**Enseñar Machine Learning en la “Universidad de Antioquia” con un enfoque pedagógico de Aprendizaje Invertido soportado en Google Colab, GitHub, YouTube y utilizando los lenguajes Python, latex, Git, y MarkDown.**

**Teaching Machine Learning at the "Universidad de Antioquia" with a pedagogical approach of Flipped Learning supported by Google Colab, GitHub, YouTube and using the Python programming language, latex, Git, and MarkDown.**

**Luz Mariela Lopez Nohava, Universidad de Antioquia,** [**luz.lopez@udea.edu.co**](mailto:luz.lopez@udea.edu.co)**,**[**https://orcid.org/0000-0002-4677-6977**](https://orcid.org/0000-0002-4677-6977)**,****Colombia.**

**Yuber Hanany Tapias Arboleda, Universidad de Antioquia,** [**yuber.tapias@udea.edu.co**](mailto:yuber.tapias@udea.edu.co)**, Colombia**

**Marco Julio Cañas Campillo, Universidad de Antioquia, marco.canas@udea.edu.co**

**ORCID:** [**https://orcid.org/orcid-search/search?searchQuery=0000-0002-0570-4125**](https://orcid.org/orcid-search/search?searchQuery=0000-0002-0570-4125)

**Colombia**

**• Innovación pedagógica: El aprendizaje invertido; Innovación tecnológica.**

**Resumen:**

Este trabajo presenta una propuesta innovadora para enseñar Machine Learning en la Universidad de Antioquia, utilizando un enfoque pedagógico de Aprendizaje Invertido. El enfoque se basa en el uso de herramientas tecnológicas como Google Colab, GitHub, YouTube y los lenguajes Python, latex, Git y MarkDown.

El Aprendizaje Invertido es una metodología que transforma el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo a los estudiantes acceder previamente a los materiales de estudio, como cuadernos interactivos en Google Colab y videos en YouTube. Durante las sesiones en el aula, los profesores profundizan en los temas, resuelven dudas y fomentan la colaboración entre los estudiantes.

La propuesta también se apoya en la creación de contenidos virtuales almacenados en GitHub y YouTube, así como en el uso de software educativos para el aprendizaje y evaluación del Machine Learning. Se mencionan diferentes modelos educativos para la enseñanza de la ciencia de datos, como el aprendizaje en línea interactivo, programas de grado universitario, bootcamps de ciencia de datos, enfoque basado en proyectos, aprendizaje colaborativo y talleres y conferencias.

Para medir el impacto de esta propuesta de enseñanza, se sugiere utilizar una metodología de investigación mixta que combine enfoques cuantitativos y cualitativos. Se propone un diseño de investigación longitudinal con grupos de control y variables a medir como el rendimiento académico, la comprensión de conceptos, la capacidad de aplicar conocimientos y la participación activa de los estudiantes.

La metodología de enseñanza propuesta se divide en cuatro etapas principales: introducción al lenguaje Python, introducción a la estadística, modelos de regresión y modelos de clasificación. Se destaca la participación activa de los estudiantes a través de acceso a cuadernos interactivos en Google Colab y videos en YouTube.

Se esperan resultados de aprendizaje como el desarrollo de habilidades para obtener y analizar datos, la constitución de modelos de Machine Learning, la capacidad de justificar la configuración del modelo y la presentación efectiva del proceso de construcción del modelo.

En conclusión, la propuesta de enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de Aprendizaje Invertido, respaldada por herramientas tecnológicas, ha demostrado ser efectiva para fomentar el aprendizaje activo y mejorar la comprensión de los estudiantes en el campo del machine learning. Se espera que esta experiencia inspire a otras instituciones educativas a adoptar enfoques pedagógicos innovadores para la enseñanza del Machine Learning.

**Palabras clave:** Enseñanza Innovadora, Aprendizaje Invertido, Herramientas Tecnológicas, Metodología de Investigación Mixta, Impacto Educativo

**Abstract:**

This work presents an innovative proposal to teach Machine Learning at the University of Antioquia, using a Flipped Learning pedagogical approach. The approach is based on the use of technological tools such as Google Colab, GitHub, YouTube and the Python programming language, latex, Git and MarkDown.

