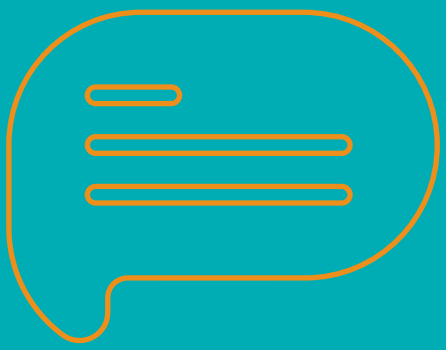
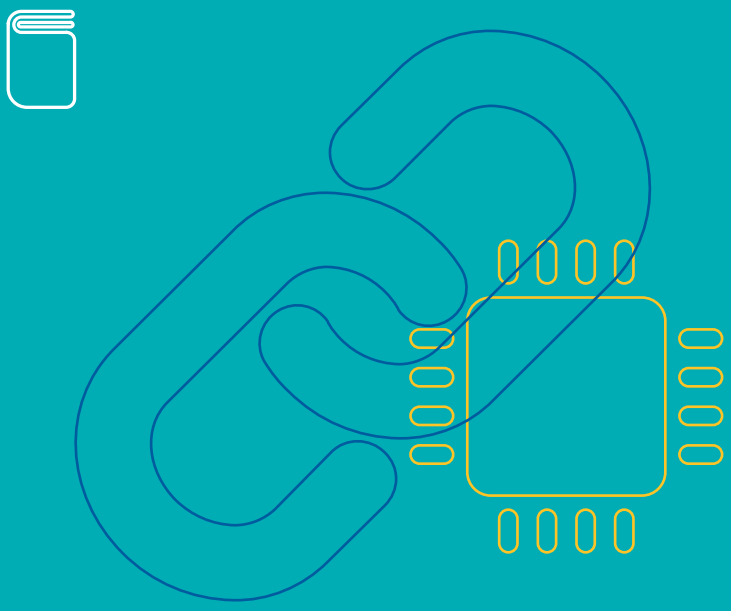
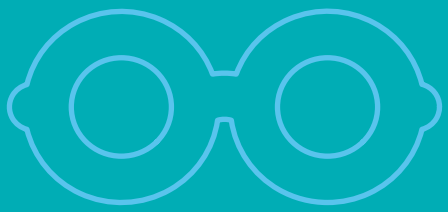
Construyendo Inteligencia Artificial para la educación

Ceibal







Autores:

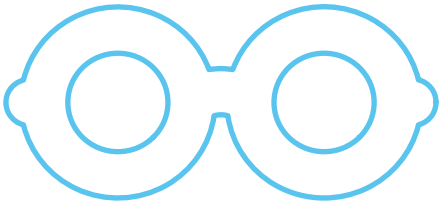
María Eugenia Curi
Víctor Koleszar
Germán Capdehourat
Emiliano Pereiro
Brian Lorenzo
Leandro Folgar

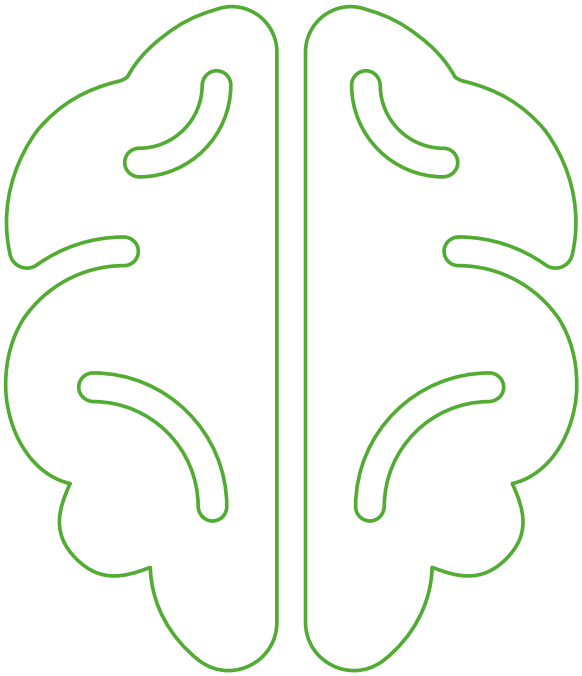
Prólogo: Cristobal Cobo

ISBN Obra independiente:
978-9915-9660-0-7

Construyendo Inteligencia Artificial para la educación

Inteligencia
Artificial





Autores

María Eugenia Curi es Ingeniera en Computación y estudiante de la maestría en Ciencias Cognitivas por la Universidad de la República (Udelar). Es también profesora de Matemática por la Universidad de Montevideo (UM), donde también ejerció como docente. En Ceibal trabaja en el equipo pedagógico de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial de Ceibal.

Para María Eugenia, el aprendizaje continuo, la perseverancia y la motivación son esenciales en el campo de la tecnología, donde los errores forman parte del proceso de innovación y avance.

Víctor Koleszar es Ingeniero en electrónica por la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Actualmente es estudiante de Maestría en Ciencias Cognitivas en Udelar y desde 2019, lidera y coordina el equipo pedagógico del programa de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial en Ceibal.

Víctor encuentra su inspiración combinando su formación técnica con su pasión por la creatividad para desarrollar soluciones novedosas y significativas.

Germán Capdehourat es Ingeniero Electricista, especialista en Telecomunicaciones y Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Udelar. Desde 2005 es docente del Instituto de Ingeniería Eléctrica. Integra el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) participando en diversos proyectos de I+D en las áreas de tratamiento de imágenes, redes inalámbricas y aprendizaje automático. Desde 2007 trabaja en Ceibal, donde participó del despliegue de la solución de conectividad en todo el país. Actualmente integra el equipo de I+D+i, como investigador y referente técnico, liderando proyectos de investigación y desarrollo.

Con foco en la investigación y el desarrollo de tecnologías innovadoras, Germán promueve estas herramientas como esenciales para el progreso y la evolución.

Emiliano Pereiro es licenciado en Sociología por la Universidad de la República y magíster en políticas educativas por la Universidad Torcuato di Tella (Argentina). Ha realizado un programa de desarrollo directivo en la Universidad Católica del Uruguay dónde recientemente se desempeña como tutor de trabajos finales de la Maestría en Metodologías Activas de Enseñanza. Desde 2019 se desempeña como jefe del área de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial de Ceibal.

Emiliano se define como un rioplatense militante por la incorporación del pensamiento computacional y la inteligencia artificial en la educación.

Brian Lorenzo es estudiante avanzado de Ingeniería Electrónica en la Universidad Católica del Uruguay, donde desde 2018 también se desarrolla como docente asistente en cursos de programación y electrónica enfocado en microprocesadores y lenguaje assembler. Desde 2021 forma parte del equipo de Investigación, desarrollo e innovación de Ceibal dónde se ha desarrollado en diversas áreas de conocimiento: innovación, tecnologías para la educación, inteligencia artificial, entre otras.

Para Brian es fundamental concebir la tecnología como un medio, y no un fin en sí mismo, totalmente indisociable de los aspectos sociales y humanos que involucra.

Leandro Folgar es el presidente de Ceibal, el centro de tecnologías e innovación educativa de Uruguay. Desde allí, lidera la estrategia nacional de Edtech enfrentando importantes desafíos durante la crisis del COVID-19. Es Licenciado en Educación (Universidad Católica del Uruguay, UCU) y Magíster en Tecnología, Innovación y Educación de la Universidad de Harvard. También obtuvo sus credenciales en negocios de Harvard Business School. Actualmente complementa su actividad como miembro de varias Juntas Directivas con la docencia universitaria de posgrado en la escuela de negocios de la Universidad Católica del Uruguay. Ex alumno Fulbright, empresario y consultor del sector empresarial, inició su carrera en educación como docente y acumuló 13 años de experiencia en diferentes roles escolares. Le apasiona la innovación, la tecnología, el aprendizaje, los equipos de alto desempeño, la evolución de la educación y su influencia en el futuro de nuestra sociedad global.

Índice

Prólogo 13

Capítulo 1: Viaje hacia la inteligencia artificial 19

Introducción 21

Breve recorrido del libro 23

¿Por qué enseñar inteligencia artificial? 24

Ceibal y el contexto educativo sobre pensamiento computacional e inteligencia artificial 27

Marco referencial para la enseñanza de inteligencia artificial 29

Principios 30

Dimensiones 31

Capítulo 2: ¿Qué es la inteligencia artificial? 33

¿Qué es la inteligencia? ¿Cuántas son? 35

Lo artificial de la inteligencia 36

¿Qué significa que la máquina aprende? 37

¿Qué puede hacer la inteligencia artificial? 39

Dimensión: ¿Qué es la inteligencia artificial? 42

Actividades para el aula 44

Capítulo 3: ¿Cómo funciona la inteligencia artificial? 53

¿Cómo se representa y comprende el mundo artificialmente? 56

¿Qué le enseñamos a las computadoras? El rol humano en la definición de representación y aprendizaje 58

¿Cómo puede aprender una computadora?

Aprendizaje computacional 61

Distintos tipos de aprendizaje computacional 64

De reconocer perros y gatos a construir ChatGPT 66

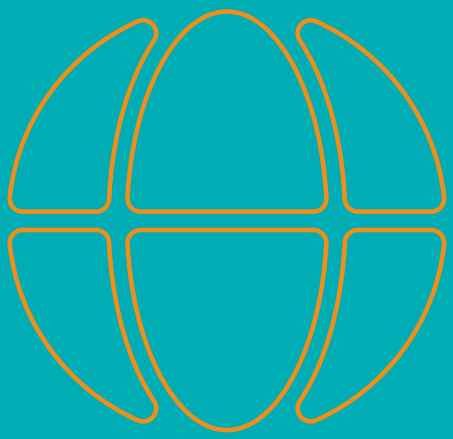
Dimensiones 69

Representación del conocimiento 69

Aprendizaje computacional 70

Actividades para el aula 72

Capítulo 4.1: ¿Cómo usar la IA? Enfoque computacional **85**
El potencial de las computadoras **88**
Pensamiento computacional **88**
Inteligencia artificial **91**
Fortalezas y debilidades de la inteligencia artificial **94**
Dimensión: Enfoque computacional **96**
Actividades para el aula **98**
Capítulo 4.2: ¿Cómo usar la IA? Aspectos éticos e impacto social **107**
¿Utopía or distopía? **109**
Problemas intrínsecos a la inteligencia artificial **109**
Aspectos éticos y responsabilidad de la IA **111**
¿Cómo debería usarse la inteligencia artificial? **112**
Imaginar el futuro de la inteligencia artificial **112**
Dimensión: Uso ético e impacto social **114**
Actividades para el aula **116**
Capítulo 5: Inteligencia artificial y la autonomía digital de los sistemas educativos **123**
Tecnologías y Educación **125**
Contexto mundial sobre políticas de IA en educación **127**
Oportunidades de la IA en la educación latinoamericana **131**
Desafíos para superar **133**
El rol docente en la integración de la IA **135**
Evaluando políticas de educación en IA: métricas y evaluación **137**
Prospectiva **141**
Necesidades y oportunidades que brinda la IA **143**
Condiciones básicas para la introducción de la IA en los sistemas **146**
¿Qué debe seguir siendo humano? **148**
Reseñas **151**
Referencias bibliográficas **157**

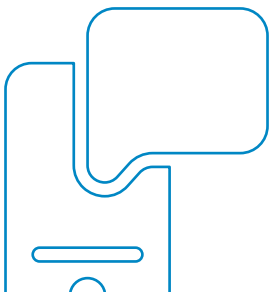


Prólogo

Escribir un prólogo sobre inteligencia artificial es como relatar el final de un partido de fútbol antes de que haya terminado. Inevitablemente el texto quedará obsoleto. Pero la obsolescencia no es necesariamente mala. Es parte de la naturaleza del conocimiento, siempre en evolución. En este caso, nos referimos a una tecnología en constante transformación. Se trata de una tecnología que nos posibilita nuevas formas de construir, procesar, reconstruir, pero también trastocar y manipular conocimiento, con una sofisticación sin precedentes.

En las últimas décadas, pero aún más en los últimos meses, las grandes compañías tecnológicas, sobre todo aquellas especializadas en el procesamiento de grandes volúmenes de datos, han impulsado una rápida reformulación del concepto de inteligencia artificial (en adelante IA). Es difícil imaginar una tecnología que haya tenido un impacto tan grande en diversos sectores de la sociedad en un lapso tan corto. Si bien la electricidad, al igual que la IA, fue una tecnología disruptiva y multiuso, tomó varias décadas para ser ampliamente implementada e iluminar ciudades y, de ese modo, tener un impacto generalizado en la sociedad. En cambio, los ciclos de expansión de la inteligencia artificial han sido mucho más vertiginosos.

