RESOLUCIÓN DE VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA N° 172-2026-UNF-VPAC

Sullana, 24 de agosto de 2026

VISTOS:

Oficio N° 1431-2026-UNF-VPAC/DGSA de fecha 21 de agosto de 2026, Informa N° 128-2026-UNF-VPAC/DGSA-UGA de fecha 17 de agosto de 2026, Resolución de Vicepresidencia Académica N° 114-2026- UNF/VPAC, de fecha 04 de julio de 2026, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 18 de la Constitución Política del Perú, establece que, *"Cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes".*

Que, mediante Ley N° 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8° de la Ley Universitaria N° 30220, establece que la autonomía, inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, conforme a la RVM Nº 244-2021-MINEDU que resuelve aprobar el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en su numeral 6.1.1, la Comisión Organizadora se encuentra integrada por un Presidente y dos Vicepresidentes, encargados de dirigir y ejecutar las políticas en los ámbitos académico y de investigación respectivamente; y en su numeral 6.1.4 Funciones de la Comisión Organizadora: Las funciones de la Comisión Organizadora son las siguientes:... *(g) Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que, mediante Resolución de Presidencia de Comisión Organizadora N° 198-2025-UNF/PCO, de fecha 13 de octubre de 2025, se resuelve la Formalización de la emisión de Resoluciones Vicepresidenciales, el alcance de las Resoluciones Vicepresidenciales, la elevación

de expedientes a la Comisión Organizadora, el procedimiento de elevación, el reconocimiento de la responsabilidad técnica y supervisión y ejecución.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 916-2024-UNF/CO, de fecha 28 de octubre de 2024, se actualizó el Reglamento de Organización y Funciones de la Universidad Nacional de Frontera (ROF-UNF), el cual establece lo siguiente:

> *Artículo 13°. Vicerrectorado Académico*
> *El Vicerrectorado Académico es el órgano de dirección encargado de proponer y promover las políticas y normas académicas de formación integral; y, de organizar, programar, ejecutar y controlar el desarrollo de la actividad académica a través de los órganos de línea dependientes, en concordancia con las directivas impartidas por el Rector.*
>
> *CAPÍTULO VI*
> *06. DE LOS ÓRGANOS DE LÍNEA*
> *Constituyen órganos de línea de la UNF los siguientes:*
> *...()*
> *06.7 Dirección de Gestión y Servicios Académicos*
> *06.7.1 Unidad de Gestión Académica*
>
> *Artículo 113° Unidad de Gestión Académica*
> *La Unidad de Gestión Académica es la unidad de organización de la Dirección de Gestión y Servicios Académicos encargada de planificar, dirigir, coordinar y monitorear el desarrollo de la gestión académica de la Universidad.*
>
> *Artículo 114° Funciones de la Unidad de Gestión Académica*
> *114.4 Formular, proponer, coordinar y ejecutar el Plan de Capacitación Docente de la universidad.*

Que mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 207-2026- UNF/CO, de fecha 16 de abril de 2026, se resolvió aprobar el **Plan de Capacitación Docente de la UNF 2026** dirigido a los docentes de la Universidad Nacional de Frontera; encargando la ejecución, gestión y operatividad a la Unidad de Gestión Académica de la Universidad Nacional de Frontera, en atención que la capacitación permanente del personal docente constituye un eje fundamental para garantizar la calidad del servicio educativo universitario, en concordancia con los principios de mejoramiento continuo, innovación pedagógica y responsabilidad social universitaria previstos en la Ley Universitaria N° 30220.

Que mediante Resolución de Vicepresidencia Académica Nº 114-2026-UNF-VPAC de fecha 04 de julio de 2026 se resolvió **APROBAR,** el **Plan de Trabajo del Curso de Capacitación Docente** denominado: ***"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",***

presentado por la Unidad de Gestión Académica, en el marco del Plan de Capacitación Docente de la UNF 2026.

Que mediante Informe N° 128-2026-UNF-VPAC/DGSA-UGA de fecha 17 de agosto de 2026, la Jefa de la Unidad de Gestión Académica de la Universidad Nacional de Frontera solicita al Jefe de la Dirección de Gestión y Servicios Académicos la aprobación del **Informe Final del curso de capacitación docente denominado: "*Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** mediante acto resolutivo correspondiente con emisión de certificados de acuerdo al anexo que adjunto.

Que con Oficio N° 1431-2026-UNF-VPAC/DGSA de fecha 21 de agosto de 2026 el Jefe de la Dirección de Gestión y Servicios Académicos adjunta el Informe Técnico para la aprobación del Informe Final del Curso de Capacitación Docente denominado: ***"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, en el marco de la ejecución **del Plan de Capacitación Docente de la UNF 2026.**

Que, mediante el Informe Final del Curso de Capacitación Docente denominado ***"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, se acredita la ejecución de las actividades académicas programadas conforme al Plan de Trabajo aprobado, verificándose el cumplimiento de los objetivos, metas y resultados previstos, así como la participación de los docentes en el proceso de fortalecimiento de sus competencias profesionales, el cual permitió fortalecer conocimientos y capacidades.

Que, la formación permanente del personal docente constituye un eje estratégico para el fortalecimiento de la calidad académica, al favorecer la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje, el acompañamiento integral del estudiante y el cumplimiento de los estándares de aseguramiento de la calidad promovidos por la Universidad; por lo cual, habiéndose acreditado la ejecución de las actividades programadas y la presentación del Informe Final correspondiente, resulta procedente aprobar el **Informe Final del Curso de Capacitación Docente denominado *"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera. Haciendo hincapié que la aprobación de este Plan de Trabajo cuenta con el respaldo de los informes emitidos por la dirección y unidad competente, los cuales lo avalan técnica y académicamente.