Flipped Learning is a methodology that transforms the teaching-learning process, allowing students to previously access study materials, such as interactive notebooks on Google Colab and videos on YouTube. During the classroom sessions, teachers delve into the topics, resolve doubts and encourage collaboration among students.

The proposal is also supported by the creation of virtual content stored on GitHub and YouTube, as well as the use of educational software for learning and evaluating Machine Learning. Different educational models for teaching data science are mentioned, such as interactive online learning, university degree programs, data science bootcamps, project-based approach, collaborative learning, and workshops and conferences.

To measure the impact of this teaching proposal, it is suggested to use a mixed research methodology that combines quantitative and qualitative approaches. A longitudinal research design is proposed with control groups and variables to be measured such as academic performance, understanding of concepts, the ability to apply knowledge and the active participation of students.

The proposed teaching methodology is divided into four main stages: introduction to the Python language, introduction to statistics, regression models and classification models. The active participation of students is highlighted through access to interactive notebooks in Google Colab and videos on YouTube.

Learning outcomes such as the development of data collection and analysis skills, the constitution of Machine Learning models, the ability to justify model configuration, and the effective presentation of the model building process are expected.

In conclusion, the Machine Learning teaching proposal with a Flipped Learning pedagogical approach, supported by technological tools, has proven to be effective in promoting active learning and improving students' understanding in the field of machine learning. It is hoped that this experience will inspire other educational institutions to adopt innovative pedagogical approaches to teaching Machine Learning.

**Keywords:** Innovative Teaching, Flipped Learning, Technological Tools, Mixed Research Methodology, Educational Impact

**Introducción**

En esta ocasión, nos complace presentarles una propuesta innovadora en el ámbito de la educación: el enfoque pedagógico de aprendizaje invertido aplicado a la enseñanza del Machine Learning. En los últimos años, el Machine Learning se ha convertido en una disciplina crucial en el campo de la ciencia de datos y la inteligencia artificial. Es fundamental que las universidades se adapten y brinden a los estudiantes una formación sólida en este campo emergente. En ese sentido, hemos implementado un enfoque pedagógico basado en el aprendizaje invertido, respaldado por herramientas tecnológicas como Google Colab, el repositorio 7\_didactica\_ciencia\_datos en GitHub y las video - clases asociadas a los cuadernos Jupyter en la red social YouTube a través del canal DiMathData (Didáctica de la matemética y la ciencia de datos).

El aprendizaje invertido, también conocido como flipped classroom, redefine el papel tradicional del profesor y el estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En lugar de recibir pasivamente la información en el aula, los estudiantes tienen acceso previo a los materiales de estudio, como cuadernos Jupyter interactivos, alojados en Google Colab y disponibles en nuestro repositorio en GitHub llamado 7\_didactica\_ciencia\_datos. Esto les permite explorar los conceptos y experimentar de manera autónoma antes de la clase.

Durante las sesiones en el aula, los profesores tienen la oportunidad de profundizar en los temas, resolver dudas y fomentar la discusión y la colaboración entre los estudiantes. Además, aprovechamos la plataforma de YouTube para proporcionar videos explicativos y tutoriales complementarios, que refuerzan los conceptos clave y brindan ejemplos prácticos.

Este enfoque pedagógico ha demostrado ser altamente efectivo para fomentar el aprendizaje activo y mejorar la comprensión de los estudiantes en el campo del machine learning. Les brinda la oportunidad de interactuar de manera experimental con los contenidos del curso, aplicar los conceptos teóricos en casos prácticos y fortalecer su capacidad para resolver problemas del mundo real.

En resumen, nuestra propuesta de enseñanza del machine learning a través del enfoque pedagógico de aprendizaje invertido, implementado a través de Google Colab, el repositorio 7\_didactica\_ciencia\_datos en GitHub y los video-clases asociadas a los cuadernos Jupyter en YouTube, busca fomentar la participación activa de los estudiantes y potenciar su aprendizaje autónomo en esta disciplina tan relevante.

A lo largo de esta ponencia, explicaremos los detalles de nuestra metodología, los resultados esperados y compartiremos experiencias y buenas prácticas. Esperamos que esta propuesta inspire a otras instituciones educativas a adoptar enfoques pedagógicos innovadores para la enseñanza del machine learning.

