grandes volúmenes de información, como imágenes satelitales, mapas de rendimiento y sensores de humedad, abriendo nuevas posibilidades para gestionar los recursos naturales. Sus aplicaciones actuales incluyen desde la predicción de rendimientos y la detección temprana de plagas hasta el diseño de planes de fertilización específicos por parcela.

No obstante, la relación entre la tecnología y el medio ambiente presenta una dualidad compleja. Si bien la IA ofrece herramientas para la sostenibilidad, su implementación conlleva una huella ecológica propia; la infraestructura de los centros de datos consume grandes cantidades de agua y depende de minerales críticos cuya extracción puede ser insostenible. Asimismo, existe el riesgo de que una adopción sesgada hacia el monocultivo o el incentivo indirecto de insumos químicos pueda comprometer la agrobiodiversidad.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la aplicación de la inteligencia artificial en la agricultura de precisión como herramienta para mitigar el impacto ambiental de las actividades agrícolas, evaluando su efectividad, identificando sus principales desafíos y proponiendo estrategias innovadoras que permitan optimizar el uso de los recursos naturales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. **Identificar** las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en la agricultura de precisión enfocadas en la gestión sostenible de recursos, así como en el monitoreo de cultivos y la detección temprana de plagas y enfermedades.
2. **Evaluar** la efectividad de los sistemas de IA existentes para reducir la contaminación ambiental derivada de las prácticas agrícolas, particularmente en lo que respecta a la optimización del riego, la aplicación precisa de fertilizantes y la disminución del uso de agroquímicos.
3. **Describir** las tecnologías de IA aplicadas a la predicción de patrones climáticos, la integración de energías renovables, la conservación de la biodiversidad y la gestión inteligente de residuos agrícolas.
4. **Analizar** los desafíos actuales que limitan la adopción masiva de la IA en la agricultura de precisión, incluyendo barreras económicas, tecnológicas, de conectividad y de capacitación, especialmente para pequeños y medianos productores en regiones como Sinaloa.
5. **Identificar** las brechas existentes en las soluciones actuales de IA que representan oportunidades para el desarrollo de proyectos innovadores y accesibles.
6. **Proponer** un sistema integral basado en IA que aborde una problemática ambiental específica —como la escasez de agua o la contaminación por agroquímicos—, considerando su viabilidad técnica, accesibilidad económica y potencial de impacto positivo en el medio ambiente y en las comunidades agrícolas.

JUSTIFICACIÓN

México es un país con una profunda vocación agrícola, y Sinaloa ocupa un lugar preponderante en este sector. Conocido como el "granero de México", el estado es líder en la producción de granos y hortalizas, contribuyendo de manera significativa a la seguridad alimentaria nacional y a la generación de divisas por exportaciones. Sin embargo, esta productividad tiene un costo ambiental elevado. La agricultura intensiva en el estado ha llevado a la sobreexplotación de acuíferos, a la contaminación por agroquímicos que afecta ecosistemas como el Mar de Cortés, y a una alta vulnerabilidad ante sequías recurrentes.

El proyecto "se centra en el análisis de la aplicación de la inteligencia artificial dentro de la agricultura de precisión", con el fin de evaluar cómo estas herramientas pueden contribuir a una gestión más eficiente de los recursos y a la reducción del impacto ambiental. La pertinencia de este enfoque regional radica en que las soluciones tecnológicas deben adaptarse a las condiciones locales: tipos de cultivo, disponibilidad de agua, infraestructura existente y características socioeconómicas de los productores.

Si bien existen ya soluciones de IA aplicadas a la agricultura, estas herramientas no siempre llegan a los pequeños y medianos productores que constituyen la base del sector agrícola en México.

Como se identifica en el análisis de brechas, persisten desafíos importantes como "el alto costo inicial de equipos como sensores, drones y maquinaria automatizada, que puede ser inaccesible para pequeños y medianos productores", así como "la falta de capacitación técnica adecuada entre muchos agricultores" y "la infraestructura, especialmente la conectividad en zonas rurales". Esta investigación busca precisamente visibilizar estas limitaciones y proponer soluciones que sean accesibles, adaptadas al contexto local y que permitan cerrar la brecha digital en el campo.

ALCANCE

La investigación abordará las siguientes áreas temáticas fundamentales:

1. **Aplicaciones de IA en agricultura de precisión:** Se analizarán tecnologías como sensores inteligentes, sistemas de visión por computadora, algoritmos de aprendizaje automático para predicción climática, plataformas de análisis de datos agrícolas, drones con cámaras multiespectrales e hiperespectrales, y sistemas automatizados de riego y fertilización.
2. **Impacto ambiental:** Se evaluará cómo estas tecnologías contribuyen a:
 - La reducción de la contaminación del aire, agua y suelo derivada de prácticas agrícolas intensivas.
 - La mitigación del cambio climático mediante la optimización del uso de recursos y la integración de energías renovables.
 - La conservación de la biodiversidad a través del monitoreo de especies y hábitats.
 - La gestión eficiente de residuos agrícolas mediante sistemas inteligentes de clasificación y recolección.
3. **Contexto regional:** Se pondrá especial énfasis en el estado de Sinaloa, considerando su relevancia como potencia agrícola en México, sus problemáticas ambientales específicas (escasez de agua, contaminación por agroquímicos, vulnerabilidad climática) y las oportunidades para la implementación de tecnologías de IA adaptadas a pequeños y medianos productores.