Que, de conformidad al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la Constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria Nº 30220, el TUO de la Ley de Procedimiento Administrativo General Ley N° 27444, la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y la Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – APROBAR, el Informe Final del Curso de Capacitación Docente denominado: ***"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, presentado por la Unidad de Gestión Académica de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - AUTORIZAR la emisión de certificados del Curso de Capacitación Docente denominado: ***"Inteligencia Artificial aplicada a la Ingeniería Ambiental",*** en mérito a lo aprobado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.

Universidad Nacional de Frontera
Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez
VICEPRESIDENTE ACADÉMICO DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

CC/Archivo
AICCH/Esp.VPAC

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA

UNIDAD DE GESTIÓN ACADÉMICA

INFORME FINAL

Curso de Capacitación:

"INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA INGENIERIA AMBIENTAL"

2026

Sullana – Piura.

I. INTRODUCCIÓN:

En la actualidad, la ingeniería ambiental enfrenta desafíos cada vez más complejos debido al cambio climático, la rápida urbanización, la escasez de recursos hídricos y el incremento de la contaminación a escala global. Ante este escenario, la gestión tradicional de los recursos y la evaluación de impactos ambientales requieren una transformación digital que permita procesar grandes volúmenes de datos (Big Data) con mayor precisión y velocidad.

La Inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje Automático (Machine Learning) se han consolidado como herramientas disruptivas capaces de transformar la toma de decisiones en el sector ambiental. Desde la predicción de la calidad del aire y el agua hasta el monitoreo satelital de la deforestación y la optimización en la gestión de residuos sólidos, la IA ofrece soluciones innovadoras que superan las limitaciones de los métodos analíticos convencionales.

El presente informe final documenta el desarrollo y los resultados del curso de capacitación *"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental",* concebido como una respuesta directa a la necesidad de actualizar y dotar a los profesionales del sector con competencias técnico-prácticas en tecnologías exponenciales. A través de este programa, se buscó cerrar la brecha entre la ciencia de datos y la práctica ingenieril, fomentando un enfoque basado en datos (Data-Driven) para el diseño de soluciones sostenibles y eficientes en la protección ambiental.

Por lo tanto, la realización de este curso no solo satisface una necesidad de formación del personal docente, sino que también es un paso estratégico que está en línea con las metas institucionales de la UNF y con las exigencias de acreditación, licenciamiento y autoevaluación. De este modo, se ayuda a robustecer una educación superior que sea pertinente, inclusiva y de calidad, enfocada en formar profesionales capacitados, críticos y dedicados al progreso sostenible de la sociedad. Tiene como deberes fomentar y mejorar la calidad de los procesos académicos. Esto se logra mediante el impulso de programas formativos que ayuden a desarrollar habilidades específicas en alumnos y profesores, además del fortalecimiento tanto de las investigaciones académicas como las aplicadas.

II. PARTICIPANTES, ORGANIZADORES, EJECUTORES Y RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL CURSO DE CAPACITACIÓN.

El Curso de Capacitación denominado *"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental"*, estuvo dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales (FIIAB) de la Universidad Nacional de Frontera, el cual fue aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 114-2026-UNF/CO.

Este curso estuvo a cargo de la Unidad de Gestión Académica, la cual fue la responsable técnica y administrativa. Cabe mencionar que este evento académico forma parte del Plan de Capacitación Docente 2026 de la Universidad Nacional de Frontera, aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 207-2026-UNF/CO.

2.1. ORGANIZADORES:

- Mg. Daniel Francisco Castro Navarrete
- Mg. Zoila Beatriz Zeta Eche
- Mg. Greysi Carolina Calva Moscoso
- Blgo. Likny Andrade Ríos
- Ing. Pedro Miguel Mauricio Mera
- Lic. Mariela Giovanna Murguía Panta

2.2. PÚBLICO OBJETIVO:

La población objetivo del Curso de Capacitación **"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental** "dirigido a los docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera.

2.3. OBJETIVOS

2.4. OBJETIVO GENERAL

Capacitar a los participantes en los fundamentos, metodologías y aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial, para que sean capaces de integrar estas herramientas tecnológicas en la ingeniería ambiental; permitiéndoles analizar datos complejos, desarrollar modelos predictivos, optimizar procesos de gestión ambiental y diseñar soluciones innovadoras, eficientes y sostenibles, adaptadas a los retos locales y nacionales en materia de conservación, mitigación de impactos y uso racional de los recursos naturales.

III. Desarrollo del Curso:

3.1. Denominación:

El curso fue denominado **"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental"**, el cual estuvo dividido en 7 sesiones: se desarrolló en modalidad virtual contribuyendo al fortalecimiento del proceso de capacitación docente, permitiendo mayor accesibilidad, flexibilidad horaria y optimización de recursos institucionales.

IV. CRONOGRAMA:

UNIDAD I: Monitoreo ambiental

- ✓ Uso de sensores y drones equipados con IA para monitorear la calidad del aire, agua y suelo en tiempo real.
- ✓ Modelos predictivos para anticipar eventos de contaminación o desastres naturales.