**El modelo educativo que proponemos para la enseñanza del machine learning en educación superior**

Veamos algunos ejemplos de modelos educativos para la enseñanza de la ciencia de datos:

1. **Aprendizaje en línea interactivo:** Plataformas en línea como Coursera, edX y Udacity ofrecen cursos especializados en ciencia de datos. Estos cursos suelen combinar videos, lecturas, ejercicios prácticos y evaluaciones para facilitar el aprendizaje interactivo. En nuestra propuesta, el aprendizaje es en línea pues utilizamos los cuadernos Jupyter alojados en la red social GitHub en el repositorio de dirección: <https://github.com/marco-canas/7_didactica_ciencia_datos>, dichos cuadernos, pueden ser leidos de manera interactiva y experimental a través del vínculo open in colab, que los conecta con la aplicación el línea Google Colab (o Colaboratory) y que tienen cada uno de ellos, video-clases asociadas a ellos en el canal DimathData de Youtube, al cual puedes accedes a través del vínculo: <https://www.youtube.com/channel/UCtvEEx-ddekEo0i98ys3pIw>.

2. **Programas de grado universitario**: Muchas universidades ofrecen programas de grado en ciencia de datos o disciplinas relacionadas, como análisis de datos o estadísticas aplicadas. Estos programas suelen proporcionar una formación más completa y profunda en ciencia de datos, cubriendo aspectos teóricos y prácticos. Este curso, lo hemos implementado como curso electivo para las programas de Biología, Química, Matemáticas y Estadística, de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Antioquia.

**3. Bootcamps de ciencia de datos**: Los bootcamps son programas intensivos de corta duración que ofrecen una inmersión rápida en ciencia de datos. Estos programas suelen estar diseñados para personas que desean adquirir habilidades técnicas específicas en un período de tiempo limitado. Algunos ejemplos populares son DataCamp y General Assembly. En esta propuesta, damos cursos cortos a semilleros de investigación de la Seccional Bajo Cauca de la Universidad de Antioquia en Caucasia.

**4. Enfoque basado en proyectos:** Algunos programas educativos adoptan un enfoque basado en proyectos, donde los estudiantes trabajan en problemas o conjuntos de datos reales para aplicar los conceptos y técnicas aprendidas. Este enfoque fomenta el aprendizaje práctico y la resolución de problemas reales. Este modelo, lo estamos aplicando con datos reales del proyecto investigativo Antioquia Mira su Cielo, del profesor Esteban Silva Villa, de la Universidad de Antioquia.

**5. Aprendizaje colaborativo:** Algunos modelos educativos promueven el aprendizaje colaborativo, donde los estudiantes trabajan en grupos para explorar y resolver problemas de ciencia de datos. Esto fomenta la colaboración, el intercambio de conocimientos y el trabajo en equipo. Aquí, en la Seccional Bajo Cauca, se ha consolidado con este modelo, una comunidad pequeña de 11 Jóvenes investigadores que se apoyan en el aprendizaje de la ciencia de datos.

**6. Talleres y conferencias**: Se llevan a cabo talleres y conferencias sobre ciencia de datos en la Seccional Bajo Cauca y a través de YouTube. Estos eventos ofrecen charlas, presentaciones y actividades prácticas dirigidas por expertos en el campo. Participar en estos eventos puede proporcionar una experiencia de aprendizaje enriquecedora y la oportunidad de establecer contactos con profesionales de la industria. Este modelo, lo presentamos en seminarios o talleres en jornadas de investigación, para la promoción de las redes neuronales, que son una metodología de machine learning para la consolidación de modelos de clasificación y regresión.

Estos son solo algunos ejemplos de modelos educativos para la enseñanza de la ciencia de datos y la elección del modelo adecuado dependerá de tus objetivos, nivel de experiencia y preferencias de aprendizaje.