Pero no todas las instituciones se enfrentan a la velocidad con la misma versatilidad. Algunas personas sugieren que es necesario actualizar las instituciones del siglo XIX para enfrentar y navegar en un mundo en constante reconstrucción impulsado por la IA. Del mismo modo, las estructuras reguladoras, las normativas y los marcos legales, éticos, sociales y culturales se ven tensionados por estas tecnologías, las cuales comprimen y alteran ámbitos que antes tenían un amplio margen de influencia y que ahora se ven claramente amenazados.



No es ninguna sorpresa decir que esta tecnología plantea retos y oportunidades. Quienes han trabajado en educación o tecnología saben que muchos de los desafíos, aunque no todos, no son nuevos. La inclusión, el desarrollo de habilidades o el fomento del pensamiento independiente y crítico han sido retos y preocupaciones constantes en la agenda educativa. Sin embargo, también surgen nuevos desafíos, como la capacidad de distinguir cuándo el conocimiento (o sus derivados) son creados por personas o por sistemas automáticos.

Existen también otros riesgos, como la dependencia excesiva en la toma automática de decisiones por parte de los sistemas automatizados. Algunos investigadores plantean la posibilidad de que perdamos la capacidad de tomar decisiones autónomas, conocida como la "agencia". Este aspecto no era tan evidente en tecnologías anteriores. Si bien una calculadora nos puede ayudar con tareas matemáticas o una libreta de notas puede asistir en la memorización, la capacidad de integración y procesamiento de información de la IA permite que muchos de estos procesos funcionen con éxito operando en vez de nosotros (hay quienes hablan de una bicicleta para el cerebro).

Al comparar las características de la IA generativa con la capacidad cognitiva humana, surgen cuestiones interesantes que han captado la atención de las personas involucradas en el desarrollo de estas tecnologías. Por ejemplo, algunas tecnologías artificiales generativas recientes pueden tener hasta mil millones de parámetros, y su capacidad de memorización es sorprendente. En contraste, el cerebro humano cuenta con cien mil millones de conexiones. Pero personas y máquinas aprendemos de manera diferente. Lo que nos diferencia a las personas es nuestra capacidad para conectar experiencias, generalizarlas, extrapolarlas, vincularlas y asociarlas. Es decir, aunque tenemos una capacidad inferior a la IA para memorizar datos, nuestro aprendizaje se enriquece y amplifica a través de la combinación de viejas y nuevas experiencias. Esto nos da pautas para pensar en cómo diseñar un proceso formativo que no se centre únicamente en la acumulación de datos, sino en la asociación de diferentes experiencias que promuevan un aprendizaje más enriquecedor.

Pero el cerebro humano es inquieto y curioso. Aquí, algunas de las interrogantes que hoy alimentan nuestra curiosidad. ¿Debemos ajustar los procesos educativos y de evaluación? ¿Cuáles son las habilidades que tenemos que desarrollar? ¿De qué manera una fluidez en inteligencia artificial se complementa o no con el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional o habilidades digitales? ¿Cómo enseñar al estudiantado a aprender tanto con máquinas como sin ellas? ¿Cómo saber cuándo la interacción entre personas es fundamental y no debe ser sustituida por sistemas autónomos? ¿Cómo estas máquinas pueden ayudarnos a aprender mejor? ¿Puede la personalización del aprendizaje con IA apoyar a estudiantes con dificultades de aprendizaje? Muchas de estas cuestiones aún quedan en un campo de incertidumbre. La evidencia suele llegar después de la experiencia. Pero eso no debería detenernos. Por eso es tan importante esta publicación, que abre un espacio para el debate y la reflexión sobre cómo entender esta tecnología, cómo navegar entre sus oportunidades, pero también conocer sus riesgos, que no son pocos. Tan importante como el pensamiento crítico es la intuición y el sentido común, que son mucho más difíciles de parametrizar por estos sistemas sintéticos. Así como la empatía, la emoción y el conectar con otras personas. Esas cuestiones hacen que la educación entre personas siga jugando un rol central, pero eso no implica que no esté la posibilidad de que podamos caminar, quizás para llegar más lejos, o en otras direcciones, con el uso de esta tecnología.

El listado de riesgos que estas tecnologías plantean no es menor. Es importante tenerlos claros y buscar acciones para entenderlos. Por ejemplo, la sobre- o infrarrepresentación de algunas realidades. Recopilar datos y procesarlos sin que quede claro cómo se jerarquizan dentro de los algoritmos también puede generar problemas. Cuando contamos con datos que infrarrepresentan algunas culturas, lenguas o regiones, también pueden generarse efectos no deseados. Cuando estas tecnologías automatizan recomendaciones o decisiones sin que quien las recibe tenga posibilidad de entender o de pedir orientación, también puede ser una fuente de riesgos. Todos estos tienen que ser componentes que se habrían de tomar en consideración a la hora de formar a docentes y estudiantes, y en general, mucho más allá, a la hora

de formar a una ciudadanía que tendrá que vivir en un mundo en que podrán aprender de estas máquinas, pero también podrán trabajar con estas máquinas y en algunos casos trabajar para estas máquinas. Como ocurre hoy en algunos lugares donde hay personas revisando, entrenando o depurando los resultados (*outputs*) de estos algoritmos.

Hay un desafío fundamental que será necesario explorar y es cómo esta tecnología viene a redefinir nuestra relación con el texto escrito, con la lectura, dada su capacidad de reconocimiento de voz y la capacidad de transformar de voz en texto y de texto en voz. Todo ello hace que la oralidad vuelva a tener una función fundamental como interfaz de acceso a contenido. Pero eso genera algunas tensiones. Puede haber un potencial deterioro en algunas cuestiones que tienen directa relación con el proceso de aprendizaje como, por ejemplo, y como es bien sabido, la lengua escrita es muy rica en cuanto a léxico, gramática y vocabulario y el lenguaje oral es una versión simplificada de ello. Por lo tanto, la invitación es a pensar en esto especialmente a la hora de educar en edades tempranas y pensar bien cuándo, cómo y dónde es buena idea utilizar estas máquinas para reemplazarlas por interfaces más tradicionales como la lectoescritura. Y quizás, como plantea un reconocido científico del Instituto Tecnológico de Massachusetts, el lenguaje natural de las personas puede incluso llegar a reemplazar o transformar nuestra comprensión clásica sobre la programación en código. Algunos ven con enorme expectativa que esto puede llegar a democratizar el hecho de que más personas tengan la posibilidad de aprender a programar sin que sea necesario utilizar un alto nivel de abstracción. Sin embargo, todos ellos son interrogantes que tendremos que ir despejando a medida que avanzamos.

Este prólogo no puede tener una conclusión. Estamos hablando de un campo en plena expansión. Por eso, propongo que nos conformemos con una (in)conclusión. La IA tiene el potencial de transformar la educación de manera significativa, brindando oportunidades para mejorar la personalización, la eficiencia y la calidad del aprendizaje. Sin embargo, también plantea desafíos y requiere una cuidadosa consideración en su implementación. Muchos de los desafíos ni siquiera los conocemos. La colaboración entre educadores, personas expertas en IA y responsables políticos es fundamental para garantizar que la tecnología se utilice de

manera ética y efectiva, y que se promueva un enfoque equilibrado que combine las fortalezas de la IA con la experiencia y el juicio humano.

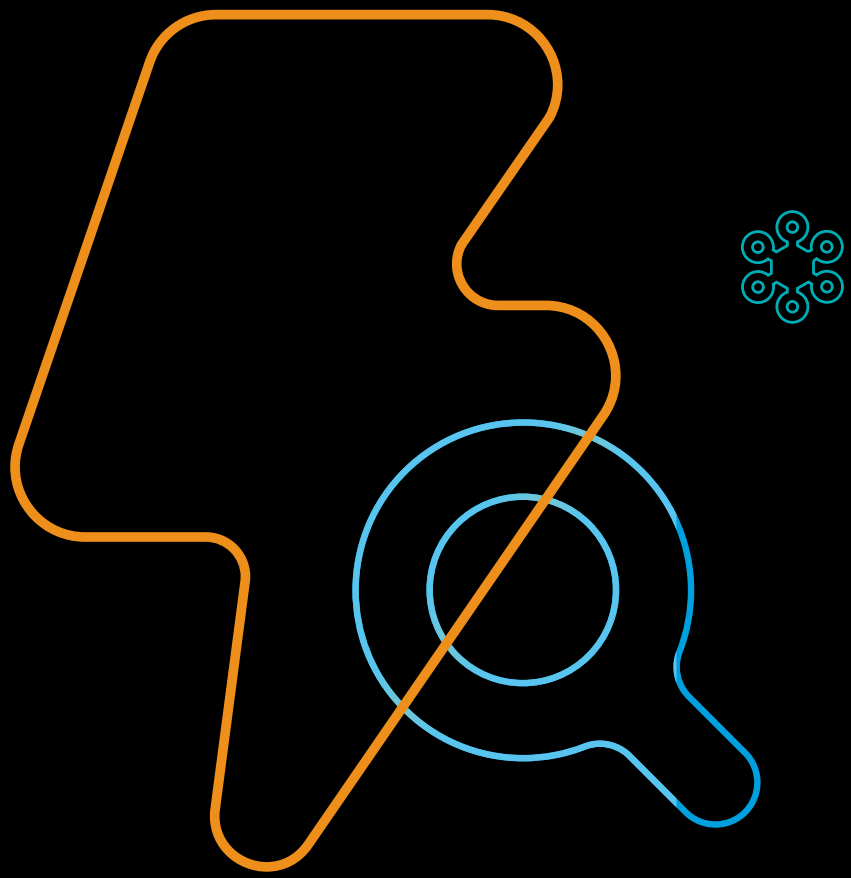
Antes de (in)concluir, quisiera compartir una anécdota: se dice que este prólogo estaba destinado a ser redactado por un agente de IA generativa. Sin embargo, ninguna de las personas que escribieron este libro quedó satisfecha con los prólogos entregados por estos chatbots.

Dada la transparencia que tuvieron a la hora de hacerme la invitación, no tuve problemas en haber sido su "plan B" para la elaboración de este prólogo. Es más, me llena de honra poder contribuir en esta importante publicación, aunque también me lleva a reflexionar: ¿cuánto tiempo más seremos los seres humanos los únicos capaces de crear contenidos de calidad?

Cristobal Cobo

Capítulo 1

Viaje hacia la inteligencia artificial



Introducción

El creciente movimiento global de la educación, enfocado en integrar las competencias para el siglo XXI, enfrenta nuevos y significativos desafíos debido al acelerado avance de la inteligencia artificial (IA). La IA, al igual que cualquier tecnología, es objeto tanto de esperanzas como de miedos, lo que plantea importantes debates.

El auge de los generadores de texto y los chatbots con IA son, en gran medida, el punto de partida para repensar la práctica educativa, la inclusión de las tecnologías en el aula y los aspectos éticos de su uso. Quizás el cambio mayor está en la accesibilidad masiva a estas herramientas, ya que el primer chatbot conocido como *Eliza* fue lanzado en 1966 en el MIT y en 1997 la IA ya le ganaba a los humanos jugando al ajedrez. Desde esa época hasta el presente, la mayoría de las personas interactúan a diario y en distintos ámbitos con máquinas que hacen uso de la IA, ya sea a través de traductores o en sistemas de recomendación de series o música.

Este proceso histórico sobre la inteligencia artificial no solo demuestra que han existido momentos de mayor y menor repercusión en la sociedad (por ejemplo, en el denominado 'invierno de la IA'), también permite visualizar avances en relación con el potencial de las personas. Esta idea de convertir el conocimiento adquirido por la computadora en una oportunidad de mejora del individuo o de la sociedad hace referencia al concepto de *inteligencia aumentada*, que es la clave para comprender el rol humano respecto a las computadoras, así como sus implicaciones en los objetivos de la educación (Holmes et al., 2019).

A escala local, y en la misma línea, la Estrategia de Inteligencia Artificial de Uruguay establece como finalidad que la IA potencie las habilidades

de las personas, complementándolas y mejorando su calidad de vida (Agesic, 2020). Para que estas declaraciones se tornen realidad, es preciso y necesario educar a las generaciones más jóvenes en esta área, y brindar también el acompañamiento en el uso de estas herramientas a nivel general (Gennari et al., 2023).