El estudio se basará en información actualizada, privilegiando fuentes publicadas entre 2020 y 2026, con el fin de reflejar los avances más recientes en tecnologías de IA aplicadas a la agricultura.

Es importante señalar lo que **no** está contemplado dentro del alcance de esta investigación:

1. **Implementación práctica:** No se realizará el desarrollo, prueba o implementación en campo de sistemas de IA. El proyecto es de carácter **teórico-documental** y se basa en la revisión y análisis de fuentes secundarias.
2. **Trabajo de campo:** No se contemplan visitas a comunidades agrícolas, entrevistas directas con productores o recolección de datos primarios en terreno.

3. **Desarrollo de software:** No se programarán algoritmos, aplicaciones o plataformas de IA. Las propuestas se presentarán a nivel conceptual.
4. **Validación experimental:** No se realizarán experimentos controlados para medir la efectividad de las soluciones propuestas.
5. **Análisis económico detallado:** Si bien se mencionarán aspectos de costos y viabilidad económica, no se realizará un estudio exhaustivo de factibilidad financiera.

DESARROLLO

1. Control de Contaminación: Monitoreo y Reducción de Contaminantes en Aire, Agua y Suelo

La inteligencia artificial está revolucionando la capacidad de monitorear y mitigar la contaminación derivada de las actividades agrícolas, ofreciendo herramientas de alta precisión que superan las limitaciones de los métodos tradicionales.

Monitoreo de la calidad del aire

La IA analiza datos provenientes de sensores terrestres, satélites y estaciones meteorológicas para detectar en tiempo real contaminantes atmosféricos como partículas finas, dióxido de nitrógeno y ozono. En el contexto agrícola, esto es particularmente relevante para monitorear las emisiones derivadas de la quema de residuos de cosecha, una práctica aún común en algunas regiones de México, incluyendo Sinaloa.

Un ejemplo concreto es el desarrollo de sensores con inteligencia artificial por parte de científicos argentinos, que permiten monitorear la calidad del aire con alta precisión y a costos reducidos, facilitando su despliegue en zonas rurales .

Monitoreo de la calidad del agua

La contaminación del agua por agroquímicos es uno de los problemas más graves asociados a la agricultura intensiva. Los fertilizantes nitrogenados y los pesticidas se filtran a los mantos acuíferos o son arrastrados por la escorrentía hacia ríos y mares, afectando ecosistemas acuáticos y la salud humana.

La IA ofrece soluciones innovadoras para abordar este problema. La IA procesa imágenes satelitales y de drones para monitorizar vertidos, floraciones algales y tipos de contaminantes en ríos y cuerpos de agua. Estos sistemas permiten identificar rápidamente las fuentes de contaminación y modelar el comportamiento de los contaminantes para planificar estrategias de mitigación efectivas.

En el Reino Unido y otros países, proyectos exitosos han sido impulsados mediante cooperación ciudadana y científica, demostrando que la combinación de tecnología avanzada y participación comunitaria puede generar resultados significativos en la protección de los recursos hídricos.

Monitoreo y remediación de suelos

La contaminación del suelo por metales pesados, hidrocarburos y residuos de agroquímicos es otro desafío ambiental de primera magnitud. La IA facilita la detección temprana de derrames y fugas mediante sensores inteligentes y análisis predictivo para anticipar riesgos.

En cuanto a la remediación, algoritmos que analizan datos extensos para identificar áreas críticas y optimizar métodos de limpieza y recuperación permiten intervenciones más efectivas y con menores costos. Tecnologías como la microremediación, que utiliza hongos para descontaminar suelos, pueden ser optimizadas mediante IA para determinar las condiciones óptimas de aplicación.

2. Mitigación del Cambio Climático: Predicción de Patrones Climáticos, Evaluación del Impacto Humano y Aplicaciones en Energías Renovables

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático, pero también uno de los que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. La IA emerge como una herramienta crucial tanto para la adaptación como para la mitigación.

Predicción de patrones climáticos con IA

La IA procesa grandes volúmenes de datos atmosféricos obtenidos de satélites, sensores terrestres, océanos y estaciones meteorológicas para detectar patrones dinámicos en nubes, precipitaciones y temperatura con alta precisión. Los modelos de aprendizaje automático, entrenados con años de datos históricos, están logrando mejorar la precisión de pronósticos, incluso de fenómenos extremos como ciclones o nevadas, superando en algunos casos en un 20% a modelos tradicionales basados en ecuaciones físicas.

Avances recientes en este campo incluyen:

- **Modelo DLESyM:** Simula mil años del sistema climático en solo 12 horas con un consumo energético significativamente menor, gracias a redes neuronales especializadas en océanos y atmósfera .
- **Modelo Aurora** de Microsoft: Ha demostrado mayor precisión y eficiencia computacional para previsiones meteorológicas y cambios climáticos .
- **Modelo Prithvi WxC** de IBM y NASA: Capacidad para simular largos períodos con bajo costo energético, democratizando el acceso a tecnología avanzada para la predicción climática .