UNIDAD II: Gestión de recursos hídricos

- ✓ Algoritmos de machine learning para predecir sequias, gestionar sistemas de riego y optimizar la distribución de agua potable.
- ✓ Identificación de fugas en sistemas de agua mediante análisis de datos.

UNIDAD III: Cambio climático

- ✓ Modelos climáticos avanzados para predecir patrones de temperatura, precipitaciones y eventos extremos.
- ✓ Optimización de estrategias de mitigación y adaptación basadas en simulaciones.

UNIDAD IV: Residuos sólidos y reciclaje

- ✓ Sistemas de visión artificial para clasificar residuos en plantas de reciclaje.
- ✓ Optimización logística para la recolección y tratamiento de desechos.

UNIDAD V: Energías renovables

- ✓ Pronóstico de generación de energía solar y eólica basado en datos meteorológicos.
- ✓ Optimización del diseño de sistemas renovables mediante simulaciones basadas en IA.

UNIDAD VI: Biodiversidad y conservación.

- ✓ Diseño de un experimento o evaluación de impacto.
- ✓ Presentación e interpretación de resultados.
- ✓ Discusión de implicancias para políticas públicas o empresariales.

UNIDAD VII: Ordenamiento territorial y planificación urbana.

- ✓ Modelos basados en IA para evaluar el impacto ambiental de proyectos urbanos.
- ✓ Simulación de escenarios para desarrollar ciudades más sostenibles (Smart Cities).

V. DESARROLLO DE LOS TEMAS

5.1 Monitoreo Ambiental:

5.1.1 Uso de sensores y drones equipados con IA para monitorear la calidad del aire, agua y suelo en tiempo real.

La combinación de drones, sensores IoT e Inteligencia Artificial permite monitorear de forma dinámica y precisa las tres matrices ambientales clave (aire, agua y suelo), superando las limitaciones del muestreo manual tradicional.

a) Monitoreo de Calidad del Aire:

- ✓ **Sensores utilizados:** Contadores ópticos de partículas (OPC), detectores electroquímicos y espectrómetros infrarrojos no dispersivos (NDIR).
- ✓ **Parámetros:** Material particulado (PM {2.5}, PM {10}), gases contaminantes (NO2, SO2, CO2, O3) y compuestos orgánicos volátiles (COVs).
- ✓ **Rol de la IA:** Algoritmos de aprendizaje automático (redes LSTM) corrigen la deriva de temperatura/humedad en los sensores y construyen mapas dinámicos de dispersión en 3D para identificar fuentes de emisión ilegales.

b) Monitoreo de Calidad del Agua:

- ✓ **Sensores utilizados:** Sondes multiparamétricas, sensores ópticos de fluorescencia y cámaras hiperespectrales montadas en drones o boyas autónomas.
- ✓ **Parámetros:** Oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura, metales pesados y clorofila-a (indicador de microalgas nocivas).
- ✓ **Rol de la IA:** Visión por computadora analizan la reflectancia multiespectral para detectar contaminantes invisibles, vertidos tóxicos o eutrofización antes de que sean visibles a simple vista.

c) Monitoreo de Calidad del Suelo:

- ✓ **Sensores utilizados:** Sensores FDR/TDR (reflectometría en el dominio del tiempo), electrodos selectivos de iones y cámaras térmicas e infrarrojas cercanas (NIR).
- ✓ **Parámetros:** Humedad, salinidad, pH, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), e hidrocarburos o metales pesados.
- ✓ **Rol de la IA:** Análisis de datos radiométricos e imágenes de dron mediante Random Forest para mapear la degradación, salinización y compactación del suelo a gran escala.

5.1.2 Modelos predictivos para anticipar eventos de contaminación o desastres naturales.

Los modelos predictivos impulsados por Inteligencia Artificial y Machine Learning analizan datos históricos, lecturas meteorológicas y registros en tiempo real para anticipar escenarios críticos antes de que se produzcan.

a) Tipos de Modelos Predictivos y sus Aplicaciones:

- ✓ **Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y LSTM (Long Short-Term Memory):** Especializadas en datos temporales secuenciales. Se usan para predecir picos de contaminación del aire a 24-72 horas vista cruzando emisiones industriales, tráfico y condiciones climáticas.
- ✓ **Visión por Computadora y Redes Convolucionales (CNN):** Procesan datos espaciales e imágenes de satélite o dron. Se utilizan para la detección temprana de incendios forestales e identificación de focos de sequía o deforestación acelerada.
- ✓ **Algoritmos Ensemble (Random Forest, XGBoost):** Procesan múltiples variables fisicoquímicas y topográficas. Se emplean para predecir desbordamientos de ríos e inundaciones mediante el cálculo de capacidad de absorción del suelo y tasa de precipitación.
- ✓ **Modelos Hidrodinámicos y de Dispersión Atmosférica:** Simulan el transporte de fluidos y gases. Anticipan la propagación de derrames de petróleo o toxinas en agua, así como la dirección de plumas químicas en el aire.

b) Flujo de Funcionamiento del Sistema Predictivo:

- ✓ **Ingesta Multi-fuente:** Recopilación continua de datos desde satélites, boyas marinas, drones, estaciones meteorológicas y sensores de suelo/aire.
- ✓ **Procesamiento y Limpieza:** Detección de anomalías en tiempo real para descartar lecturas erróneas de los sensores.
- ✓ **Simulación de Escenarios:** Ejecución de modelos de Machine Learning para calcular probabilidades de eventos adversos.
- ✓ **Alerta Temprana e Inferencia:** Activación de protocolos automatizados de respuesta (evacuación, corte de emisiones en fábricas o cierre de captaciones de agua).