En este contexto dinámico y cambiante, este libro es una invitación para cada docente a conocer algunos elementos centrales de la IA, sus potenciales y limitaciones. En este sentido, busca ser una herramienta para alfabetizar y generar discusiones profundas, en nuestra región, sobre las competencias relevantes para trabajar en educación relativas a las tecnologías que incorporan IA. Dos ideas centrales sobrevuelan el recorrido del libro: la intención de desarmar las nociones de inteligencia y la de desmitificar los aspectos mágicos de la IA. Estos dos elementos, asociados a los aspectos culturales, son el principio para poder rearmar una comprensión ajustada de la IA.

Breve recorrido del libro

En las siguientes páginas de este primer capítulo se presenta el contexto desde donde surge la necesidad de este libro, y un marco referencial que busca ser una guía para la promoción de la alfabetización en IA.

Los capítulos subsiguientes están diseñados para explorar en profundidad los conceptos fundamentales de la IA, proporcionando un análisis detallado de los elementos clave que componen cada dimensión. Este enfoque se complementa con una serie de actividades diseñadas específicamente para enriquecer el aprendizaje en el aula. Cada actividad está diseñada para ser breve y flexible, lo que permite a cada docente ajustarla a las necesidades de sus grupos de estudiantes y relacionarla con el área temática que esté abordando. Además, incorpora al menos una herramienta basada en IA y está estructurada para incluir momentos de metacognición, tanto durante como al finalizar la actividad, con el fin de estimular la reflexión individual o colectiva sobre el proceso de aprendizaje.

El quinto capítulo aborda cómo la IA puede influir y ser integrada en las políticas educativas en el ámbito regional, explorando sus potenciales oportunidades y desafíos. Finalmente el sexto capítulo, por su parte, ofrece un análisis profundo y reflexivo sobre el futuro de esta tecnología en el sistema educativo, considerando tanto las promesas como las posibles incertidumbres que la IA representa para la evolución de la educación.

¿Por qué enseñar inteligencia artificial?

Antes de avanzar a las razones de por qué abordar esta temática en la educación es conveniente, al menos de forma general y resumida, hablar de qué se entiende por IA.

El término *inteligencia artificial* no es reciente, de hecho, fue acuñado a finales de los años cincuenta. Las definiciones del término han ido evolucionando a lo largo de este tiempo, no sin falta de discusiones, y en la actualidad de forma general puede hacer referencia a cómo las máquinas logran replicar determinadas características de la inteligencia humana, vinculadas, por ejemplo, a la percepción, ciertas formas de aprendizaje o razonamiento, la resolución de problemas, la capacidad lingüística e incluso el trabajo creativo (Unesco, 2023a). Esta definición, no necesariamente acabada, nos permite avanzar en la conceptualización de este término que abarca muchas capas.

La rápida expansión de la IA en diferentes aspectos de nuestras vidas despierta viejos cuestionamientos sobre la necesidad de preparar a cada estudiante para interactuar de manera efectiva con esta tecnología en constante evolución. A medida que aumenta la cantidad de herramientas con IA disponibles de forma libre para docentes y estudiantes, se generan debates en torno a su uso en las aulas. Prohibir de manera generalizada el uso de estas tecnologías no parece una estrategia factible ni recomendable. Entre otros factores, podría limitar las opciones futuras de la comunidad estudiantil, además de que podría contribuir a incrementar la brecha digital (ISTE, 2023). En el otro sentido, algunas iniciativas buscan generar conciencia a través de criterios para determinar cuándo es seguro emplear generadores de texto con IA (MinEduc, 2023). En la perspectiva de quienes promueven el uso de IA, surge también la creación de guías, herramientas y actividades para el aula (Tedre et al., 2021a). En general, estas guías sugieren emplear estas herramientas como un complemento al trabajo docente, enriqueciendo

la planificación y diversificación de las propuestas pedagógicas en el aula (Herft, 2023; Unesco, 2023b). Por ejemplo, hacer uso de los chatbots que utilizan IA generativa como primer acercamiento a un tema, desafiando al grupo de estudiantes a solicitar ejemplos, a generar diálogos para recibir retroalimentación sobre sus entregas, a comparar esa información con otras fuentes y pedir asistencia en la resolución de problemas (Miller, 2023; Holmes et al., 2023).

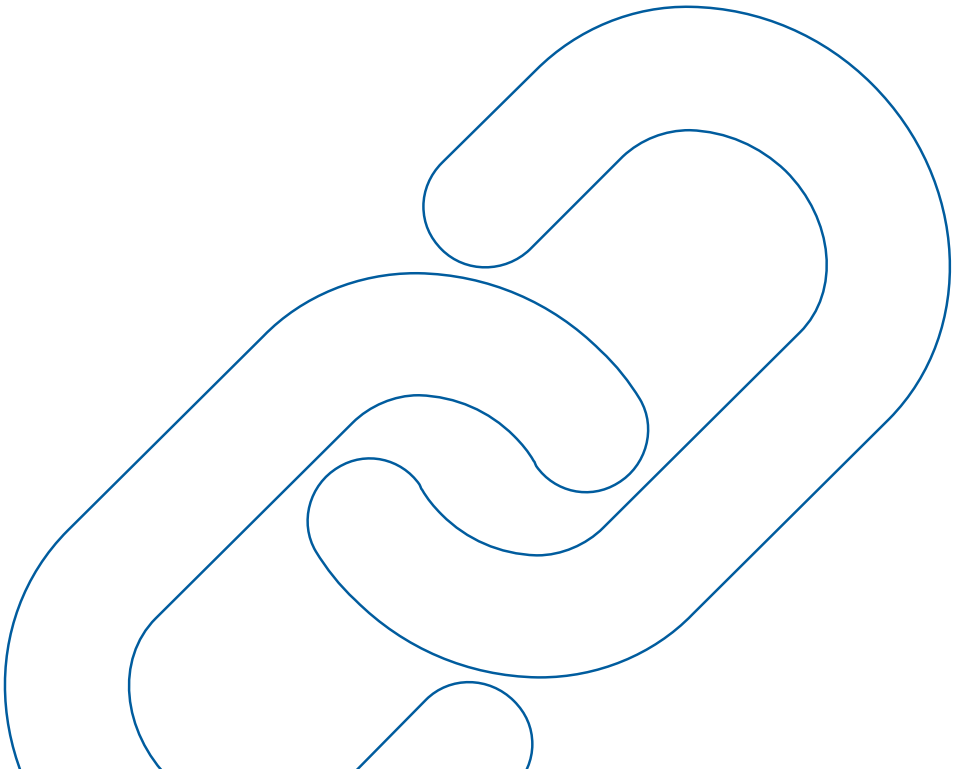
Más allá de este tipo de uso, entendemos que enseñar sobre IA prepara a la comunidad docente y al estudiantado para los desafíos y oportunidades del futuro, además de fomentar el desarrollo de competencias o habilidades críticas como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad y la toma de decisiones. Detrás de la enseñanza del pensamiento computacional o de la IA subyace la idea de enseñar a pensar, y es que en el fondo el aprendizaje es consecuencia del pensamiento (Ritchhart et al., 2014).

En este sentido, el aprendizaje del pensamiento computacional y de la inteligencia artificial están entrelazados y superpuestos, ya que la inteligencia artificial es un medio para realizar o materializar la inteligencia. Detrás de la abstracción y formulación del problema en términos que la computadora pueda procesarlo, está la idea de que cuando una persona puede enseñarle algo a una computadora, comprende realmente el problema (Knuth, 1974). Y en este proceso, al ser más consciente de su propio pensamiento y de las estrategias y procesos que utilizan para pensar, cada estudiante se vuelve más metacognitivo (Ritchhart et al., 2009).

Como competencia cognitiva compleja que incluye habilidades, como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, el pensamiento computacional también viene ganando terreno en las comunidades educativas y los marcos referenciales de los países (Bocconi et al., 2022), lo que en buena medida es un panorama alentador respecto a la irrupción de la IA.

Vale la pena destacar que la alfabetización en IA no solo aborda el aprendizaje de los fundamentos científicos y tecnológicos, sino también el conocimiento y la reflexión crítica sobre cómo desarrollar una IA confiable y las consecuencias de no hacerlo (Long y Magerko, 2020).

Los sistemas con IA incluyen sesgos que pueden perjudicar de manera significativa a las personas pertenecientes a grupos minoritarios y, al mismo tiempo, pueden beneficiar sistemáticamente a quienes forman parte de grupos hegemónicos (Ferrante et al., 2022). En consecuencia, la ciudadanía digital y la IA también están estrechamente relacionadas, en tanto que problematizan sobre el uso, la responsabilidad y ética que atraviesan las tecnologías. Para que cada estudiante pueda usar la tecnología con pensamiento crítico y desarrollar habilidades para crear herramientas, es necesario que tenga conocimientos sobre de qué se trata la IA y cómo funciona (ISTE, 2022). Se busca potenciar las comunidades educativas, enfatizando el rol humano en el acceso, uso y desarrollo de sistemas con IA, para promover una mirada inclusiva y de equidad (Unesco, 2023b).



Ceibal y el **contexto educativo** sobre pensamiento computacional e **inteligencia artificial**

Desde su inicio en 2007, Ceibal ha liderado la iniciativa de proveer a cada estudiante y docente del sistema educativo público uruguayo, desde primer grado de primaria hasta tercer grado de educación media, con dispositivos tecnológicos y servicios de internet. A lo largo de los años, Ceibal ha redefinido sus énfasis e innovado en programas, recursos y desarrollo profesional docente conforme al avance de la sociedad y la tecnología. Su misión es la de promover la integración de tecnologías digitales en la educación, con el fin de mejorar los aprendizajes e impulsar procesos de innovación, inclusión y crecimiento personal. En este marco, Ceibal impulsa distintas iniciativas educativas asociadas a la IA, a través de varios programas y estrategias de desarrollo profesional y recursos para el aula[1] y la reflexión docente[2]. En particular, en 2017 se crea el programa de Pensamiento Computacional, una iniciativa que fomenta un modelo educativo colaborativo, donde un docente de Ciencias de la Computación interactúa mediante videoconferencia con un grupo de estudiantes y su docente de aula. Se trata de un programa optativo, en horario curricular, que abarca la mayoría de las escuelas públicas de Uruguay.

Si bien el marco referencial de Pensamiento Computacional (Ceibal, 2022) constituye un punto de partida para el abordaje de la IA, hay algunas novedades asociadas al aprendizaje automático y a la IA que hacen necesario extender dicho marco para poder tratarlas en el aula (Tedre et al., 2021b). Por ejemplo, el aprendizaje computacional introduce nuevos conceptos, como la depuración de datos, el entrenamiento y la evaluación de algoritmos, así como elementos claves asociados a este proceso, como pueden ser la clasificación y sus sesgos.

1 Secuencia de actividades para el aula de Pensamiento Computacional: https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/recursos/
2 Iniciativa del programa de Ciudadanía Digital de Ceibal: https://ceibal.edu.uy/institucional/ciudadania-digital/

Estos cambios implican la necesidad de una actualización en el marco para dar más lugar y especificidad a la temática. En tal sentido, Tedre et al. (2021b) proponen el desarrollo de una nueva conceptualización del pensamiento computacional, que incluye elementos fundamentales del aprendizaje computacional y de la IA. Del mismo modo, el marco referencial de Pensamiento Computacional de Ceibal también está en proceso de transformación y ajuste para acompañar los avances observados en la temática. Igualmente, mientras se transita ese proceso general, en este libro se propone la definición de un marco más acotado y específico para abordar la IA, que nos permita avanzar de manera rápida y efectiva, sin entrar en revisiones más fundamentales que podrían dilatar la incorporación de dicha temática en el corto plazo, pero también sin desconocer la profunda conexión entre el pensamiento computacional y la IA, que se materializa, por ejemplo, en que comparten los principios y algunos elementos de las dimensiones que conforman ambos marcos.

Marco referencial para la enseñanza de **inteligencia artificial**

Esta propuesta de marco busca proporcionar una estructura para el diseño de programas de estudio y la planificación de actividades de enseñanza y aprendizaje que fomenten una comprensión profunda de la IA y promuevan competencias para que cada estudiante logre analizar, diseñar y resolver problemas utilizando principios computacionales.

A través de un enfoque integrado e interdisciplinario, se pretende desarrollar la alfabetización en IA y abordar aspectos éticos y sociales asociados a su uso, promoviendo una reflexión informada y responsable sobre el impacto en la sociedad y el individuo. Al establecer un marco competencial contextualizado, este documento busca proporcionar a la comunidad de educadores una guía para la integración de la IA y el pensamiento computacional en el ámbito educativo. A través de la implementación de estrategias didácticas innovadoras y el uso de herramientas tecnológicas apropiadas, se espera potenciar el desarrollo de habilidades relacionadas con el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración. Asimismo, se busca fomentar una mentalidad abierta y adaptativa en cada estudiante, que configure las bases para enfrentar los desafíos y las oportunidades que la IA y las tecnologías digitales traen consigo.