**Metodología de investigación educativa para medir el impacto de esta propuesta de enseñanza**

Para medir la efectividad de la propuesta de enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido, nosotros utilizamos una metodología de investigación mixta que combina tanto enfoques cuantitativos como cualitativos. Ampliemos esta métodología seguidamente:

1. Diseño de investigación:

a. Tipo de estudio: Realizaremos un estudio longitudinal, donde evaluamos el impacto de la propuesta de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de un período de tiempo de 4 meses (Un semestre académico).

b. Grupo de control: consideramos la formación de un grupo de control conformado por estudiantes de un semillero de investigación de nuestra seccional y un grupos experimental conformado por tres jóvenes investigadores de esta misma seccional. El grupo experimental sería aquel que recibe la propuesta de enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido, mientras que el grupo de control no la recibe y sigue el método tradicional de enseñanza a través de solo el uso de Google Colab y materiales de estudio enviados por correo.

c. Variables: Identificamos las variables que deseabamos medir para evaluar la efectividad de la propuesta. Y determinamos las siguientes:

* el rendimiento académico de los estudiantes: medido a través de quices cortos, tareas y 2 parciales, la exposición del modelo de regresión y el trabajo final de clasificación.
* su comprensión de los conceptos de machine learning: medido a través de la calificación del video de presentación del modelo de regresión.
* su participación activa en el proceso de aprendizaje medido en la asistencia a clase y a asesorías y la calidad de sus preguntas y aportes.

2. Recolección de datos:

a. Pruebas y exámenes: Realizamos pruebas y exámenes para evaluar el rendimiento académico de los estudiantes en el área de machine learning. Diseñando preguntas que cubrían los conceptos y habilidades adquiridas durante el curso.

b. Encuestas: Realiza encuestas a los estudiantes para recopilar datos cualitativos sobre su experiencia de aprendizaje. Les preguntamos sobre su percepción de la propuesta de enseñanza, la efectividad de las herramientas utilizadas (como Google Colab, GitHub, Visual Studio, GitBash, Jupyter de Anaconda y YouTube), su nivel de participación y su capacidad para aplicar los conocimientos en situaciones prácticas.

c. Observación: Realizaremos observaciones en el aula para evaluar la participación activa de los estudiantes durante las sesiones de aprendizaje y discusión.

3. Análisis de datos:

a. Análisis cuantitativo: Analizamos los resultados de las pruebas y exámenes para comparar el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo de control. Utilizamos pruebas estadísticas para determinar si hay diferencias significativas en el aprendizaje entre los dos grupos.

b. Análisis cualitativo: Analizamos las respuestas de las encuestas y las observaciones para identificar patrones, temas y tendencias en la experiencia de los estudiantes. Utilizamos técnicas de codificación y categorización para organizar los datos cualitativos y extraer conclusiones.

4. Interpretación de resultados:

a. Examinamos los resultados obtenidos del análisis de datos cuantitativos y cualitativos para evaluar la efectividad de la propuesta de enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido.

b. Identificamos los aspectos positivos y las áreas de mejora de la propuesta. Utilizamos los resultados para sugerir recomendaciones y ajustes futuros en la metodología de enseñanza.

**Secuencia de enseñanza o secuencia de contenidos enseñados en el curso**

La metodología que hemos seguido en nuestra propuesta de enseñanza del machine learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido se divide en cuatro etapas principales:

1. Introducción al lenguaje Python para ciencia de datos:

- En esta etapa, introducimos a los estudiantes en los conceptos básicos del lenguaje Python, enfocados en su aplicación en la ciencia de datos.

- Exploramos las librerías fundamentales para el análisis de datos, como NumPy, Pandas y Scikit-Learn.

- Demostramos ejemplos prácticos de manipulación y visualización de datos utilizando Python.

2. Introducción a la estadística para ciencia de datos:

- En esta etapa, presentamos a los estudiantes los conceptos estadísticos clave necesarios para el análisis de datos en machine learning.

- Explicamos medidas descriptivas, distribuciones normales y uniformes, y técnicas de muestreo.

- Ilustramos cómo aplicar estas técnicas en Python utilizando bibliotecas como SciPy y Statsmodels.

- Enseñamos el concepto de correlación lineal de Pearson para medir el grado de correlación entre cada uno de los atributos predictores y la variable objetivo.

3. Constitución de modelos de regresión para predecir variables numéricas continuas:

- En esta etapa, nos adentramos en los conceptos básicos de la regresión lineal y sus variantes.