5.2 Gestión de recursos hídricos

5.2.1 Algoritmos de Machine Learning para predecir sequias, gestionar sistemas de riego y optimizar la distribución de agua potable.

Los algoritmos de Machine Learning optimizan la gestión hídrica mediante tres enfoques clave: predicción climática de largo plazo (sequías), control operativo de precisión (riego) e ingeniería de redes de suministro (agua potable).

a) Predicción de Sequías: Analizan patrones meteorológicos, índices satelitales y series temporales históricas para anticipar déficits hídricos con semanas o meses de antelación.

- ✓ **Random Forest y XGBoost:** Procesan variables como evapotranspiración, temperatura superficial del suelo, precipitación y humedad para calcular índices estandarizados de sequía como el **SPI** (Standardized Precipitation Index) y el **SPEI** (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index).

- ✓ **LSTM (Long Short-Term Memory):** Redes neuronales ideales para capturar dependencias temporales en el clima a largo plazo, prediciendo la reducción del caudal en cuencas hidrográficas.

b) Gestión Inteligente de Sistemas de Riego: Optimizan el uso del agua en la agricultura combinando datos de sensores de suelo (FDR/TDR) y proyecciones meteorológicas locales.

- ✓ **Aprendizaje por Refuerzo (Deep Q-Networks / PPO):** El modelo actúa como un agente autónomo que decide cuándo y cuánto regar para maximizar el rendimiento del cultivo minimizando el consumo de agua.
- ✓ **Redes Neuronales Convolucionales (CNN):** Procesan imágenes térmicas y multiespectrales capturadas por drones o satélites para medir el estrés hídrico de las plantas a nivel de parcela (Crop Water Stress Index - CWSI).

c) Optimización y Distribución de Agua Potable: Reducen las pérdidas por fugas y regulan la presión en las redes de distribución urbana en tiempo real.

- ✓ **Detección de Anomalías (Isolation Forests / Autoencoders):** Identifican variaciones atípicas de presión y flujo en las tuberías para localizar fugas no visibles en la infraestructura subterránea.
- ✓ **Algoritmos Genéticos y Programación Lineal:** Optimizan las rutas de bombeo y el llenado de tanques para reducir el consumo energético en las horas pico de demanda.
- ✓ **Modelos de Regresión (XGBoost / Prophet):** Predicen el consumo de agua por zonas urbanas en función del día de la semana, clima y eventos masivos.

5.2.2 Identificación de fugas en sistemas de agua mediante análisis de datos.

Utiliza algoritmos avanzados, modelos de aprendizaje automático y lectura de medidores inteligentes para detectar anomalías de presión o flujo en tiempo real, lo que reduce las pérdidas de agua y los costos operativos de las empresas de servicios públicos.

a) Datos Clave Analizados:

- ✓ **Caudal nocturno mínimo:** Se analiza el flujo en horas de menor consumo para hallar fugas constantes.
- ✓ **Presión de la red:** Caídas repentinas de presión indican roturas grandes o fugas ocultas.
- ✓ **Datos acústicos:** Sensores inteligentes graban el sonido del agua que escapa por las tuberías.
- ✓ **Sectores hidráulicos (DMA):** Se comparan los volúmenes de agua que entran y salen de una zona.

b) Tecnologías y Modelos:

- ✓ **Modelos estadísticos:** Detectan valores fuera de lo normal comparando el consumo actual con el histórico.

- ✓ **Inteligencia artificial (IA):** Redes neuronales aprenden el comportamiento normal de la red y avisan de cambios extraños.
- ✓ **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Ayudan a ubicar la tubería dañada en un mapa digital.

c) Beneficios Principales:

- ✓ **Ahorro de agua:** Evita la pérdida de recursos vitales antes de que el daño sea visible en la calle.
- ✓ **Reparación rápida:** Permite enviar cuadrillas de trabajo al lugar exacto con menor tiempo de búsqueda.
- ✓ **Menor gasto económico**: Baja los costos de energía por bombeo y evita multas o reparaciones mayores.

5.3 Cambio climático:

5.3.1 Modelos climáticos avanzados para predecir patrones de temperatura, precipitaciones y eventos extremos.

Simulaciones matemáticas de la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre basadas en leyes físicas. Utilizan supercomputadoras para proyectar cambios a largo plazo y eventos extremos como sequías, olas de calor y lluvias torrenciales con mayor resolución espacial y precisión que los modelos tradicionales.

a) Funcionamiento y Componentes:

- ✓ **Atmósfera y océanos:** Integran la interacción dinámica entre masas de aire y corrientes marinas.
- ✓ **Criosfera y biosfera:** Simulan el deshielo polar, glaciares y la respuesta de la vegetación al carbono.
- ✓ **Resolución mejorada:** Reducen la escala global a niveles regionales para detalles locales precisos.

b) Tecnologías de Apoyo:

- ✓ **Inteligencia artificial:** Acelera el procesamiento y reduce la incertidumbre en las proyecciones.
- ✓ **Datos satelitales:** Proveen asimilación de datos en tiempo real para calibrar las simulaciones.
- ✓ **Redes de supercomputación:** Permiten calcular escenarios socioeconómicos complejos de emisiones.