En resumen, el marco referencial aquí descrito ofrece un enfoque general para la educación en IA, con el objetivo de formar una ciudadanía crítica y ética en el uso y la comprensión de esta tecnología y su potencial transformador. Busca ser una herramienta para promover la alfabetización en IA, entendida como un conjunto de competencias que permite a las personas conocer y evaluar críticamente las tecnologías de IA, utilizar herramientas con IA, comunicarse, colaborar y tomar decisiones con y sobre la IA (Long y Magerko, 2020), y también promover distintas habilidades de pensamiento y conocimientos que potencialmente permiten crear con IA. El marco incluye una serie de principios guía, dimensiones conceptuales y competencias asociadas.

Principios

Los principios del marco son características fundamentales y se incorporan de forma transversal a todas las propuestas de trabajo para el aula. En este sentido, no son elementos intrínsecos del pensamiento computacional o de la IA, sino pautas que guían la construcción de propuestas y actividades para generar los entornos de aprendizaje.

EQUIDAD

Educar teniendo en cuenta las diferencias y las necesidades individuales y colectivas, sin que las condiciones económicas, demográficas, geográficas, étnicas o de género repercutan en la educación de cada estudiante.

COLABORACIÓN

Trabajar en equipo de manera independiente y sinérgica. Desarrollar habilidades interpersonales y de organización en un equipo para asumir desafíos. Tomar decisiones conscientes y contribuir con el aprendizaje de las demás personas.

CREATIVIDAD

Tener una visión proactiva y creativa, hacer preguntas adecuadas para generar oportunidades e ideas novedosas. Transformar esas ideas en acciones con impacto social.

PERSPECTIVA CRÍTICA

Evaluar críticamente la información y los argumentos, identificar patrones y conexiones, desarrollar conocimiento significativo para aplicarlo al mundo real y reflexionar sobre sus efectos.

METODOLOGÍAS ACTIVAS

Utilizar métodos, técnicas y estrategias que conviertan a cada estudiante en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje y fomenten la participación activa y la curiosidad de cada estudiante en la construcción de su aprendizaje.

AUTONOMÍA

Promover la exploración, incorporando los errores como parte del proceso, asumiendo riesgos y tomando la iniciativa como estrategia para involucrarse activamente en el proceso de creación, fomentando así la motivación intrínseca de cada estudiante.

Dimensiones

Las dimensiones son temas, conceptos o ideas poderosas que sirven para ordenar, diseñar e implementar propuestas pedagógicas. Se relacionan de forma directa con las competencias promovidas para avanzar en el proceso de alfabetización en IA (Kim et al., 2021; Long y Magerko, 2020; Ng et al., 2021; Olari y Romeike, 2021; Sentance y Waite, 2002).

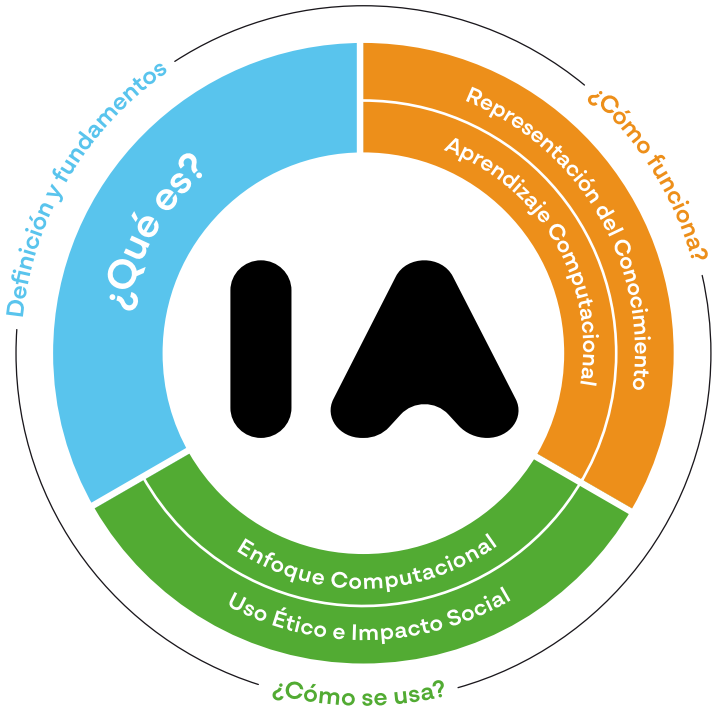


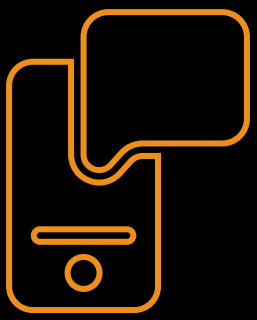
Figura 1. Dimensiones del marco referencial de IA.

Las tres preguntas que guían las dimensiones (ver figura 1) y en definitiva el desarrollo de este libro son:

¿Qué es la IA? **¿Cómo funciona?** **¿Cómo se usa?**

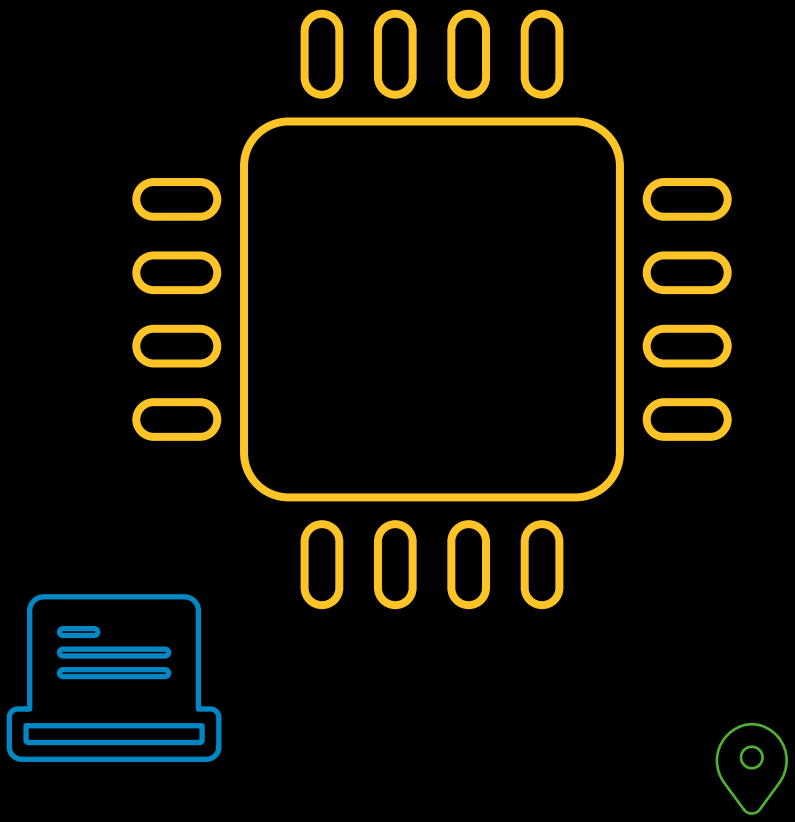
En los siguientes capítulos se desarrollan las dimensiones y competencias asociadas a estas tres preguntas centrales, para pensar la educación hoy en la era de las tecnologías digitales y la IA.

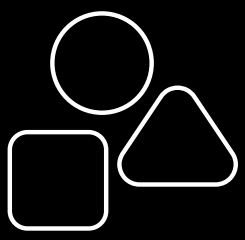
Además se considera los siguientes marcos de referencia en la temática: AI4K12 (Touretzky et al., 2019) y AI Literacy (Long y Magerko, 2020). En cada capítulo veremos el paralelismo entre los conceptos y competencias de cada uno de ellos con las dimensiones planteadas en el presente marco.



Capítulo 2

¿Qué es la **Inteligencia Artificial?**





¿Qué es la Inteligencia Artificial?

El término *inteligencia artificial* aparece en 1956, en un encuentro académico en la Universidad de Dartmouth de Estados Unidos. Su origen se remonta a los inicios de las ciencias de la computación, pero sería recién varias décadas más tarde que su uso se volvería más popular. En los últimos años se ha extendido a otros ámbitos fuera de la academia y tiene una presencia mediática cada vez mayor.

Si bien es probable que aún estemos en etapas muy tempranas de lo que será posible ver a futuro con estas tecnologías, el desarrollo actual ya ha generado diversas aplicaciones cuya influencia se hace cada día más visible en nuestras vidas cotidianas. Sistemas de recomendación, generación de textos, reconocimiento de imágenes y visión por computadora son solamente algunos ejemplos en esta línea.

¿Qué es la inteligencia? ¿Cuántas son?

Para poder definir la IA es pertinente hablar primero del concepto de *inteligencia*. Si buscamos la definición en el diccionario de la RAE[3], allí aparecen términos tales como la *capacidad de aprendizaje* y *resolución de problemas*, entre otras palabras como *habilidad*, *destreza* o *experiencia*.

Si bien esta es la definición formal, no siempre se aplica de la misma forma en el uso coloquial, en el que entran en juego además otros aspectos culturales. Por ejemplo, es más habitual decir que una persona es inteligente si sabe hacer cálculos mentales complejos que si juega bien al fútbol. Sin embargo, si miramos la definición del diccionario, ambos casos serían ejemplos donde se requiere incorporar conocimiento, aprender ciertas habilidades y lograr llevar a cabo la tarea con destreza.

3 https://dle.rae.es/inteligencia

Si exploramos la evolución histórica del concepto, según Hermann Ebbinghaus la inteligencia es la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, mientras que para Alfred Binet es un concepto que hace referencia a atributos específicos como la memoria, la percepción, la atención y el intelecto. Fue Binet quien comenzó los primeros intentos formales de medir la inteligencia vinculados al cociente intelectual (IQ), y presentó el primer test en 1905 (Binet-Simon). En una línea similar, Charles Spearman introdujo la noción de inteligencia general (o factor G).

En 1985, Robert Sternberg se distancia de estas teorías clásicas al proponer tres categorías de inteligencia: habilidades analíticas, creativas y prácticas. Posteriormente, en 1995, Daniel Goleman popularizó el concepto de inteligencia emocional. Es necesario también nombrar a Howard Gardner, quien en 1993 presentó la teoría de inteligencias múltiples, identificando siete tipos: lógico-matemática, lingüística, musical, espacial, intrapersonal, interpersonal o social y corporal-sinestésica.

Esta ambigüedad que planteamos en torno a la conceptualización de la inteligencia se torna aún más compleja si entramos en el terreno de comparar la inteligencia humana con la de otros seres vivos. Más allá de los grandes avances científicos que se han logrado en la investigación del tema, las diferencias y similitudes siguen siendo un debate abierto que aún genera interés e investigación.

La propia evolución de la sociedad y la cultura exige, a la vez que construye, estos cambios de la valoración sobre la inteligencia. En definitiva, la inteligencia humana es parte y producto de un acumulado sociocultural, y que además nos trajo hasta este presente.

Lo artificial de la inteligencia

La sección previa ilustra una dificultad a la que nos enfrentamos para definir la IA, que en parte corresponde a la propia imprecisión heredada del término inteligencia. A esto se suma además la evolución en el tiempo que los conceptos tienen, más cuando se trata de algo asociado a temas científicos y vinculado al desarrollo tecnológico.

Con base en lo anterior, no podemos esperar tener una definición concreta y precisa de IA, pero sí fijar ideas sobre a qué refiere habitualmente el término, sabiendo que puede ser algo con límites difusos y que con el tiempo pueda seguir evolucionando.

Quizás sea más fácil comenzar por la segunda parte del término, "artificial", cuya acepción más adecuada para este caso es la que se contrapone con lo natural, es decir, algo falso. Esto nos acerca bastante al punto al que queremos llegar, que es justamente una inteligencia humana falsa. En particular, el interés se centra en replicar la inteligencia humana, y su implementación está basada en máquinas o computadoras y programas informáticos. Vale aclarar la paradoja o debate que encierra esta idea de lo 'falso' o 'no natural' contrapuesto a lo humano como lo natural, porque en realidad no deja de ser una construcción humana.

De forma aproximada o generalista, podemos decir que la IA es aquella que se asemeja en algunos aspectos a la humana, y por tanto la asociamos a procesos o funciones cognitivas relacionadas con la percepción, la memoria, la asociación, el aprendizaje, la comunicación, el razonamiento y la resolución de problemas, pero implementada mediante máquinas y lenguajes de computación. Esto se resume en el relevamiento de la Unesco sobre currículos de IA (Unesco, 2023a), como "máquinas que replican determinadas características de la inteligencia humana".