Evaluación del impacto de las actividades humanas en el cambio climático

La IA no solo predice el clima, sino que también permite evaluar con mayor precisión cómo las actividades humanas están alterando los sistemas climáticos. Algoritmos de IA analizan la influencia de factores humanos como emisiones industriales, uso de suelo, deforestación y transporte sobre variables climáticas, simulando escenarios futuros.

Estas herramientas permiten:

- Medir la velocidad del derretimiento de glaciares e icebergs .
- Cuantificar liberaciones de gases de efecto invernadero .
- Predecir consecuencias de eventos climáticos extremos causados por el cambio climático .
- Apoyar la planificación y optimización de estrategias para reducir emisiones y aumentar la resiliencia ambiental .

Aplicaciones de IA en energías renovables

La transición hacia fuentes de energía limpia es fundamental para mitigar el cambio climático, y la IA está acelerando este proceso en el sector agrícola:

- **Predicción y optimización de generación:** Algoritmos de aprendizaje automático analizan datos meteorológicos, históricos y en tiempo real para predecir la producción de energía solar, eólica e hidroeléctrica con alta precisión, compensando la intermitencia propia de estas fuentes .
- **Optimización del diseño y operación:** La IA ayuda a definir el número óptimo de captadores solares, la ubicación y diseño de turbinas eólicas, mejorando la eficiencia y rentabilidad de las instalaciones .
- **Integración en la red eléctrica (Smart Grids):** Sistemas inteligentes gestionan y equilibran la oferta y demanda energética en tiempo real, facilitando la integración masiva de renovables y reduciendo desperdicios energéticos .
- **Innovación en materiales:** Algoritmos de IA aceleran la investigación y desarrollo de nuevos materiales para almacenamiento y generación energética, como baterías de estado sólido .

3. Gestión de Residuos: Mejora de Procesos de Reciclaje y Estrategias de Reducción

La agricultura genera volúmenes significativos de residuos: envases de agroquímicos, plásticos de acolchado, restos de cosecha, entre otros. La IA ofrece soluciones para una gestión más eficiente y sostenible de estos materiales.

Clasificación automatizada de residuos

Una de las aplicaciones más destacadas de la IA en este ámbito es la clasificación automatizada de residuos. Sistemas de visión artificial y algoritmos de aprendizaje profundo identifican y separan materiales como plásticos, vidrios, metales, papel y componentes electrónicos con una precisión superior a la humana. Esto mejora la

calidad de los materiales recuperados y reduce la contaminación de los flujos de reciclaje.

Empresas como **Recycleye** han desarrollado sistemas de visión por computadora capaces de identificar y clasificar residuos en más de 28 categorías diferentes . Por su parte, **Greyparrot** utiliza IA para analizar instalaciones de reciclaje y ayudar a recuperar materiales que de otro modo terminarían en vertederos .

Optimización de rutas de recolección

La IA también permite optimizar las rutas de recolección de residuos. Mediante sensores inteligentes instalados en contenedores que monitorean en tiempo real el nivel de llenado y el tipo de residuos, los algoritmos de IA pueden diseñar rutas dinámicas que minimizan distancias, tiempos y emisiones de CO2 .

Esto es particularmente relevante para comunidades rurales y centros de acopio agrícola en Sinaloa, donde la eficiencia logística puede suponer un ahorro significativo de recursos y una reducción de la huella de carbono asociada al transporte de residuos.

4. Desafíos Actuales, Efectividad de las Soluciones y Brechas Identificadas

¿Cuáles son los desafíos actuales en esta área?

A partir del análisis de las fuentes consultadas, se identifican los siguientes desafíos principales:

1. Desafíos tecnológicos y de infraestructura:

- **Complejidad en la gestión de datos:** La variedad de tecnologías y formatos usados por diferentes fabricantes dificulta la integración y el análisis eficiente de la información. Se requieren sistemas más unificados y accesibles.
- **Conectividad insuficiente:** La infraestructura, especialmente la conectividad en zonas rurales, es insuficiente para soportar la transmisión en tiempo real de datos que demandan muchas soluciones de agricultura de precisión.
- **Calidad de los datos:** Uno de los mayores retos es contar con datos suficientes, precisos y de calidad que permitan desarrollar y entrenar modelos confiables.

2. Desafíos económicos:

- **Alto costo inicial:** El alto costo inicial de equipos como sensores, drones y maquinaria automatizada puede ser inaccesible para pequeños y medianos productores, frenando la adopción masiva.
- **Brecha digital:** Existe una creciente desigualdad en el acceso a los beneficios de la agricultura inteligente entre grandes operaciones agrícolas y pequeños productores.

3. Desafíos sociales y de capacitación:

- **Falta de capacitación técnica:** La falta de capacitación técnica adecuada entre muchos agricultores limita el uso correcto y efectivo de estas tecnologías.
- **Conciencia e innovación:** Existe la necesidad de crear conciencia y fomentar la cultura de innovación entre los productores y actores del sector agrícola.