5.3.2 Optimización de estrategias de mitigación y adaptación basadas en simulaciones.

Las estrategias de mitigación y adaptación climática se optimizan integrando modelos de simulación predictiva (climática, hidrológica o urbana) con algoritmos de optimización matemática. Esto permite evaluar múltiples escenarios de riesgo a futuro y seleccionar intervenciones con la máxima relación costo-efectividad.

a) Fases del Proceso de Optimización:

- ✓ **Modelado de escenarios:** Simulación de trayectorias de cambio climático a mediano y largo plazo.
- ✓ **Evaluación de vulnerabilidad:** Identificación de puntos críticos en infraestructura y ecosistemas.
- ✓ **Algoritmos de decisión:** Aplicación de optimización multiobjetivo para equilibrar costos, impacto y resiliencia.
- ✓ **Monitoreo adaptativo:** Ajuste dinámico de las medidas según los resultados de las simulaciones en tiempo real.

5.4 Residuos sólidos y reciclaje:

5.4.1 Sistemas de visión artificial para clasificar residuos en plantas de reciclaje

Los sistemas de visión artificial combinados con inteligencia artificial escanean residuos en cintas transportadoras a gran velocidad. Identifican materiales, formas y colores mediante cámaras especializadas y activan brazos robóticos o sistemas neumáticos para separar con alta precisión plástico, papel, cartón y metal.

a) Componentes Principales:

- ✓ **Captura visual:** Cámaras 2D, 3D o hiperespectrales instaladas sobre las cintas para registrar textura, color y composición.
- ✓ **Procesamiento con IA:** Redes neuronales entrenadas con miles de imágenes para reconocer marcas, tipos de polímeros y nivel de suciedad.
- ✓ **Separación física:** Expulsores de aire comprimido o robots seleccionadores que desvían los objetos al contenedor correcto.

b) Ventajas Operativas:

- ✓ **Alta velocidad:** Analizan miles de ítems por minuto superando el rendimiento humano.
- ✓ **Mayor pureza:** Reducen la contaminación en los lotes reciclados por encima del 95% de precisión.
- ✓ **Operación continua:** Trabajan turnos prolongados sin fatiga ni pérdida de ritmo.
- ✓ **Optimización de datos:** Empresas como Recycleye o Picvisa usan estos sistemas para auditar la composición de la basura en tiempo real.

5.4.2 Optimización logística para la recolección y tratamiento de desechos.

La optimización logística en la gestión de residuos busca reducir costos operativos, minimizar el impacto ambiental y agilizar el traslado y procesamiento de los desechos. Esto se logra mediante la planificación inteligente de rutas, el uso de tecnologías de rastreo y la mejora en los puntos de acopio

a) Fases clave para la optimización:

- ✓ **Planificación de rutas:** Uso de sistemas de información geográfica (SIG) y algoritmos para trazar recorridos más cortos, evitando viajes innecesarios y reduciendo el consumo de combustible.
- ✓ **Recolección dinámica:** Implementación de sensores en contenedores para recolectar solo cuando sea necesario en lugar de seguir horarios fijos y vacíos.
- ✓ **Trazabilidad en tiempo real:** Aplicaciones móviles para que los conductores registren estados, incidentes y la ubicación exacta de la flota.
- ✓ **Tratamiento y valorización:** Selección eficiente en plantas de transferencia para separar materiales reciclables o valorizables antes de su disposición final.

5.5 Energías renovables

5.5.1 Pronóstico de generación de energía solar y eólica basado en datos meteorológicos.

El pronóstico de generación de energía solar y eólica utiliza modelos meteorológicos y de inteligencia artificial para anticipar la potencia eléctrica que producirán las plantas renovables. Estas predicciones transforman variables del clima en datos de energía para planificar la operación segura de las redes eléctricas.

a) Variables Meteorológicas:

- ✓ **Energía solar:** Se analizan la irradiación global horizontal y difusa, la temperatura ambiente, la nubosidad y la humedad.
- ✓ **Energía eólica:** Se evalúan la velocidad y dirección del viento, la presión atmosférica y la densidad del aire.

b) Fases del Modelo de Pronóstico:

- ✓ **Entrada de datos:** Captura de información de satélites, radares y modelos de predicción numérica del tiempo (NWP).
- ✓ **Ajuste local:** Corrección de los datos según la topografía del terreno, la rugosidad del suelo y la altura de los equipos.
- ✓ **Procesamiento analítico:** Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) para relacionar el clima con la potencia real de salida.

c) Horizontes Temporales:

- ✓ **Muy corto plazo (minutos a 6 horas):** Útil para el control automático de la red y la gestión de rampas de subida o bajada de potencia.
- ✓ **Corto y mediano plazo (6 a 24 horas):** Empleado en la programación de los mercados eléctricos y la asignación de reservas de energía.
- ✓ **Largo plazo (1 a 7 días):** Orientado al mantenimiento preventivo y la planificación general de la generación del sistema

5.5.2 Optimización del diseño de sistemas renovables mediante simulaciones basadas en IA.

La optimización mediante inteligencia artificial permite diseñar instalaciones de energía renovable (solar, eólica, híbridas) con mayor precisión, reduciendo costos

de capital (CAPEX) y operativos (OPEX) mientras se maximiza el rendimiento energético.

a) Áreas clave de aplicación:

- ✓ **Dimensionamiento óptimo (Sizing):** Algoritmos genéticos y redes neuronales procesan décadas de datos meteorológicos locales para determinar la capacidad exacta de paneles, turbinas y sistemas de almacenamiento por batería (BESS) necesarios sin incurrir en sobredimensionamiento.
- ✓ **Ubicación e inclinación de activos (Micrositing):** La IA evalúa la topografía, sombras dinámicas y estelas de viento mediante simulación CFD (Mecánica de Fluidos Computacional) acelerada para ubicar cada elemento en su posición de máxima eficiencia.
- ✓ **Predicción y simulación de escenarios:** Modelos de Machine Learning (ML) generan Gemelos Digitales (Digital Twins) que simulan el comportamiento del sistema ante variables climáticas extremas y patrones de demanda futura en tiempo real.
- ✓ **Gestión de red y microredes:** Modelos de aprendizaje por refuerzo (Reinforcement Learning) simulan el flujo de carga para optimizar el despacho energético y evitar la saturación de la red eléctrica.