¿Qué significa que la máquina aprende?

Uno de los términos más utilizados asociados a la IA es lo que llamamos 'aprendizaje computacional' o 'aprendizaje de máquina' (del inglés machine learning). Como el término lo expresa, estamos hablando de máquinas capaces de aprender, por lo tanto es importante explicar qué significa que una máquina aprende.

Para que una computadora pueda aprender, son necesarios tres elementos fundamentales: datos, capacidad de cómputo y algoritmos eficientes.

En primer lugar, se precisa darle a la máquina el conocimiento sobre el problema que se quiere que aprenda. Para ello, decimos que los datos deben tener ciertas características. Como veremos más adelante, el aprendizaje suele ser supervisado, lo que implica que los datos tienen que estar etiquetados. Es decir que no son meramente información cruda, sino que están acompañados de cierto conocimiento que buscamos que la máquina incorpore.

Por ejemplo, si queremos que una computadora sea capaz de distinguir entre imágenes de perros e imágenes de gatos, por un lado vamos a precisar ejemplos de cada una de las categorías. Es decir, que precisamos imágenes de perros y gatos y, además, la etiqueta correspondiente para cada foto que indique si es un perro o un gato. Es fundamental que notemos la relevancia de la tarea humana en esta etapa, ya que de alguna manera se transfiere el conocimiento a la máquina anotando los datos (las imágenes) con la información relevante sobre el problema (perro/gato).

Los otros dos componentes del aprendizaje tienen estrecha relación entre ellos. Por un lado, necesitamos que la máquina sea capaz de hacer muchas cuentas en el menor tiempo posible, eso significa tener mayor poder de cómputo.

¿Por qué se necesita hacer muchas cuentas? Porque la forma en que la computadora va a aprender, es justamente haciendo un montón de cálculos sobre los ejemplos que se le muestran. Por ejemplo, podemos pensar que a partir de la foto la computadora obtiene muchas características. En el ejemplo de perros y gatos, podrían ser el color y el largo del pelo, el color de los ojos, el largo de los bigotes o el largo de las orejas (que se representan como una serie de números, algo que veremos más en detalle en el próximo capítulo). La computadora luego deberá evaluar cuáles de ellas son útiles y cuáles no para distinguir perros y gatos, algo que puede hacer con el conjunto de imágenes etiquetadas que se usa para el aprendizaje.

Para este proceso, en el que se usan los datos etiquetados para que la máquina aprenda, no hay una forma única de hacerlo. Nuevamente aquí la intervención humana resulta clave, desarrollando día a día técnicas de aprendizaje más eficientes, que logran que la máquina aproveche

los datos disponibles realizando la menor cantidad de cuentas, pero sin sacrificar el desempeño. Volviendo al ejemplo de imágenes de perros y gatos, el resultado final será que la computadora podrá distinguir las nuevas imágenes que se le muestren, usando las características seleccionadas con base en los ejemplos anteriores que se usaron para el aprendizaje.

Algunos aspectos del aprendizaje de las máquinas son fundamentales a la hora de entender qué es la IA, pero esto lo retomaremos nuevamente en el próximo capítulo, dado que ahí entraremos en más detalles sobre cómo funciona la IA. Esto ilustra la interrelación entre las distintas dimensiones que se proponen en el marco.

¿Qué puede hacer la inteligencia artificial?

Para responder a esta pregunta tenemos que fijar un horizonte temporal. Actualmente podemos decir que hay diversas familias de problemas de reconocimiento donde la IA ya alcanza resultados comparables o incluso mejores a los de los humanos. Algunos ejemplos son: distinguir si en una foto hay un perro o un gato, identificar todos los objetos presentes en una escena, detectar cierta enfermedad con base en una radiografía o reconocer a una persona por su huella dactilar.

Todos ellos son ejemplos de reconocimiento de imágenes, donde a partir de un conjunto de datos etiquetados suficientemente grande, es posible enseñar a una computadora a resolver ese tipo de tareas. Lo mismo ocurre en otros dominios, como es el procesamiento de audio, video, texto, series temporales de medidas como temperatura, variables económicas u otros. Siempre que los datos muestren algún patrón que se pueda identificar y aprender, será posible hacerlo con las capacidades actuales de la tecnología. Vale decir que esto no ocurre en cualquier problema y que, por lo tanto, hay dificultades que seguirán siendo complejas de sortear para las máquinas, al igual que lo son para los humanos. Algunos de estos ejemplos son la predicción del clima o la cotización de cierta moneda.

Se puede ver que todas las aplicaciones mencionadas previamente atienden a una tarea específica. Es por ello que a este tipo de ejemplos de IA

se los engloba dentro del concepto de inteligencia artificial estrecha. Esto es en contraposición a lo que podría denominarse inteligencia artificial general[4], es decir, sistemas integrados que sean capaces de resolver una amplia variedad de tareas, al igual que lo hace un cerebro humano. Este es un tema de gran debate e interés en la actualidad. Si bien las mayorías acuerdan que es algo que aún la humanidad no ha alcanzado a desarrollar, se discute mundialmente, tanto en el ámbito académico como en la industria, qué tan viable sería y cuán lejos estamos de lograrlo. Sobre todo a partir de los nuevos avances se reaviva el debate porque aparecen indicios de sistemas que son entrenados para tareas específicas, pero que luego logran resolver otras tareas. O también sistemas que podrían tener un gran centro de control, que regula distintos subsistemas para realizar tareas específicas según sea la demanda.

En los últimos años se han popularizado otro tipo de aplicaciones, en las que se aprovecha el patrón aprendido para generar nuevos datos que repliquen las mismas características. De esta forma, es posible generar imágenes falsas de cierta categoría (como nuestro ejemplo de cabecera: perros o gatos). Esta nueva rama se ha dado en llamar "inteligencia artificial generativa" y se aplica en diversos dominios, como audios, videos y textos. Generalizando aún más esto, podemos pensar que en vez de una categoría, lo que se busca es generar datos con base en una cierta descripción más compleja. Esto último es lo que en la actualidad se denomina 'prompt' (consigna o disparador en español) y que consiste en una frase que describe el patrón que estamos buscando en los datos para generar. Por ejemplo, es posible generar imágenes como las que se muestran a continuación (estas imágenes se generaron con Dalle-3[5]), la siguiente consigna:

> **Prompt**: Un retrato de una distinguida mujer uruguaya, que simboliza a Ida Holz, pionera en el desarrollo de Internet en América Latina. La escena es una oficina con un mapamundi que destaca América Latina, una computadora de finales del siglo XX y motivos de redes digitales sutilmente integrados en el fondo. La mujer está representada con una expresión amable y sabia, que transmite su liderazgo y espíritu de colaboración.

4 Conocido en inglés con la sigla AGI.
5 Herramienta de IA generativa de texto a imágenes creada por OpenAI, disponible dentro de Copilot (Microsoft).

Figura 3. Ejemplo de IA generativa de texto a imagen.

¿Qué es la IA?

Definición y fundamentos

De los párrafos anteriores, se puede leer entre líneas que de alguna manera esta dimensión se asocia al primer contacto con la IA, que busca englobar los conceptos de base en una suerte de introducción al tema. Es, por lo tanto, una dimensión con un fuerte énfasis en la identificación y el reconocimiento de la IA. Además, las competencias asociadas a esta dimensión no solamente se agrupan bajo la pregunta *¿qué es la IA?*, sino también con la pregunta *¿qué puede hacer la IA?* (Long y Magerko, 2020).

En este marco se propone un acercamiento a la IA que tenga un gran componente activo, exploratorio y experimental, por lo que es importante el énfasis en la parte práctica de esta dimensión. Esto tiene que ver no solo con el *hands-on* (aprendizaje práctico), sino también con el *minds-on* (actividades de pensamiento). Es decir que va más allá de **reconocer** la IA, y que lógicamente tiene una relación estrecha con el principio de uso de metodologías activas, ya que se enfoca más en conocer posibles aplicaciones como usuario y **experimentar** con ellas de forma que la familiarización con la IA sea también usando herramientas basadas en ella.

El otro elemento importante para enfatizar es la relación de la propia definición de IA con los **conceptos de inteligencia**, cuya discusión también enriquece el debate sobre qué debe cumplir una máquina para que la consideremos inteligente.

Las competencias específicas que se destacan dentro de esta dimensión son:

- Distinguir entre artefactos tecnológicos que usan y no usan IA.
- Conocer sistemas que incluyen componentes de IA.
- Identificar las propiedades que diferencian un sistema basado en IA de un sistema basado en reglas.
- Conocer las funciones básicas de la IA. Comprender los conceptos básicos de cómo funciona el aprendizaje automático.
- Usar herramientas con IA. Conocer y saber usar distintas aplicaciones que hagan uso de IA como usuario final, con un foco particular en herramientas generativas o lúdicas.
- Analizar y discutir de forma crítica aquellas características que hacen a una entidad "inteligente".
- Distinguir entre inteligencia artificial general y estrecha.

Actividades para el aula

Creando imágenes

Desafiar al grupo de estudiantes a crear imágenes usando un generador de inteligencia artificial a partir de una temática que se esté trabajando en el aula.

A partir de una figura histórica, persona autora de una obra o alguien de interés para el trabajo en clase, retoma su historia y algunas de sus obras o retratos. Se le pide al grupo de estudiantes que imaginen cómo lo querrían dibujar a partir de lo que saben o están investigando.

¿Qué estado de ánimo tiene? ¿Dónde se encuentra? ¿Tiene algún objeto que lo caracterice? ¿Tiene alguna particularidad en el rostro que lo identifique?

Se puede pedir que lo dibujen para enfatizar en los aspectos visibles. Con todos los insumos anteriores, escribirán de forma grupal o individual una descripción de la imagen que quieren crear. Utilizando una herramienta con IA de generación de imágenes a partir de texto, se propone crear la imagen a partir de la descripción anterior.

Ejemplo: Si el grupo está trabajando con Ada Lovelace se puede generar el siguiente prompt "Ada Lovelace con un telar de fondo, imaginando una computadora".

Figura 3. Imagen creada con la herramienta hotpot.ai/art-generator

Se comparten las imágenes creadas y alguien del grupo presenta su experiencia durante la creación.

Se reflexiona sobre los siguientes aspectos:

- *¿Los dibujos hechos por el grupo son iguales a los creados por la máquina?*
- *¿Hay algo de la descripción que hicieron que no está siendo mostrado en las imágenes creadas?*
- *¿Qué tuvo en cuenta la máquina para crear las imágenes?*
- *¿Qué significa el prompt en la herramienta usada? (es el texto ingresado en la descripción)*
- *¿Si se utiliza nuevamente la herramienta con la misma descripción, la salida es la misma imagen?*
- *Para crear la imagen que más les gustó, ¿cuántas veces tuvieron que modificar la descripción?*

Sugerencias

En caso de ser necesario, quien esté a cargo del grupo puede realizar la escritura en la computadora.

Objetivos de IA

Uso de herramientas de IA generativas.

Comprensión del concepto de prompt.

Aproximación a una definición de IA.

Recursos

Generador de imágenes a partir de un texto:

Craiyon

ImageFX

Designer

Copilot

Se dan ejemplos de herramientas, pero cada docente puede utilizar la que crea conveniente.

Actividades para el aula

MemorIA

Crear tu propia versión del juego de las coincidencias, en el que el par de cartas iguales sea una imagen generada de forma artificial y su prompt.

Se pide al grupo de estudiantes que creen una imagen con un generador de imágenes con IA. Luego, se imprime por separado el prompt y la imagen generada. Para que sea jugable, es necesario que se generen al menos 5 imágenes.

Se muestra un ejemplo de dos imágenes con sus respectivos prompts a continuación:

Ada Lovelace con un telar de fondo, imaginando una computadora

Mary Jackson resolviendo un problema en un pizarrón.

Figura 4. Imágenes creadas con la herramienta hotpot.ai/art-generator

Una vez que tengan estas cartas impresas ya es posible jugar al memory. Se ubican todas las cartas boca abajo y se van dando vuelta de a pares. Si se corresponde el prompt con la imagen la persona toma las cartas; si no, se vuelven a dar vuelta.

Se reflexiona sobre los siguientes aspectos:

- *¿Se puede distinguir de forma fácil cuál es la imagen a partir del texto?*
- *¿Qué significa el prompt en la herramienta de generación de imágenes?*
- *¿Qué habilidades usan para relacionar la imagen con el texto?*
- *¿Qué características de la imagen se tienen en cuenta?*
- *¿Hay patrones que les permiten vincular la imagen y el prompt?*

Sugerencias

En caso de ser necesario, quien esté a cargo del grupo puede realizar la escritura en la computadora.