4. Desafíos éticos y de gobernanza:

- **Propiedad y privacidad de los datos:** Existe preocupación entre los agricultores sobre quién es el dueño de los datos que generan sus campos y cómo se utilizarán .
- **Riesgo de homogenización:** Existe el peligro de que la adopción de estas herramientas cree un sesgo hacia el monocultivo e incentivar los insumos químicos, lo que podría revertir los avances graduales de la agrobiodiversidad.

¿Qué tan efectivas son las soluciones de IA existentes?

Las soluciones de IA han demostrado una efectividad notable en múltiples aplicaciones:

- **Optimización de recursos:** Algoritmos de IA permiten procesar grandes volúmenes de datos para predecir necesidades específicas de riego, fertilización y control de plagas con gran precisión. Esto se traduce en ahorros significativos de agua y agroquímicos.
- **Reducción del consumo de agua:** Plataformas como la alianza Microsoft-Kilimo han logrado ahorrar hasta un 13% de agua en regiones con escasez, implementando riego de precisión en cultivos a gran escala. Otros estudios mencionan reducciones de entre el 20% y 40% en comparación con métodos convencionales .
- **Aumento de la productividad:** El uso de drones e IA en agricultura de precisión ha logrado aumentar los ingresos netos hasta en un 20%.
- **Predicción climática:** Los modelos de IA como GraphCast ya son más precisos y rápidos que los modelos tradicionales en la predicción de trayectorias de huracanes y otros fenómenos extremos .

- **Clasificación de residuos:** Los robots con IA alcanzan niveles de precisión comparables al ojo humano, con la ventaja de poder operar 24/7 sin fatiga .

Sin embargo, la efectividad tiene limitaciones. Aunque la IA predice bien temperaturas medias, "predecir la intensidad regional de fenómenos como olas de calor sigue siendo un desafío" . Además, su efectividad depende críticamente de la calidad y cantidad de datos con los que es entrenada.

¿Qué brechas existen que un proyecto podría abordar?

Del análisis de desafíos y limitaciones, se identifican las siguientes brechas que representan oportunidades para el desarrollo de proyectos innovadores:

1. **Brecha de accesibilidad:** Las soluciones de IA existentes están diseñadas principalmente para grandes productores con capacidad de inversión. Existe una oportunidad para desarrollar soluciones de bajo costo, modulares y escalables, adaptadas a pequeños y medianos agricultores.
2. **Brecha de conectividad:** La falta de internet de alta velocidad en zonas rurales limita la adopción de soluciones basadas en la nube. Se requiere desarrollar aplicaciones que puedan operar offline o con conectividad intermitente, sincronizando datos cuando sea posible.
3. **Brecha de capacitación:** Falta traducir el complejo lenguaje de los datos y algoritmos en recomendaciones agronómicas simples, prácticas y culturalmente relevantes. Se necesitan interfaces intuitivas y programas de capacitación adaptados al contexto local.
4. **Brecha de integración:** La diversidad de sensores, plataformas y fabricantes dificulta la integración de datos. Se requieren sistemas abiertos e interoperables que permitan combinar información de múltiples fuentes.
5. **Brecha de adaptación local:** Los modelos y algoritmos deben mejorar su capacidad para adaptarse a condiciones específicas de cada región. La transferencia de modelos desarrollados en otros contextos no siempre es efectiva.
6. **Brecha de equidad:** Se requiere promover políticas y modelos de negocio que faciliten la inclusión de productores pequeños y familiares en la revolución digital agrícola, evitando que la brecha tecnológica profundice las desigualdades existentes.
7. **Brecha de confianza y propiedad de datos:** Falta desarrollar modelos de gobernanza de datos que garanticen a los agricultores la propiedad y el control de la información que generan, fomentando la confianza y la participación.

5. Propuesta: Sistema Integral de Optimización de Riego y Reducción de Agroquímicos para Pequeños y Medianos Productores en Sinaloa

Problema ambiental que se aborda

La **escasez de agua** y la **contaminación por agroquímicos** son dos de los problemas ambientales más críticos que enfrenta la agricultura en Sinaloa. Como se señala en el documento base, la agricultura es responsable de aproximadamente el 70% del consumo mundial de agua dulce, y el uso ineficiente del recurso hídrico contribuye al agotamiento de acuíferos, contaminación por agroquímicos y degradación del suelo.

En Sinaloa, la situación es particularmente grave:

- La sobreexplotación de acuíferos para riego pone en riesgo la disponibilidad de agua a largo plazo.
- El uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y pesticidas contamina mantos acuíferos y afecta ecosistemas como el Mar de Cortés.
- El cambio climático incrementa la frecuencia e intensidad de sequías, reduciendo aún más la disponibilidad de agua para los cultivos.
- Los pequeños y medianos productores, que constituyen la mayoría en la región, son los más vulnerables a esta crisis y los que tienen menor acceso a tecnologías de optimización.