5.6 Biodiversidad y conservación.

5.6.1 Diseño de un experimento o evaluación de impacto.

Diseñar una evaluación de impacto requiere aislar el efecto real de una intervención (programa, política pública o prueba de producto) frente a factores externos, utilizando un contrafactual (lo que habría ocurrido sin la intervención).

a) Definición del marco lógico y la hipótesis:

- ✓ **Teoría del cambio:** Establecer la cadena causal (Insumos → Actividades → Productos → Resultados → Impacto).
- ✓ **Pregunta central:** ¿Existe una diferencia estadísticamente significativa en el resultado Y atribuible únicamente al programa X?
- ✓ **Variables:**

  - **Variable Independiente (X):** La intervención o tratamiento.
  - **Variable Dependiente (Y):** El indicador clave de impacto (KPI).
  - **Variables de control:** Factores sociodemográficos, contextuales o preexistentes.

b) Selección de la metodología de evaluación:

- ✓ **Método Experimental (Ensayos Controlados Aleatorizados - RCT):** El estándar de oro. Asignación aleatoria entre el grupo de tratamiento y el grupo de control para garantizar representatividad y eliminar sesgos de selección.
- ✓ **Método Cuasiexperimental:** Usado cuando la aleatorización no es viable por motivos éticos o logísticos.

- ✓ **Diferencias en Diferencias (Diff-in-Diff):** Compara el cambio antes y después en el grupo tratado frente a uno no tratado.
- ✓ **Propensity Score Matching (PSM):** Empareja individuos tratados con no tratados basándose en características observables.
- ✓ **Regresión Discontinua (RDD):** Compara observaciones justo por encima y por debajo de un umbral de elegibilidad.

c) Diseño muestral y recolección de datos:

- ✓ **Cálculo de tamaño de muestra:** Determinar la muestra mínima necesaria según el nivel de confianza, potencia estadística y el tamaño de efecto espera do (Mínimo Efecto Detectable).
- ✓ **Línea de base (T_0):** Mediciones previas a la intervención en ambos grupos para verificar el balance y la hipótesis de tendencias paralelas.
- ✓ **Línea de salida (T_1):** Mediciones posteriores a la intervención tras el tiempo necesario para madurar el impacto.

d) Análisis estadístico y estimación del impacto:

- ✓ **Inferencia causal:** Estimación del efecto promedio del tratamiento (ATE) o del efecto promedio en los tratados (ATT) mediante modelos de regresión lineal o multivariada:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_i + \gamma X_i + \varepsilon_i$$

- ✓ **Pruebas de robustez:** Análisis de sensibilidad para descarta sesgos de desgaste de la muestra (attrition) o efectos de contaminación entre grupos.

5.6.2 Presentación e interpretación de resultados:

La fase de presentación e interpretación de resultados transforma los datos crudos en evidencia clara para fundamentar la toma de decisiones.

a) Presentación de Resultados: La presentación debe distinguir los datos descriptivos básicos del análisis de impacto directo.

- ✓ **Balance de línea de base:** Verificar que el grupo de tratamiento y el grupo de control eran comparables antes de la intervención (ausencia de sesgos de selección).
- ✓ **Magnitud del efecto:** Reportar el tamaño del efecto (efecto promedio del tratamiento o ATT) junto con sus intervalos de confianza al 95%.
- ✓ **Significancia estadística:** Indicar los valores p ($p < 0.05$, $p < 0.01$) o los errores estándar correspondientes para confirmar que el efecto no es fruto del azar.

b) Interpretación Económica y Causal: Obtener significancia estadística no es suficiente; los resultados deben contextualizarse:

- ✓ **Significancia estadística vs. Significancia práctica:** Evaluar si la magnitud de la mejora justifica los costos de implementación del programa.

- ✓ **Validez interna:** Confirmar la ausencia de atrición sesgada (pérdida de participantes en un solo grupo) o efectos de contaminación (el grupo de control accedió al beneficio por vías indirectas).
- ✓ **Validez externa (Generalización):** Determinar si los hallazgos son aplicables a otras poblaciones, regiones o escalas.
- ✓ **Heterogeneidad del efecto:** Analizar subgrupos (por género, edad, nivel socioeconómico) para identificar dónde funciona mejor la intervención.