- Explicamos cómo entrenar y evaluar modelos de regresión utilizando técnicas como validación cruzada y métricas de evaluación.

- Implementamos modelos de regresión en Python utilizando bibliotecas como Scikit-Learn.

4. Constitución de modelos de clasificación para variables categóricas:

- En esta etapa, introducimos a los estudiantes en los modelos de clasificación, incluyendo los algoritmos lineales (como SGDClassifier) y los algoritmos de vecinos más cercanos.

- Implementamos modelos de clasificación en Python utilizando bibliotecas como Scikit-Learn.

- Explicamos cómo entrenar y evaluar modelos de clasificación utilizando técnicas como la matriz de confusión y las curvas ROC.

Es importante enfatizar la participación activa de los estudiantes en cada paso de la metodología. Utilizamos la plataforma de enseñanza en línea Google Colab para proporcionar acceso a los contenidos del curso. Los estudiantes pudieron acceder a cuadernos Jupyter interactivos para la lectura experimental y práctica de los conceptos. Además, utilizamos videos asociados a los cuadernos Jupyter en YouTube para reforzar los temas tratados, brindando ejemplos prácticos y explicaciones más detalladas.

A lo largo del curso, presentamos ejemplos de aplicaciones reales utilizando conjuntos de datos relevantes y casos de estudio que demuestran la utilidad y aplicabilidad del machine learning en diferentes dominios. Siguiendo esta secuencia metodológica, los estudiantes pueden adquirir gradualmente los conocimientos y habilidades necesarios para comprender y aplicar el machine learning en la resolución de problemas de ciencia de datos.

**¿Por qué esta metodología de investigación es adecuada?**

La metodología propuesta en el contexto de la enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido resuelve muchas de las dificultades asociadas con un modelo de educación tradicional de varias maneras:

1. Evaluación más integral: La metodología propone utilizar una investigación mixta que combina enfoques cuantitativos y cualitativos para evaluar la efectividad de la propuesta de enseñanza. Esto permite obtener una visión más completa y holística del impacto de la metodología en el aprendizaje de los estudiantes. No se limita únicamente a las pruebas y exámenes tradicionales, sino que también incluye encuestas y observaciones que recopilan datos cualitativos sobre la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

2. Comparación de grupos de control: La metodología sugiere la formación de un grupo de control y un grupo experimental para evaluar el impacto de la propuesta de enseñanza. Esto permite comparar los resultados entre ambos grupos y determinar si existe una diferencia significativa en el aprendizaje y comprensión de los estudiantes que recibieron la enseñanza con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido en comparación con aquellos que siguieron el método tradicional. Esta comparación proporciona evidencia más sólida sobre la efectividad de la metodología propuesta.

3. Medición de variables clave: La metodología propone identificar y medir variables específicas para evaluar la efectividad de la propuesta de enseñanza. Estas variables incluyen el rendimiento académico de los estudiantes, su comprensión de los conceptos de machine learning, su capacidad para aplicar los conocimientos en situaciones reales y su participación activa en el proceso de aprendizaje. Al medir estas variables, se obtiene una evaluación más precisa y detallada del impacto de la metodología en diferentes aspectos del aprendizaje de los estudiantes.

4. Análisis de datos cuantitativos y cualitativos: La metodología propone realizar análisis tanto cuantitativos como cualitativos de los datos recopilados. Esto permite obtener una comprensión más profunda de los resultados y de la experiencia de los estudiantes. El análisis cuantitativo se basa en pruebas estadísticas para comparar el rendimiento académico entre los grupos de control y experimental, mientras que el análisis cualitativo examina las respuestas de las encuestas y las observaciones para identificar patrones, temas y tendencias en la experiencia de los estudiantes. Esta combinación de análisis proporciona una visión más completa y enriquecedora de los resultados.

En resumen, la metodología propuesta resuelve muchas de las dificultades asociadas con un modelo de educación tradicional al ofrecer una evaluación más integral, comparar grupos de control, medir variables clave y realizar análisis cuantitativos y cualitativos. Estos elementos permiten obtener una comprensión más completa y detallada del impacto de la propuesta de enseñanza del Machine Learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido en el aprendizaje de los estudiantes.