Soluciones actuales de IA y su efectividad

Existen actualmente diversas soluciones de IA para la optimización del riego y la reducción de agroquímicos:

- **Sistemas automatizados de riego** que regulan la aplicación de agua en función de datos climáticos y de humedad del suelo .
- **Plataformas como la alianza Microsoft-Kilimo**, que han logrado ahorros de hasta el 13% de agua en regiones con escasez .
- **Gemeos digitales** para simular y optimizar escenarios de riego .
- **Innovaciones en riego por goteo automatizado, aspersión con sensores y riego subterráneo controlado por IA** .

Sin embargo, como se ha documentado en el análisis de brechas, estas soluciones tienen limitaciones significativas: alto costo, necesidad de conectividad, complejidad técnica y falta de adaptación al contexto de pequeños productores.

Solución propuesta: "Sistema Riego Inteligente"

Se propone el desarrollo de un **sistema integral, modular, de bajo costo y fácil uso** que combine:

1. **Sensores IoT de bajo costo:** Diseñados específicamente para las condiciones de Sinaloa, que midan humedad del suelo, temperatura, y conductividad eléctrica (indicador de salinidad y contenido de fertilizantes).
2. **Drones comunitarios:** Un programa de drones cooperativos donde una unidad móvil equipada con cámaras multiespectrales sobrevuelo periódicamente las parcelas de los productores asociados, generando mapas de estrés hídrico y nutricional.
3. **Plataforma móvil offline-first:** Una aplicación para teléfonos inteligentes que:
 - Funcione sin conexión a internet, sincronizando datos cuando haya conectividad disponible.
 - Ofrezca una interfaz sencilla e intuitiva, con gráficos fáciles de interpretar.
 - Proporcione recomendaciones personalizadas en lenguaje simple: "Hoy, tu parcela necesita 2 horas de riego en la sección norte" o "Es momento de aplicar fertilizante solo en las áreas amarillas del mapa".
4. **Modelos predictivos de IA:** Algoritmos entrenados con datos locales (clima, suelo, cultivos) que:
 - Pronostiquen necesidades de riego a 7 y 15 días vista.
 - Detecten tempranamente síntomas de plagas o enfermedades mediante análisis de imágenes.
 - Generen mapas de prescripción para aplicación variable de fertilizantes.
5. **Modelo cooperativo de datos:** Los datos anonimizados de todos los usuarios se agregan para mejorar continuamente los modelos, creando un círculo virtuoso donde la comunidad se beneficia de la información que genera, sin perder su propiedad individual.

Impacto potencial de la solución en el medio ambiente

La implementación de este sistema podría generar los siguientes impactos positivos:

1. **Reducción del consumo de agua:** Se estima un ahorro potencial del 20-30% en el uso de agua para riego mediante la aplicación precisa basada en datos reales de humedad y predicciones climáticas . Esto contribuiría a frenar el agotamiento de acuíferos y aliviar la presión sobre las presas.

2. **Disminución de la contaminación por agroquímicos:** La optimización en la aplicación de fertilizantes podría reducir entre un 20-30% la lixiviación de nitratos hacia los mantos acuíferos, protegiendo la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos .
3. **Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero:** Un riego más eficiente implica menor consumo de energía para bombeo, y una aplicación precisa de fertilizantes reduce las emisiones de óxido nitroso, un potente gas de efecto invernadero .
4. **Mejora de la salud del suelo:** La aplicación variable de insumos evita la acumulación de sales y productos químicos, preservando la biodiversidad del suelo y su capacidad productiva a largo plazo.
5. **Protección de la biodiversidad:** Al reducir la escorrentía de agroquímicos hacia ríos y el Mar de Cortés, se protegen los ecosistemas marinos y costeros, así como la biodiversidad asociada.
6. **Fortalecimiento de la resiliencia climática:** Una mejor gestión del agua y los cultivos aumenta la capacidad de los productores para enfrentar sequías y fenómenos climáticos extremos.
7. **Democratización de la tecnología:** Al hacer accesible la IA a pequeños y medianos productores, se contribuye a cerrar la brecha digital y a promover una agricultura más sostenible desde las bases.

AGENDA

La siguiente agenda presenta la planificación de actividades para el desarrollo del proyecto de investigación, distribuidas en 8 semanas. Este cronograma permitirá organizar el trabajo de manera eficiente y cumplir con los plazos establecidos.