Objetivos de IA

Uso de herramientas de IA generativas.

Comprensión del concepto de prompt.

Recursos

Generador de imágenes a partir de un texto.

Actividades para el aula

Crea tu propia historIA

Desafiar al grupo de estudiantes a crear sus propias historias a partir de una imagen y luego mejorarla con herramientas de IA generativa.

Utiliza un generador de imágenes con IA para crear una imagen de un paisaje, una situación, una persona autora de alguna obra que se esté trabajando en clase o alguna figura histórica. Muestra la imagen al grupo y pídeles que creen una historia a partir de la imagen dada.

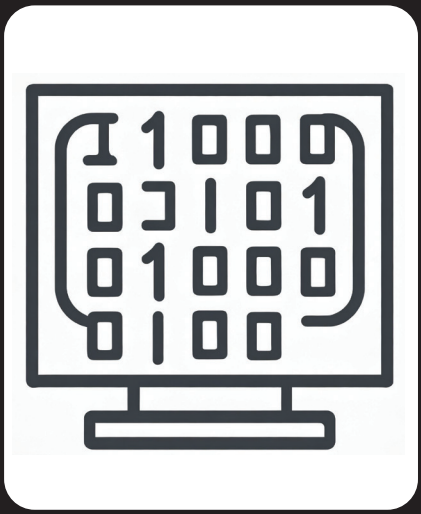
¿Cómo son los textos? Resalta la característica que creas pertinente según lo que se esté trabajando: el tipo de texto, la ortografía, la veracidad de los hechos, la creatividad y originalidad del relato.

Luego, pide al grupo de estudiantes que utilicen las herramientas de generación de texto con IA para crear una nueva versión de sus cuentos. Para esto pueden copiar el texto completo y pedirle que modifique a partir de algún aspecto (por ejemplo, cambiando el público al que se dirige o la formalidad en la que se escribe). También pueden pedir que escriba el texto sin brindarle los cuentos realizados previamente.

¿Cómo es la respuesta del chatbot con IA?
¿Se puede mejorar aún más?

La respuesta del chatbot puede que no sea la mejor en la primera prueba, este proceso puede requerir de iteraciones para mejorar la salida.

Ejemplo utilizando el ChatGPT.
A partir de la siguiente imagen:



Texto creado por un humano: Las computadoras entienden solamente ceros y unos. Este es el código binario. Las personas tenemos dificultad de entender el binario, porque es un código largo y con muchos números. Pero lo bueno que tiene este tipo de representación es que permite generar cálculos de forma rápida para la máquina

Persona usuaria: Mejora el siguiente texto, para que lo entienda un niño de 5 años: "Las computadoras entienden solamente ceros y unos. Este es el código binario. Las personas tenemos dificultad de entender el binario, porque es un código largo y con muchos números. Pero lo bueno que tiene este tipo de representación es que permite generar cálculos de forma rápida para la máquina"

ChatGPT: ¡Las computadoras tienen un lenguaje muy especial! Usan solo dos números: el cero y el uno, como un juego de adivinanzas. Aunque para las personas los números largos son difíciles, ¡las computadoras son súper rápidas con esos ceros y unos! ¡Ayudan a hacer cuentas muy rápido!

Los equipos comparten las descripciones que generaron y cómo fue el proceso de mejora de la salida.

Se reflexiona sobre los siguientes aspectos:

- *¿Cómo es la instrucción que le tienen que dar a la herramienta para que construya una historia similar a la que creó el grupo de estudiantes?*
- *¿Qué sucede cuando ya le dan el texto creado previamente?*
- *¿Qué significa el prompt que ingresan en la herramienta? ¿Cómo tiene que ser ese prompt para que los resultados sean buenos?*
- *¿Cómo relacionan la imagen original con la historia creada? ¿La respuesta anterior sirve de ejemplo como prompt para generar el texto?*

Sugerencias

Supervisar el uso del chatbot para monitorear las respuestas dadas.

Objetivos de IA

Uso de herramientas de IA generativas.

Comprensión del concepto de prompt.

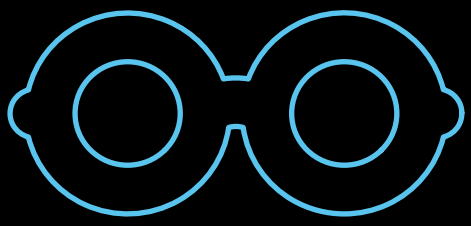
Recursos

Generador de imágenes a partir de un texto.

IA conversacional:

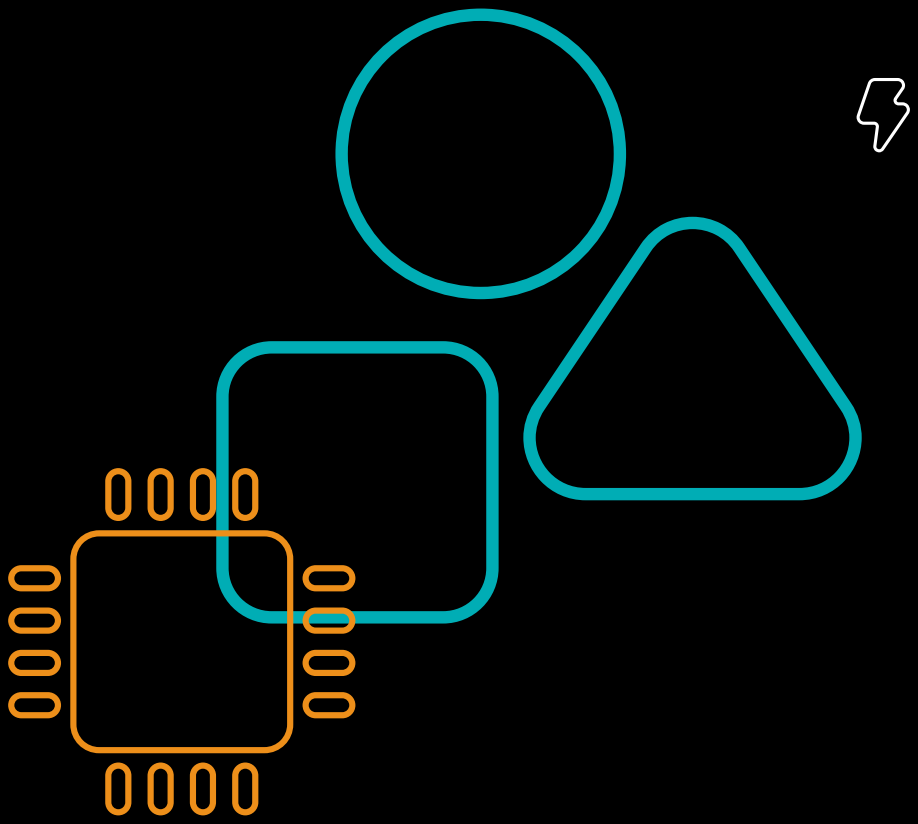
ChatGPT Claude Copilot Gemini

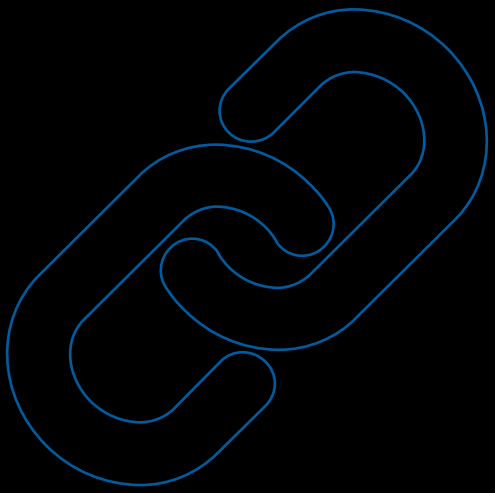
Se dan ejemplos de herramientas, pero cada docente puede utilizar la que crea conveniente.



Capítulo 3

¿Cómo funciona la Inteligencia Artificial?





¿Cómo funciona la inteligencia artificial?

Tal como vimos anteriormente, uno de los componentes principales para generar inteligencia artificial, es la posibilidad de hacer que las máquinas aprendan. Para ello, es necesario contar con tres elementos fundamentales: datos, capacidad de cómputo y algoritmos eficientes.

Veremos que algunos aspectos de la IA se asemejan a la forma en que los humanos aprendemos muchas cosas, con base en ejemplos que vemos, escuchamos o sentimos a lo largo de nuestra vidas y en cierto conocimiento asociado a dichos ejemplos que alguien o algo nos indica (puede ser otra persona, un libro, un video). En el caso de la IA, de alguna forma somos los humanos quienes directa o indirectamente aportamos ese conocimiento. En este capítulo buscaremos profundizar sobre este proceso clave para el funcionamiento de la IA.

En general, podemos distinguir tres etapas bien diferenciadas, en las que en general se puede iterar:

- **Definición del problema y el conjunto de datos**
- **Entrenamiento o aprendizaje**
- **Evaluación y ajustes**

En primer lugar, la definición del problema y el conjunto de datos. Luego, el proceso de aprendizaje o entrenamiento, que corresponde a la forma en que la máquina es capaz de incorporar conocimiento sobre el problema específico. Para ello se utiliza habitualmente lo definido en el paso anterior, lo que llamamos 'datos etiquetados'. Esto es, ejemplos del tipo de datos con los que el sistema debe trabajar, sumando además el conocimiento relevante para la tarea que se pretende que la máquina resuelva. Para retomar el ejemplo del capítulo anterior de clasificar

imágenes de gatos y perros, los datos en este caso son justamente las imágenes, mientras que el conocimiento para cada una corresponde a la etiqueta que indica si la imagen es de un perro o de un gato. Más adelante veremos cómo esta información, es decir los datos más las etiquetas, es utilizada para que la computadora sea capaz de aprender sobre la tarea específica.

Una vez que el entrenamiento concluye —es decir, cuando alcanzamos el momento en que podemos decir que la máquina aprendió— tenemos la otra etapa relevante del proceso, que corresponde a la evaluación del sistema con datos nuevos. El objetivo de esta etapa es estimar qué desempeño tendrá la máquina para resolver la tarea cuando se enfrente a datos que no observó en el entrenamiento. Siguiendo con el ejemplo anterior, se busca estimar el porcentaje de detección correcta de perros y gatos al procesar imágenes nuevas. Para hacer esto es necesario nuevamente contar con datos etiquetados, ya que debemos saber la etiqueta correcta en cada caso para identificar si la máquina está dando la respuesta correcta o no. Además, es importante destacar que estos datos no deben ser utilizados previamente para el aprendizaje, ya que en dicho caso la máquina ya los habría visto antes y por lo tanto le sería más fácil indicar la salida correcta.

Para profundizar en el análisis de cómo funciona este proceso de aprendizaje de las máquinas, a continuación veremos primero cómo las computadoras perciben y representan la información, y de qué forma los humanos les damos el conocimiento necesario para que aprendan. Luego, una vez que las máquinas cuentan con los datos y el conocimiento necesario, veremos cómo es posible que aprendan, es decir, que generen mecanismos para resolver un problema a partir de los ejemplos que se le muestra.

¿Cómo se representa y comprende el mundo artificialmente?

Los datos que utiliza una máquina o una computadora para resolver una tarea están estrechamente relacionados con la forma en que percibe el mundo. Al igual que los humanos contamos con los distintos sentidos que nos permiten, por ejemplo, ver, oír o tocar, las computadoras suelen tener sensores o entradas que les permiten incorporar información del

mundo. Dicha información debe ser representada en el lenguaje de máquina, que suele ser numérico. Esto implica que la representación que la computadora hace de las cosas, su modelo del mundo, siempre esté basada en números, que según el tipo de datos podrá representar una letra, un color, un sonido más agudo o más grave y hasta un gato o un perro.

Esta representación les permite trabajar con una amplia variedad de tipos de datos, que suelen estar asociados a distintos sensores, al igual que los humanos contamos con diferentes sentidos. Según el tipo de dato, en muchos casos distinguimos además diferentes ramas de aplicación de la IA, como puede ser la visión por computadora, que trata todo lo relacionado con tareas que involucran imágenes o videos, o el procesamiento de lenguaje natural, área de estudio asociada a problemas que involucran el análisis e interpretación de textos en los distintos lenguajes que usamos los humanos. Retomando nuestro ejemplo de imágenes de perros y gatos, ese sería un problema del área de visión por computadora, mientras que la traducción de textos sería una tarea típica asociada al procesamiento de lenguaje natural.