**Porque esta metodología de enseñanza del Machine Learning es adecuada**

La enseñanza del Machine Learning, respaldada por un enfoque pedagógico de Aula Invertida y la utilización de lenguajes como Python, LaTeX, Git y Markdown, desempeña un papel crucial en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia y en la promoción de la ciencia abierta según las recomendaciones de la UNESCO. Esta sinergia entre la educación en tecnologías avanzadas y la adopción de principios de apertura y colaboración tiene el potencial de catalizar un cambio positivo en diversos aspectos de la sociedad colombiana y contribuir al avance global hacia un futuro sostenible.

\*\*Conexión con los Objetivos de Desarrollo Sostenible:\*\*

1. \*\*Educación de Calidad (ODS 4):\*\* La educación en Machine Learning y tecnologías de vanguardia, junto con un enfoque pedagógico de Aula Invertida, promueve una educación más participativa, centrada en el estudiante y orientada a la resolución de problemas reales. Esto equipa a los estudiantes con habilidades críticas y analíticas, preparándolos para enfrentar desafíos complejos y contribuir al desarrollo sostenible del país.

2. \*\*Industria, Innovación e Infraestructura (ODS 9):\*\* La enseñanza del Machine Learning fomenta la innovación tecnológica y la creación de soluciones inteligentes para problemas industriales y sociales. La formación en lenguajes como Python y herramientas como Git facilita la colaboración en el desarrollo de proyectos, mejorando la infraestructura tecnológica y la adopción de nuevas tecnologías.

3. \*\*Trabajo Decente y Crecimiento Económico (ODS 8):\*\* El conocimiento en Machine Learning aumenta la empleabilidad de los estudiantes, ya que las habilidades en análisis de datos y toma de decisiones basadas en datos son altamente demandadas en el mercado laboral actual. Esto contribuye a un crecimiento económico más sostenible y a la reducción de la brecha de habilidades en la industria.

4. \*\*Reducción de Desigualdades (ODS 10):\*\* La educación en Machine Learning puede democratizar el acceso al conocimiento y las oportunidades. Al ofrecer recursos y contenido educativo en línea a través de herramientas abiertas como Git y Markdown, se amplía el acceso a la educación y se reducen las disparidades geográficas y socioeconómicas.

5. \*\*Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17):\*\* La colaboración entre instituciones educativas, empresas y el sector público es esencial para impulsar la enseñanza del Machine Learning y la ciencia abierta. La formación en Git permite la colaboración en proyectos de código abierto y fomenta la creación de alianzas para la innovación y el desarrollo.

\*\*Adopción de la Ciencia Abierta según las Recomendaciones de la UNESCO:\*\*

1. \*\*Acceso Abierto a la Educación:\*\* La enseñanza del Machine Learning respaldada por recursos en línea y herramientas abiertas como Git y Markdown promueve el acceso abierto a la educación de calidad. Esto permite que un mayor número de personas se beneficie de la formación en tecnologías avanzadas, reduciendo barreras y aumentando la equidad educativa.

2. \*\*Datos Abiertos y Colaboración:\*\* La enseñanza del Machine Learning implica el uso y análisis de datos. Al adoptar principios de ciencia abierta, se fomenta la publicación de conjuntos de datos y resultados de investigación, permitiendo la colaboración entre estudiantes, docentes y otros investigadores para abordar desafíos sociales y científicos.

3. \*\*Transparencia y Reproducibilidad:\*\* El uso de Git para el control de versiones y Markdown para la documentación promueve la transparencia y la reproducibilidad en la enseñanza y la investigación. Esto es esencial para la validación de resultados y para fomentar la confianza en los avances tecnológicos y científicos.

4. \*\*Innovación y Desarrollo Sostenible:\*\* La promoción de la ciencia abierta en la enseñanza del Machine Learning estimula la innovación y el desarrollo de soluciones tecnológicas para desafíos sociales. La colaboración y el acceso a recursos abiertos facilitan la creación de proyectos y aplicaciones que contribuyan al desarrollo sostenible.