| Semana | Actividades | Productos esperados |
|----------|--|--|
| Semana 1 | <ul style="list-style-type: none">• Selección y delimitación del tema.• Revisión bibliográfica inicial sobre IA en agricultura de precisión y problemáticas ambientales.• Definición preliminar de objetivos generales y específicos.• Planificación detallada de actividades y cronograma. | <ul style="list-style-type: none">• Tema delimitado y aprobado.• Objetivos preliminares definidos.• Cronograma de trabajo establecido. |
| Semana 2 | <ul style="list-style-type: none">• Búsqueda sistemática de fuentes académicas, artículos científicos, estudios de caso y proyectos existentes.• Recopilación de información sobre aplicaciones de IA en control de contaminación (aire, agua y suelo).• Organización y clasificación de las fuentes encontradas. | <ul style="list-style-type: none">• Base de datos de fuentes bibliográficas.• Primer borrador del apartado de control de contaminación. |
| Semana 3 | <ul style="list-style-type: none">• Investigación sobre aplicaciones de IA en mitigación del cambio climático (predicción climática, energías renovables, eficiencia energética).• Recopilación de información sobre conservación de biodiversidad y gestión de residuos.• Identificación de casos de éxito y proyectos relevantes a nivel internacional y nacional. | <ul style="list-style-type: none">• Información organizada sobre los cuatro ejes temáticos.• Borradores de los apartados de cambio climático, biodiversidad y residuos. |
| Semana 4 | <ul style="list-style-type: none">• Análisis y diagnóstico:<ul style="list-style-type: none">- Evaluación de los desafíos actuales en la implementación de IA en agricultura de precisión. | <ul style="list-style-type: none">• Apartado de desafíos, efectividad y brechas desarrollado. |

| Semana | Actividades | Productos esperados |
|----------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Análisis crítico de la efectividad de las soluciones existentes. - Identificación de brechas tecnológicas, económicas, sociales y de equidad. - Contextualización de hallazgos en el escenario de Sinaloa y México. <p>• Desarrollo de propuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definición del problema ambiental específico a abordar. - Diseño conceptual del "Sistema RiegoInteligente+ Sinaloa". - Descripción de componentes: sensores IoT, drones comunitarios, plataforma móvil, modelos predictivos y modelo cooperativo de datos. - Evaluación del impacto potencial de la solución en el medio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de contexto regional completado. |
| Semana 5 | | <ul style="list-style-type: none"> • Propuesta de solución completamente desarrollada. • Estimación de impactos ambientales esperados. |
| Semana 6 | <p>• Preparación del documento escrito:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redacción de introducción, objetivos, justificación y alcance (ajustes finales). - Integración de todos los apartados del desarrollo. - Redacción de conclusiones. - Incorporación de citas y referencias bibliográficas en formato APA. - Revisión de ortografía, redacción y estilo. | <ul style="list-style-type: none"> • Documento completo en versión borrador. • Referencias bibliográficas correctamente citadas. |
| Semana 7 | <p>• Creación de presentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de diapositivas para exposición oral. - Síntesis de los puntos clave: introducción, objetivos, desarrollo (aplicaciones de IA), desafíos, propuesta e impactos. - Incorporación de ayudas visuales: gráficos, | <ul style="list-style-type: none"> • Presentación en PowerPoint/Canva. • Guión o notas para la exposición. |

| Semana | Actividades | Productos esperados |
|----------|---|---|
| Semana 8 | <p>tablas, imágenes y diagramas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparación de notas para la exposición. • Práctica y refinamiento: - Ensayo de la presentación. - Recepción de retroalimentación de compañeros o asesor. - Ajustes finales a la presentación y al documento. - Preparación final para entrega y exposición. - Entrega de documento final y presentación. | <ul style="list-style-type: none"> • Documento final listo para entrega. • Presentación final ajustada. • Exposición oral preparada. |

CONCLUSIÓN

La presente investigación ha permitido analizar en profundidad el papel transformador de la inteligencia artificial en la agricultura de precisión y su impacto en la mitigación de los problemas ambientales derivados de las prácticas agrícolas intensivas.

Los hallazgos demuestran que las soluciones de inteligencia artificial existentes han alcanzado niveles notables de efectividad en múltiples frentes. En el control de la contaminación, los sistemas basados en IA permiten monitorear en tiempo real la calidad del aire, el agua y el suelo, detectando contaminantes con una precisión superior a los métodos tradicionales y facilitando intervenciones tempranas.

La brecha digital en zonas rurales, el alto costo inicial de los equipos, la falta de capacitación técnica y la preocupación por la propiedad de los datos constituyen barreras reales que impiden que los pequeños y medianos productores accedan a los beneficios de la agricultura inteligente. Estas limitaciones no son meramente técnicas, sino que tienen profundas implicaciones sociales y económicas que, de no abordarse, podrían profundizar las desigualdades existentes en el campo.

La propuesta del "**Sistema Riego Inteligente**" para pequeños y medianos productores en Sinaloa surge precisamente del diagnóstico de estas brechas. Al combinar sensores IoT de bajo costo, drones comunitarios, una plataforma móvil con capacidad offline y modelos predictivos entrenados con datos locales, se ofrece una alternativa viable, accesible y contextualizada que podría generar impactos ambientales significativos: una reducción del 20-30% en el consumo de agua, una disminución equivalente en la lixiviación de nitratos hacia los mantos acuíferos, y una menor emisión de gases de efecto invernadero asociados al bombeo y la fertilización.