Sin embargo, contar solamente con los datos y su representación computacional no es suficiente para que las máquinas sean capaces de aprender. Para ello es necesario asociar los datos disponibles con el conocimiento necesario para la tarea que se pretende que la computadora sea capaz de resolver. Como ya dijimos, para el ejemplo de las imágenes debemos acumular unos cuantos ejemplos, en los que para cada una de ellas tengamos la etiqueta correspondiente (por ejemplo, perro o gato). Sucede lo mismo si pensamos en el ejemplo del traductor; es necesario en ese caso contar con múltiples palabras, frases, oraciones o incluso documentos enteros, para los cuales tengamos la versión tanto en el idioma original como en el idioma al que queremos traducir texto.

Esta misma idea se complejiza aún más en la actualidad con el auge de los sistemas de IA generativa con capacidades multimodales, es decir, sistemas que integran distintos tipos de datos como texto, imágenes, audio y video. En este caso, las bases de datos con las que se trabaja son mucho más complejas que simplemente un conjunto de imágenes etiquetadas como gatos o perros. Por ejemplo, podemos pensar en

grandes conjuntos de imágenes y sus respectivas descripciones, es decir, una o múltiples oraciones que describen el contenido de la imagen. Este tipo de bases de datos son necesarias para construir, por ejemplo, sistemas que generan imágenes a partir de texto o, por el contrario, sistemas que a partir de una imagen son capaces de generar un texto con la descripción de lo que se observa en la imagen.

¿Qué le enseñamos a las computadoras? El rol humano en la definición de representación y aprendizaje

El proceso de aprendizaje de las máquinas involucra múltiples intervenciones humanas, las cuales resultan claves para el funcionamiento de la inteligencia artificial. En primer lugar, y quizás la más fundamental de las intervenciones, es la propia definición del problema que se busca resolver[6]. Esto determina diversos aspectos, tales como el tipo de datos necesario y los resultados posibles que tiene la ejecución de la tarea. En el ejemplo de las imágenes de perros y gatos, es una tarea que debe trabajar con datos que corresponden a imágenes y de la que se espera que la salida de la máquina sea una de las dos opciones posibles, en este caso indicar si la imagen es de un perro o de un gato.

Una vez que el problema está definido, como mencionamos anteriormente, es necesario contar con datos etiquetados. Es decir, precisamos ejemplos, por lo general unos cuantos cientos o miles de ejemplos, de datos similares[7] a los que va a tener que usar la máquina para resolver la tarea. Obviamente, la recolección de estos datos es también una tarea humana, pero más aún lo es agregar el conocimiento necesario a cada ejemplo, como indicamos previamente. Para el aprendizaje de la máquina, se debe agregar el conocimiento necesario para resolver la tarea; en este caso esto es indicar para cada ejemplo cuál debe ser la salida que la máquina debe dar como resultado para resolver la tarea de interés.

---

6 Esto no quiere decir que algunas tecnologías que se diseñaron para un problema no puedan aplicarse para resolver otros. Este es el caso de la arquitectura de los *transformers*, que originalmente se pensaron para traducción y hoy son la base de los grandes modelos de lenguaje que se utilizan en la generación de texto.

7 Similares, pero no idénticos, y en general variados ejemplos.

Para bajar aún más a tierra estas ideas, sigamos con el ejemplo de clasificar o diferenciar perros de gatos. En términos prácticos, los datos son imágenes, las cuales se representan en una computadora mediante una serie de números que indican el color de cada porción de la imagen (la cual se suele dividir en cuadraditos pequeños que denominamos píxeles). Es decir, que el conocimiento que le damos a la máquina para aprender el concepto 'perro' y el concepto 'gato' en este ejemplo no es más que una secuencia de números asociada a cada una de las imágenes que nosotros, los humanos, le indicamos que corresponden a una categoría u otra.

→ 3, 2, 5, 8 → perro

Figura 5. Ejemplo de imagen etiquetada, con su correspondiente representación computacional como vector de números.

Los datos de entrenamiento podrían ser algo parecido a lo siguiente (seguramente con más números para cada imagen):

3, 2, 5, 8 → perro	**2, 3, 5, 4 → gato**	**1, 5, 4, 7 → perro**
2, 1, 2, 5 → gato	**7, 9, 2, 2 → perro**	**1, 2, 5, 4 → gato**
5, 4, 4, 9 → gato	**2, 5, 4, 6 → gato**	**8, 6, 6, 7 → perro**

Vale decir, entonces, que la máquina solo sabe acerca del concepto 'perro' o del concepto 'gato' la información de estos números de ejemplo que le damos, de los valores de cada parte de las imágenes de una y otra categoría. No sabe que son animales, no sabe que tienen cuatro patas, solo sabe que hay conjuntos de números que corresponden a imágenes que pertenecen a una clase y otros números que corresponden a ejemplos de la otra clase. La representación computacional del perro o gato está limitada a estas características que están dadas por esos números[8].

Este proceso de enseñarle a la computadora es, por lo tanto, una manera distinta a la que estábamos acostumbrados de programarla. En el próximo capítulo profundizaremos en la diferencia entre la programación tradicional y el aprendizaje automático, pero vale decir que la programación tradicional de una máquina está asociada a indicarle una serie de reglas, de pasos para seguir, lo que denominamos 'algoritmos', para que lleve a cabo cierta tarea. En el caso del aprendizaje de máquina el proceso es diferente: lo que definimos es el problema, en el ejemplo una clasificación entre perros y gatos, le definimos conceptos con los que denominamos cada categoría (el conocimiento se indica como perro o gato) y le mostramos ejemplos de una categoría y otra.

Finalmente, hay un tercer y último aspecto clave donde la intervención humana es imprescindible, que es indicarle a la máquina los pasos que debe seguir para que aprenda. Notemos que esto se asemeja a la programación tradicional: le indicamos a la máquina pasos que debe seguir, algoritmos, pero no con el objetivo de resolver la tarea, sino que en este caso el objetivo es aprender de los datos para encontrar luego la mejor forma de resolver la tarea. Lo que se busca en este caso es que sea la máquina la que probando distintas opciones obtenga las mejores reglas o pasos que ha de seguir para resolver la tarea encomendada, con base en los ejemplos que se le muestran. En la próxima sección buscaremos ilustrar este proceso.

---

8 Que pueden ser bastante complejos, ya que la representación de cada concepto puede ser en espacios de muchísimas dimensiones.

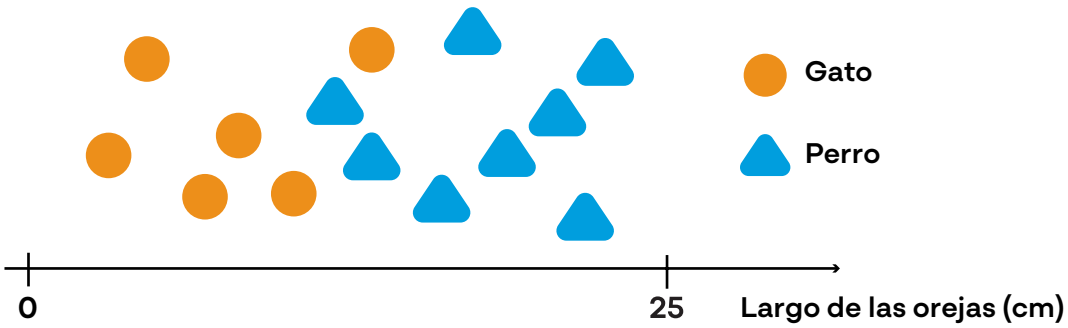
¿Cómo puede aprender una computadora? Aprendizaje computacional

Si bien el objetivo de esta sección no es profundizar en los algoritmos que efectivamente posibilitan que las máquinas aprendan a resolver distintas tareas y problemas, buscaremos ilustrar cómo es posible que esto funcione. Vamos a seguir con nuestro ejemplo de perros y gatos. Habíamos visto que para la máquina cada uno de estos conceptos estaba asociado a una serie de ejemplos, que se representan como una secuencia de números para cada imagen. En este caso haremos una simplificación para facilitar la explicación de qué significa que una máquina aprenda y cómo puede llevar a cabo dicha tarea.

La simplificación consiste en reducir cada imagen de ejemplo, cada secuencia de números, en este caso a un único número que se corresponde con la medida del largo de las orejas del animal en cada imagen. Esto nos permitirá ilustrar más fácilmente el proceso de aprendizaje y los distintos posibles algoritmos que los humanos podríamos indicarle a la computadora para que aprenda.

En primer lugar, vale decir que si la representación de cada imagen se reduce a un único número, esto significa que la máquina tendrá que aprender de dichos números y, además, para una nueva imagen tendrá que tomar la decisión de a qué categoría corresponde, con base justamente en ese único número.

Supongamos que normalmente las orejas de los perros son más grandes que las de los gatos, podemos considerar que las imágenes de entrenamiento se reparten como se muestra en la siguiente figura:



Todas las imágenes representadas por círculos y triángulos deberían estar sobre el eje dado; los hemos separado del eje para una mejor visualización. En esta representación podemos ver claramente que los gatos tienen orejas de menor longitud que los perros (los círculos se agrupan más hacia el 0 y los triángulos más hacia el 25).

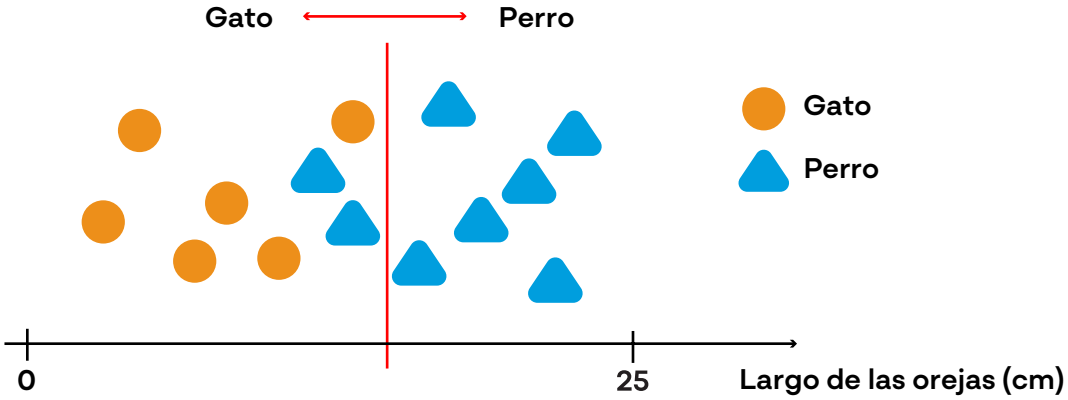
Entonces, ¿cómo podría la computadora resolver la tarea para imágenes nuevas? Una respuesta posible, anclada al aprendizaje con base en estos ejemplos, es con otra pregunta: ¿cuál es el valor del largo de las orejas que mejor separa a ambas categorías? Así, las nuevas imágenes por debajo de dicho valor serán identificadas como gatos y, por el contrario, cuando están por encima de dicho valor serán identificadas como perros. Es decir que el problema de hacer que la máquina aprenda se reduce a encontrar un valor óptimo, un número, que es el que mejor separa las dos clases del problema definido.

Para encontrar dicho número, debemos decir dos cosas. En primer lugar, tal como mencionamos al principio, será necesario hacer cuentas. En segundo lugar, es posible indicarle a la máquina distintos pasos para seguir, es decir, distintos algoritmos, para encontrar dicho valor óptimo. Si bien todos van a requerir hacer cuentas, quizás algunos requieran más que otros y tal vez no todos obtengan el mismo resultado (es decir que unos pueden aprender mejor que otros). Cuando al inicio indicamos que se buscan algoritmos de aprendizaje eficientes, justamente nos referimos a que requieran pocas cuentas y que además aprendan lo mejor posible.

Veamos algunos ejemplos para bajar a tierra esta idea.