5.6.3 Discusión de implicancias para políticas públicas o empresariales

La discusión de implicancias traduce la evidencia estadística en recomendaciones estratégicas para tomar decisiones informadas en el sector público o corporativo.

a) Escalabilidad y viabilidad de implementación:

- ✓ **Capacidad operativa:** Evaluar si las organizaciones o instituciones tienen la infraestructura y el capital humano para ejecutar la solución a mayor escala.
- ✓ **Sostenibilidad financiera:** Analizar si los beneficios a largo plazo superan los costos recurrentes y si existe presupuesto sostenible (impuestos, presupuesto operativo o flujo de caja).
- ✓ **Restricciones normativas y políticas:** Identificar barreras legales, regulaciones sectoriales o la aceptación de los grupos de interés (stakeholders).

b) Análisis de trade-offs y consecuencias no deseadas: Toda intervención genera incentivos que pueden desencadenar efectos colaterales:

- ✓ **Efectos de desplazamiento (Crowding-out):** En políticas públicas, un subsidio o programa puede desplazar la inversión privada. En empresas, enfocar recursos en una línea de negocio puede desatender otra.
- ✓ **Incentivos perversos:** Evaluar si la métrica de éxito fomenta comportamientos oportunistas para alcanzar los objetivos en el papel sin generar valor real.
- ✓ **Equidad vs. Eficiencia:** Determinar si los beneficios se concentran en un segmento específico o si la política reduce las brechas existentes.

5.7 Ordenamiento territorial y planificación urbana.

5.7.1 Modelos basados en IA para evaluar el impacto ambiental de proyectos urbanos.

La evaluación del impacto ambiental en proyectos urbanos mediante inteligencia artificial sustituye las estimaciones estáticas tradicionales por simulaciones continuas y de alta resolución espacial. Estos modelos procesan datos satelitales, sensores IoT y gemelos digitales para predecir el impacto antes, durante y después de la construcción.

a) **Principales aplicaciones y arquitecturas de IA:**

- ✓ **Microclima e islas de calor urbanas (UHI):** Redes neuronales convolucionales (CNN) y modelos de simulación rápida analizan datos térmicos e imágenes satelitales para predecir cómo la densidad construida, los materiales y la vegetación alteran la temperatura local.
- ✓ **Calidad del aire y dispersión de contaminantes:** Modelos dinámicos basados en Graph Neural Networks (GNN) e integrados con CFD (Mecánica de Fluidos Computacional) simulan la dispersión de partículas {PM}_ {2.5}, {PM}_ {10} y {NO}2según la geometría de las calles y los patrones de viento.
- ✓ **Análisis de huella de carbono y Ciclo de Vida (LCA):** Algoritmos de Machine Learning automatizan la evaluación del ciclo de vida de materiales y procesos de edificación, optimizando la huella de carbono incorporada (embodied carbon) en la etapa de diseño.
- ✓ **Gestión de escorrentía y drenaje urbano:** Modelos predictivos estiman la permeabilidad del suelo y el riesgo de inundación frente a eventos climáticos extremos para diseñar Infraestructura Verde Urbana (SUDS).

b) **Integración en el flujo de trabajo urbano:**

- ✓ **Captura de datos e ingesta:** Integración de capas GIS, modelos BIM 3D y datos IoT del entorno urbano existente.
- ✓ **Entrenamiento del Gemelo Digital (Digital Twin):** Ajuste de modelos de IA con datos históricos locales para calibrar la línea de base.
- ✓ **Simulación de escenarios (Scenarios Analysis):** Generación de múltiples alternativas del proyecto (densidad, áreas verdes, movilidad) y evaluación automatizada del impacto ambiental de cada una.
- ✓ **Optimización multiobjetivo:** Algoritmos evolutivos encuentran la combinación ideal entre costo de construcción, reducción de emisiones y confort térmico.

5.7.2 Simulación de escenarios para desarrollar ciudades más sostenibles (Smart Cities).

La simulación de escenarios mediante inteligencia artificial permite a los planificadores urbanos testear intervenciones en un entorno virtual (Gemelo Digital o Digital Twin) antes de ejecutar inversiones masivas en infraestructura física, minimizando riesgos y optimizando el uso de recursos.

a) Sistemas clave de simulación y su impacto:

- ✓ **Movilidad y descarbonización del transporte:** Modelos basados en agentes (Agent-Based Modeling - ABM) simulan millones de desplazamientos individuales para optimizar redes de transporte público, diseñar zonas de bajas emisiones (ZEV) y ubicar estratégicamente la infraestructura de carga para vehículos eléctricos.
- ✓ **Eficiencia energética y gestión de microredes:** Algoritmos de aprendizaje por refuerzo simulan la demanda energética de distritos enteros

a lo largo de las estaciones, optimizando el autoconsumo fotovoltaico y la gestión de almacenamiento térmico y en baterías.

- ✓ **Resiliencia climática y gestión del riesgo:** Simuladores hidrológicos e hidráulicos acelerados por IA predicen el comportamiento de inundaciones costeras o pluviales, evaluando la efectividad de parques inundables y pavimentos permeables ante eventos extremos.
- ✓ **Gestión circular de residuos y agua:** Algoritmos de optimización combinatoria simulan rutas dinámicas de recolección de residuos en tiempo real y detectan fugas en las redes de distribución de agua mediante el análisis de presiones y caudales.

b) Flujo de trabajo para la toma de decisiones:

- ✓ **Construcción del Gemelo Digital (T_0):** Ingesta continua de capas GIS, nube de puntos LiDAR y sensores IoT urbanos.
- ✓ **Generación de escenarios sintéticos:** Creación de alternativas (ej. peatonalización de un eje vial, incremento de un 20% en áreas verdes o cambios de zonificación).
- ✓ **Simulación multiobjetivo:** Ejecución de modelos predictivos para evaluar simultáneamente emisiones, costo económico y equidad espacial.
- ✓ **Validación e implementación:** Selección del escenario de mayor rendimiento para guiar la política pública o el plan director urbano.