REPOSITORIO

<https://github.com/MariaannRamirez/Topicos-de-IA>

REFERENCIAS

1. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2025). *Emplean inteligencia artificial para predecir interacciones entre plantas en ecosistemas poco estudiados.* <http://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/emplean-inteligencia-artificial-para-predecir-interacciones-entre-plantas-en-ecosistemas-poco-estudiados>
2. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2025). *Un nuevo método basado en inteligencia artificial predice el papel del cambio climático en las olas de calor.* Agencia SINC. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Aurora-la-IA-que-puede-revolucionar-las-predicciones-meteorologicas>
3. Foro Económico Mundial. (2024). *formas en que la IA ayuda a combatir el cambio climático.* <https://es.weforum.org/stories/2024/02/9-formas-en-que-la-ia-ayuda-a-combatir-el-cambio-climatico/>
4. Foro Económico Mundial. (2025). *Cómo la IA puede ayudar a reducir la contaminación del aire urbano.* <https://es.weforum.org/stories/2025/04/como-la-ia-puede-ayudar-a-reducir-la-contaminacion-urbana/>
5. Foro Económico Mundial. (2026). *Cómo la IA posibilita la inteligencia agrícola y está revolucionando la agricultura.* <https://es.weforum.org/stories/2025/04/como-la-ia-puede-ayudar-a-reducir-la-contaminacion-urbana/>
6. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2024). *La IA plantea problemas ambientales: esto es lo que el mundo puede hacer.* https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-ia-plantea-problemas-ambientales-esto-es-lo-que-el-mundo-puede_21/09/2024
7. Google Sustainability. (s.f.). *Harnessing AI to accelerate the SDGs.* <https://sustainability.google/intl/es-419/stories/harnessing-ai-to-accelerate-sdgs/>
8. Agencia SINC. (2025). *Aurora: la IA que puede revolucionar las predicciones meteorológicas.* <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Aurora-la-IA-que-puede-revolucionar-las-predicciones-meteorologicas>
9. CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada). (s.f.). *Agricultura de precisión e inteligencia artificial.* <https://www.ciqa.mx/AgriculturalA.aspx>

10. Commercial UAV News. (2023). *Inteligencia Artificial en Agricultura de Precisión*. <https://commercialuavnews.com/agriculture/inteligencia-artificial-en-agricultura-de-precision>
11. Cubo, M. (2024). *Tecnología sostenible: innovaciones para un futuro más verde*. DocuSign. <https://www.docusign.com/es-mx/blog/tecnologia-sostenible>
12. ERA BioSoluciones. (s.f.). *Soluciones innovadoras para la gestión de derrames y remediación de suelos: el poder de la IA y la biotecnología*. <https://www.erabiosoluciones.com/post/soluciones-innovadoras-para-la-gesti%C3%B3n-de-derrames-y-remediaci%C3%B3n-de-suelos-el-poder-de-la-ia-y-el-m>
13. Haz Revolución. (2024). *Cómo la inteligencia artificial ayuda a cuidar el medio ambiente*. <https://hazrevista.org/innovacion-social/2024/02/como-inteligencia-artificial-ayuda-cuidar-medio-ambiente/>
14. Innovation Hub. (2024). *IA y medio ambiente: tecnologías para reducir la contaminación*. <https://www.innovation-hub.com/es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia-reducir-contaminacion/>
15. Innovation Hub. (2024). *Inteligencia artificial aplicada a la gestión del agua*. <https://www.innovation-hub.com/es/agua/ia-medioambiente/>
16. Milenio / Financial Times. (2025). *Inteligencia artificial revoluciona el pronóstico del clima*. https://www.milenio.com/negocios/financial-times/inteligencia-artificial-revoluciona-pronostico-del-clima_2
17. Peña Zerpa, M. (2024). *Uso de inteligencia artificial (IA) y big data en monitoreo de calidad del agua*. <https://www.iagua.es/blogs/mixzaida-peña-zerpa/uso-inteligencia-artificial-ia-y-big-data-monitoreo-calidad-agua>
18. Residuos Profesional. (2024). *Biosensor con IA para medir contaminación del agua*. <https://www.residuosprofesional.com/biosensor-ia-medir-contaminacion-agua/>
19. Smarkia. (2023). *aplicaciones de la IA en la gestión energética*. <https://smarkia.com/blog/5-aplicaciones-de-la-ia-en-la-gestion-energetica/>
20. smowl.net. (2024). *Impacto ambiental de la IA: desafíos y oportunidades*. <https://smowl.net/es/blog/impacto-ambiental-ia/>