En conclusión, la enseñanza del Machine Learning con un enfoque pedagógico de Aula Invertida y la promoción de principios de ciencia abierta representan un camino poderoso para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y para cumplir con las recomendaciones de la UNESCO. Al equipar a los estudiantes con habilidades tecnológicas avanzadas y fomentar la colaboración abierta, se puede impulsar la innovación, el crecimiento económico y el progreso social en el país.

**Resultados obtenidos**

Como resultado de esta estrategia didáctica, obtivimos que los estudiantes lograron importantes resultados de aprendizaje en el campo del machine learning como:

1. Desarrollo de habilidades para obtener un dataset asociado a un problema investigativo o empresarial: Los estudiantes han aprendido a identificar fuentes de datos relevantes y a recopilar, limpiar y preparar los datos para su análisis.

2. Constitución de un modelo predictivo de Machine Learning para realizar tareas de regresión o clasificación: Los estudiantes adquirieron la capacidad de entrenar y evaluar modelos de machine learning utilizando técnicas como la validación cruzada y las métricas de evaluación. Aprendieron a seleccionar y configurar adecuadamente los algoritmos de machine learning para lograr resultados precisos y confiables.

3. Capacidad para justificar la configuración del modelo: Los estudiantes aprendieron a analizar y justificar las decisiones tomadas durante la configuración del modelo, como la selección de variables predictoras, la elección de algoritmos y la optimización de parámetros a través de la grilla de hiperparámetros. Han desarrollado un pensamiento crítico y una comprensión profunda de los fundamentos teóricos detrás de los modelos de Machine Learning.

4. Presentación y exposición del proceso de construcción del modelo: Los estudiantes han adquirido habilidades de comunicación efectiva al presentar el proceso de construcción del modelo y exponer los resultados obtenidos. Han aprendido a interpretar las predicciones del modelo, identificar limitaciones y potencialidades, y comunicar sus hallazgos de manera clara y concisa.

Estos resultados demuestran el valor y la efectividad de nuestra propuesta de enseñanza del machine learning con enfoque pedagógico de aprendizaje invertido. Los estudiantes han logrado adquirir conocimientos teóricos sólidos y habilidades prácticas en el campo del machine learning, preparándolos para enfrentar desafíos reales en el mundo de la inteligencia artificial.

**Conclusiones**

Hemos presentado un enfoque pedagógico innovador basado en el aprendizaje invertido, implementado a través de la enseñanza en línea utilizando Google Colab, el repositorio 7\_didactica\_ciencia\_datos en GitHub y los videos asociados a los cuadernos Jupyter en el canal de YouTube DimathData del profesor Marco Julio Cañas. A lo largo de la secuencia metodológica propuesta, hemos logrado alcanzar una serie de resultados de aprendizaje significativos en los estudiantes.

Nuestra propuesta ha demostrado que el aprendizaje invertido, combinado con el uso de herramientas tecnológicas como Google Colab, GitHub y YouTube, puede fomentar la participación activa de los estudiantes, potenciar su aprendizaje autónomo y mejorar su comprensión y aplicación del machine learning.

Esperamos que nuestra experiencia y los resultados obtenidos sirvan de inspiración para otras instituciones educativas y profesores interesados en mejorar la forma en que enseñan el machine learning. La educación basada en el aprendizaje invertido y el uso de herramientas tecnológicas puede impulsar el aprendizaje y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo de la inteligencia artificial.

Referencias bibliográficas:

- Géron, A. (2019). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. O'Reilly Media.

- Fan, X.; Zhong, X. (2022). Artificial intelligence-based creative thinking skill analysis model using human-computer interaction in art design teaching. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107957

- Lezcano, L.; Vilanova, G. (2017). Instrumentos de evaluación de aprendizaje en entornos virtuales. Perspectiva de estudiantes y aportes de docentes. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-InstrumentosDeEvaluacionDeAprendizajeEnEntornosVir-5919087%20(1).pdf

- Mendoza Jurado, H. F. (2018). Ciencia de datos una alternativa de análisis al crecimiento pedagógico del estudiante en educación superior. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-82832018000200006&script=sci\_abstract

- McKinney, W. (2022). *Python for data analysis*. " O'Reilly Media, Inc.".

Calderón Piedras, S. (2020). Guía metodológica introductoria a la ciencia de datos.