VI. RESULTADOS

Mediante el desarrollo del curso de capacitación, se ha logrado fortalecer las capacidades de aprendizaje en un total de 55 docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, y poder contribuir en la calidad educativa dentro de la casa Universitaria.

Cuadro 1: Docentes asistentes al curso de capacitación: **"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental"**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	20-Jul	21-Jul
1	ADRIANZEN CARRASCO ROMEL ERWIN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	AREVALO CARCAMO LILIANA MILAGROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	BARTUREN CABRERA JUAN PABLO FRANCISCO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	BRUNO COVEÑAS PRIMITIVO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	CABRERA TORRES ANTERO ALEXANDER	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	CAMINO ORDINOLA ALBA MARINA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	CANGO CÓRDOVA JUAN ISAÍAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	CARNERO MALCA SEGUNDO JUAN CARLOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	CARRASCO CHOQUE FREDDY	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	CHUNGA ROJAS EDGARDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	CHUQUIHUANCA YACSAHUANCA NELSON	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	COELLO DAVILA EUDOCIA DEL PILAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	CRUZ RUIZ EUSEBIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	ESCOBAR TAVARA LOURDES ANTONIA DEL ROSARIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	FARIAS AÑAZCO KARLA FABRINNA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	GARCIA VILELA LUCY MARIELLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	GOMEZ JANNYNA RETO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	GONZALES CURAY CARLOS MAX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	GUERRERO CAMPOS FRANKLIN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	HUMPIRI YUCRA JAVIER	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	ICANAQUE ORDINOLA JUAN DAMIAN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	JARA ALARCÓN TERESA JULIANA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	LARA CASTILLO MARLON ALFONSO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24	LOPEZ GUAYANAY REYDER OVIDIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	LOPEZ MUÑOZ PERCY EDUARDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

26	MAZA CÓRDOVA MAGALY	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27	MOGOLLÓN TABOADA MARLON MARTÍN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28	NAVARRO GARRIDO ANDRÉ FRANZ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	NIZAMA REYES MARIO ENRIQUE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	OCHOCHOQUE GEMIO JAIME EUSTAQUIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	ORREGO ZAPO SALVADOR TOMÁS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	OVIEDO ROJAS FANY MARCELA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
33	RETO GOMEZ JANNYNA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	REYES ARTEAGA LUCY MARISOL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
35	RISCO IPANAQUE CECILIA LIZETH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
36	ROJAS HERNANDEZ SEGUNDO JOSE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37	ROSALES CUENTAS MIRIAM MARLENI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38	SAAVEDRA NAVARRO YESENIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
39	SANCHEZ CASTRO JANET DEL ROCIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	SANCHEZ CHERO JOSE ANTONIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
41	SANCHEZ PACHECO EDUARDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	SÁNCHEZ PRIETO MARÍA GREGORIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	SANDOVAL CALDERÓN HUGO ALEXIS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
44	SANDOVAL PALACIOS CARMEN MIROSLAVA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	SEGUNDO JOSE ROJAS HERNANDEZ	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
46	SEMINARIO MORALES MARIA VERONICA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
47	SIANCAS ESCOBAR DARWIN ALEJANDRO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
48	TAY LEÓN JULIO CESAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
49	TIMANA ALVAREZ MARCOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	URIA CELI BRENDY ANAI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
51	VALDIVIEZO ZAPATA CLORINDA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
52	VEGA PORTALATINO EDWIN JORGE	X	X							X	X	X
53	VIDAURRE VALDERA HERLAND JAIR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
54	VILLALTA ARELLANO SEGUNDO RAMOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	VIVAS LANDA MAURO MANUEL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del curso de Capacitación denominado **"Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental"**, se concluye qué:

- ✓ El curso "Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería Ambiental "constituye un programa académico y profesional diseñado para dotar a los docentes e investigadores de herramientas computacionales avanzadas que optimizan la gestión, protección y conservación del medio ambiente.

- ✓ Al finalizar la formación, el docente es capaz de transformar grandes volúmenes de datos ambientales en tiempo real (datos IoT, datos satelitales, sensores de campo) en soluciones predictivas que reducen costos de mitigación y garantizan el cumplimiento de la normativa ambiental.

- ✓ La integración de la IA en la gestión ambiental garantiza respuestas más rápidas y precisas frente a los desafíos del cambio climático, la urbanización acelerada y la conservación de recursos naturales.

RECOMENDACIONES

- ✓ Enseñar a los estudiantes que la IA es una herramienta de soporte y no un sustituto del criterio de ingeniería. Enfatizar la validación de hipótesis, el análisis de sensibilidad y la detección de alucinaciones o datos anómalos.

- ✓ Invertir en infraestructura de monitoreo confiable (redes IoT, sensores calibrados y plataformas Abiertas) para evitar el sesgo de datos (garbage in, garbage out) en los modelos predictivos.

- ✓ Priorizar herramientas accesibles como Python (Google Colab), QGIS, Google Earth Engine y bibliotecas de código abierto (PyTorch, Scikit-learn) para evitar barreras por licencias de software costosas.

- ✓ Este curso es de mucha ayuda a los docentes a guiar a sus alumnos en la aplicación rigurosa, ética y práctica de la Inteligencia Artificial frente a desafíos ambientales del mundo real.