21. Syngenta México. (s.f.). *Agricultura de precisión e inteligencia artificial.* <https://www.syngenta.com.mx/agricultura-de-precision-e-inteligencia-artificial>
22. Telefónica. (2024). *Tecnología y medio ambiente: la lucha entre daños y beneficios.* (Yanina Chalup, 23/02/2024). <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/tecnologia-medio-ambiente-lucha-entre-danos-beneficios/>
23. Universidad Anáhuac. (2024). *tecnologías que ayudan a frenar el cambio climático.* <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/5-tecnologias-que-ayudan-a-frenar-el-cambio-climatico>
24. Universidad Anáhuac Mérida. (2024). *Inteligencia artificial y energías renovables.* <https://merida.anahuac.mx/think/inteligencia-artificial-y-energias-renovables>
25. Celestial Dynamics. (s.f.). *Inteligencia artificial en la conservación ambiental.* <https://celestaldynamics.io/inteligencia-artificial-en-la-conservacion-ambiental/>
26. Cuerva Energía. (2024). *Inteligencia artificial en energías renovables.* <https://cuervaenergia.com/es/comunidad/sostenibilidad/inteligencia-artificial-en-energias-renovables/>
27. Greyparrot. (s.f.). *AI-powered waste analytics.* <https://greyparrot.ai/>
28. Infobae. (2024). *Científicos argentinos crearon sensores con inteligencia artificial para monitorear la calidad del aire.* <https://www.infobae.com/salud/ciencia/2024/12/21/cientificos-argentinos-crearon-sensores-con-inteligencia-artificial-para-monitorear-la-calidad-del-aire/>
29. Kilimo. (s.f.). *Microsoft y Kilimo: inteligencia artificial para un riego más eficiente en Chile.* <https://kilimo.com/microsoft-y-kilimo-inteligencia-artificial-para-un-riego-mas-eficiente-en-chile/>
30. Recycleye. (s.f.). *La IA y el reconocimiento de residuos: por qué funciona tan bien.* <https://recycleye.com/>
31. Sigma Earth. (2024). *Sistemas de IA para la monitorización de la calidad del aire en tiempo real.* <https://sigmaearth.com/es/Sistemas-de-IA-para-la-monitorizaci%C3%B3n-de-la-calidad-del-aire-en-tiempo-real/>

32. *Inteligencia artificial y cambio climático.*
<https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/inteligencia-artificial-cambio-climatico/>
33. STD Desarrollo Sostenible. (2024). *Un modelo de IA de código abierto para la predicción del clima y el tiempo.* <https://stdd.es/un-modelo-de-ia-de-codigo-abierto-para-la-prediccion-del-clima-y-el-tiempo/>
34. TechBioTrends. (2024). *Sensores con inteligencia artificial para monitorear la calidad del aire: un avance significativo para la salud ambiental.* <https://techbiotrends.com/biotecnologia/sensores-con-inteligencia-artificial-para-monitorear-la-calidad-del-aire-un-avance-significativo-para-la-salud-ambiental/>
35. UNOTV. (2024). *IA ayuda a predecir especies en peligro de extinción.* <https://www.unotv.com/ciencia-y-tecnologia/ia-ayuda-a-predecir-especies-en-peligro-de-extincion/>
36. *Innovación en IA para conservación de especies amenazadas.* <https://arxiv.org/html/2503.14543v2>
37. Atria Innovation. (2024). *Inteligencia artificial aplicada a la clasificación de residuos.* <https://atriainnovation.com/blog/inteligencia-artificial-aplicada-a-la-clasificacion-de-residuos/>
38. CIP (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado). (2025). *Inteligencia artificial y energías renovables* [Libro]. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2025/febrero/portal/Libro-inteligencia-artificial-y-energias-renewables.pdf>
39. Editorial GE. (2025). *Agricultura de precisión en Latinoamérica 2025.* <https://es.editorialge.com/agricultura-de-precision-latinoamerica-2025/>
40. Instituto Politécnico Nacional. (2024). *Sistema politécnico de riego basado en inteligencia artificial genera agricultura sustentable.* Conversus. <https://www.ipn.mx/ddicyt/conversus/agencia-conversus/sistema-politecnico-de-rieo-basado-en-inteligencia-artificial-genera-agricultura-sustentable.html>
41. Plástico.com. (2024). *Uso de la inteligencia artificial para optimizar el reciclaje mecánico de plásticos.* <https://www.plastico.com/es/noticias/uso-de-la-inteligencia-artificial-para-optimizar-el-reciclaje-mecanico-de-plasticos>
42. Pontificia Universidad Católica del Perú. (2024). *La inteligencia artificial: ¿aliada o enemiga del medio ambiente?.* Clima de Cambios.

<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-inteligencia-artificial-aliada-o-enemiga-del-medioambiente/>

43. Syntetica. (2024). *Innovación IA en conservación de especies amenazadas.* https://syntetica.ai/blog/blog_article/innovacion-ia-en-conservacion-de-especies-amenazadas
44. Tec de Monterrey. (2024). *Agricultura optimizada: alumnos crean sistema de riego.* Conecta. <https://conecta.tec.mx/es/noticias/sonora-norte/sostenibilidad/agricultura-optimizada-alumnos-crean-sistema-de-riego>
45. Universidad de San Andrés. (2024). *Detección automatizada de especies en riesgo con inteligencia artificial.* <https://udesa.edu.ar/noticias/deteccion-automatizada-de-especies-en-riesgo-con-inteligencia-artificial>
46. Asistencia Técnica Medioambiental en Suelos. (s.f.). *Cómo ayuda la inteligencia artificial en la contaminación de suelos.* <https://asistenciamedioambientalensuelos.es/como-ayuda-la-inteligencia-artificial-en-la-contaminacion-de-suelos/>
47. ACS Recycling. (2024). *IA en RAEE: reciclaje electrónico.* <https://acsrecycling.es/ia-en-raee-reciclaje-electronico/>