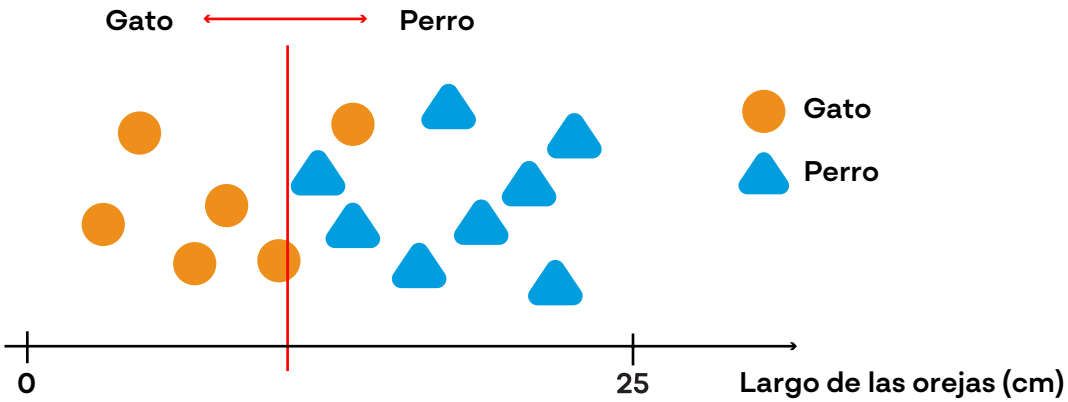
Una opción para encontrar el valor óptimo es ordenar las imágenes en función del largo de las orejas de los ejemplos y ver cuál es el valor más grande para los gatos. Notemos que ordenar requiere de hacer cálculos, en este caso comparaciones para ver si un número es mayor o menor a otro[9]. Cuando tenemos el valor mayor, fijamos un número levemente superior como límite para separar ambas categorías. Esto nos daría como resultado para los datos de entrenamiento la siguiente imagen.

9 En este caso, todas las imágenes de perros y gatos ya fueron ordenadas para representarlas en el eje.



En la imagen podemos notar que, al seguir este camino, hay dos ejemplos de perros del conjunto de entrenamiento que quedan mal clasificados (los triángulos que quedan a la izquierda de la línea que divide en dos al eje), mientras que todos los ejemplos de gatos se clasifican correctamente. Esto nos ilustra un primer punto importante para resaltar sobre la IA y es que por lo general los sistemas que se basan en el aprendizaje automático con base en datos no son infalibles. Según distintas características del proceso de aprendizaje, las chances de equivocarse serán mayores o menores, pero siempre habrá una probabilidad de que la máquina falle al intentar resolver la tarea, ya que el resultado no está dado de forma determinista.

Ahora comparemos el algoritmo de aprendizaje que utilizamos antes con otro levemente diferente. Nuevamente consideramos los ejemplos de imágenes ordenadas según el largo de las orejas, pero en este caso nos quedaremos con el valor del perro cuyo largo de orejas sea el más chico y tomaremos como valor óptimo para diferenciar ambas categorías un número levemente por debajo, como se muestra en la siguiente figura.



En este caso, podemos ver que todas las imágenes de perros se clasifican de manera correcta, mientras que hay solamente una imagen de gato que se clasifica de manera incorrecta como perro. Podemos decir que este método de aprendizaje es mejor que el anterior, ya que el error que obtenemos es menor (le erramos a una imagen en vez de a dos).

La cantidad de cuentas necesarias en un caso y otro no presenta grandes diferencias en este ejemplo, pero podría haber otros casos en los que eso también ocurra y por lo tanto no solamente pese en la comparación el error que se obtiene, sino también la cantidad de cuentas para lograr el aprendizaje óptimo.

El ejemplo anterior ilustra de manera simplificada lo que denominamos el aprendizaje de máquina o aprendizaje automático, proceso mediante el cual la computadora es capaz de encontrar la mejor forma de resolver un problema a partir de un conjunto de ejemplos que se le muestra. Es importante notar que para una máquina 'aprender' termina siendo 'encontrar números óptimos'. En nuestro ejemplo, únicamente un valor, pero en otros más complejos, muchos, miles, millones o miles de millones. Al finalizar este capítulo, comentaremos cómo con esta misma idea del ejemplo sencillo de perros y gatos podemos acercarnos a lo que hay detrás de sistemas más complejos como ChatGPT.

Distintos tipos de aprendizaje computacional

A lo largo del capítulo hemos hablado siempre del aprendizaje con base en datos etiquetados y para resolver una decisión puntual (por ejemplo, indicar si una imagen corresponde a un perro o un gato). En la inteligencia artificial, y en particular en el aprendizaje automático, esto es lo que se conoce como aprendizaje supervisado. Vale decir que esta no es la única forma de aprendizaje de máquina posible; existen otras dos grandes ramas que comentaremos a continuación: el aprendizaje no supervisado y el aprendizaje por refuerzo.

El aprendizaje no supervisado, tal como su nombre lo indica, se refiere al caso en que no tenemos etiquetas, sino solamente datos con los

cuales generar el conocimiento. Una de las aplicaciones más relevantes asociadas a este tipo de aprendizaje es lo que se conoce como 'agrupamiento' o por su término en inglés *clustering*. Tal como describe Escudero (2019) en su libro Big Data, podemos pensar este problema como ordenar los objetos que tenemos en el segundo cajón de la cocina, ese donde hay dos tornillos, una tapita, tres gomitas elásticas, una tuerca que no coincide con ninguno de los tornillos y así una larga lista de objetos sin una clara relación entre ellos. Por lo tanto, ¿cómo haríamos para agruparlos si no tienen mucho que ver uno con el otro?, ¿qué aspectos deberíamos considerar? En general, lo que hacemos es usar distintas características como, por ejemplo, su tamaño, su color o para qué sirven y de esa forma armar distintos grupos. Esa agrupación no es única y seguramente distintas personas agrupen los objetos de distintas maneras. Lo mismo ocurre con los distintos métodos de agrupamiento, que también pueden darnos resultados diferentes. Por lo tanto, una vez que se obtienen los grupos mediante aprendizaje no supervisado, hay un trabajo humano posterior que resulta relevante a la hora de interpretar los agrupamientos obtenidos.

El aprendizaje por refuerzo, a diferencia de los anteriores, se aplica a problemas que requieren resolver una tarea de forma continua, es decir, que se necesita no solamente una decisión, sino una secuencia de toma de decisiones. Ejemplos típicos de este caso son los juegos, como el ta-te-ti, el ajedrez o cualquier otro en el que se debe elegir una jugada de las múltiples posibles en cada situación del juego, hasta llegar al final de la partida. En estos casos, suele haber un modelo un poco diferente: cada decisión de la máquina, la que denominamos 'acción', es una cierta recompensa que está determinada por la acción tomada y por la situación del sistema en ese instante, lo que se denomina 'estado' (por ejemplo, cómo está el tablero de ajedrez al realizar una jugada).

El objetivo en este tipo de problemas es encontrar un mecanismo de toma de decisiones, que en cada instante tome la acción que maximice las chances de obtener la mayor recompensa acumulada a lo largo del tiempo o al final. Por ejemplo, en el caso de los juegos, como puede ser ta-te-ti, ajedrez u otros, el objetivo es que cada jugada seleccionada sea la que mayores probabilidades de ganar la partida ofrece en cada momento de juego dado.

De reconocer perros y gatos a construir ChatGPT

Recientemente, ChatGPT es una de las aplicaciones con IA que mayor notoriedad y uso ha tenido. Se trata de un sistema de chat interactivo, en el que una persona escribe texto y recibe texto como respuesta[10]. Algunos ejemplos han sorprendido por el buen resultado que ofrece (por ejemplo, pidiendo que escriba un cuento o una canción sobre cierto tema o usando algunas palabras), mientras que también se han evidenciado notorias falencias en otros casos (por ejemplo, pidiendo razonamientos lógicos o solicitando que haga cálculos matemáticos simples que le describimos con palabras).

Más allá de cuándo funciona y cuándo no, ¿cómo es posible construir un sistema de la complejidad de ChatGPT? La respuesta al detalle escapa al alcance de este libro, sumado a que algunos aspectos no se han divulgado públicamente y que es un producto en continuo desarrollo. Pero lo que podemos decir es que todo lo que comentamos en este capítulo está involucrado: muchísimos datos, una importante intervención humana etiquetando respuestas correctas e incorrectas y un montón de cálculos y computadoras involucradas para realizarlos.

De forma general, podemos pensar en ChatGPT como un gran sistema de autocompletado de texto, al igual que opera el teclado predictivo de un teléfono celular cuando nos ofrece la siguiente palabra, pero a una escala mucho más grande (por ejemplo, con la capacidad de escribir una historia completa a partir de una frase guía que le damos, el denominado prompt). ¿Cómo termina la frase "*Los de afuera son de ____*"[11]? Quien conoce la historia de la final de 1950 en el Maracaná, no dudará en completar la frase sin menor inconveniente. Sin embargo, para quienes no son de Uruguay, o no sienten pasión por el fútbol, tampoco les tomará demasiado tiempo completar el espacio vacío dando sentido al enunciado, aunque probablemente no con la misma palabra.

Imaginemos que podemos recopilar todo el texto disponible en internet. Es decir, toda la información que está en Wikipedia, en portales de noticias, en páginas de los distintos países, en la Biblioteca País de Ceibal, entre muchos muchos otros. Si bien esa información no está etiquetada, sigue los patrones del idioma en el que cada texto haya

10 En versiones recientes también incluyen otras modalidades como imágenes y audios.
11 Famosa frase de Obdulio el *Negro Jefe* Varela durante el Maracanazo en 1950.

sido escrito. Esto nos permite formular un problema de aprendizaje supervisado, simplemente enmascarando palabras de manera aleatoria, para construir lo que se conoce como un Gran Modelo de Lenguaje (LLM por su sigla en inglés, que se corresponde con el componente GPT en el caso de ChatGPT).

En la siguiente imagen vemos un ejemplo de una distribución de las proporciones de palabras que podrían completar la frase de la canción de Zitarrosa con mayor sentido para este modelo de lenguaje[12]. El modelo de IA podría completar los versos "*Dice mi padre que ya llegará / Desde el fondo del tiempo otro* ____"[13] con el siguiente listado de palabras.

En este caso, la IA utilizaría la palabra *día*, porque es la de mayor probabilidad para el modelo, a diferencia de la letra de la canción donde la palabra es *tiempo*.

Si bien el caso de los grandes modelos de lenguaje difiere bastante del ejemplo que vimos antes de imágenes de gatos y perros, también para predecir el texto que viene o la palabra que falta la máquina debe tomar una decisión entre varias opciones posibles. Conceptualmente la idea es similar, solo que ahora la decisión es más compleja y las opciones no son solamente dos, como en el caso de gatos y perros. El modelo de lenguaje debe elegir qué palabra o cuáles palabras son las más adecuadas para completar la respuesta. En tal sentido, el proceso de aprendizaje también

12 Aplicación web de ejemplo en la que podemos ver un caso de este problema, en el cual el objetivo para cada consigna es descubrir la palabra oculta: https://huggingface.co/spaces/CeibalUY/enmascaramiento_lenguaje

13 *Adagio en mi país*. Alfredo Zitarrosa.

estará marcado por la estimación de un montón de números, los que llamamos habitualmente 'parámetros del modelo'. En el ejemplo que mostramos antes basado en el largo de las orejas, el problema se reducía a encontrar solamente un número que identificara el límite entre ambas categorías. En un sistema como ChatGPT, la cantidad de números es un poco mayor: más de 175 millones de parámetros en GPT-3.5 y en el caso de su sucesor, GPT4, se habla de 1.760 millones de parámetros.

Un modelo de tal magnitud, que debe aprender un número tan grande de parámetros, es claro que requiere de mucho poder de cómputo para encontrar los mejores parámetros. Esto evidencia la importancia del avance de los procesadores en el desarrollo de la IA, es decir, poder hacer cada día más cantidad de cuentas por segundo. Además, los avances en cuanto a los algoritmos de aprendizaje automático también son clave, ya que permiten que los procesos de entrenamiento se realicen con el menor número de cálculos posibles.

En el caso de ChatGPT o aplicaciones conversacionales similares, existe además una etapa extra muy relevante en la construcción del sistema, que se corresponde con la intervención humana que etiqueta un conjunto de preguntas y respuestas, indicando cuáles son ajustadas y cuáles no. De esa forma se afina el sistema, es decir, los millones de parámetros, para que las salidas se ajusten a los ejemplos etiquetados de entradas y salidas correctas.

¿Cómo funciona?

Hay dos dimensiones estrechamente relacionadas que englobamos en la misma pregunta que venimos respondiendo en el capítulo, enfocada en conocer más acerca de cómo se construye y funciona la IA. En tal sentido, estas dimensiones buscan profundizar acerca de los conceptos fundamentales detrás de los aspectos más técnicos del área, para el uso, la comprensión y el desarrollo de técnicas de IA en distintos niveles de complejidad.

Representación del conocimiento

La primera dimensión respecto al funcionamiento de la IA, como se mencionó anteriormente, tiene que ver con la representación computacional del conocimiento. Es decir que buscamos responder a la pregunta de cómo se modela el conocimiento en una computadora, cuál es su modelo del mundo. Involucra el trabajo con **datos**, **sensores**, **representaciones** y el análisis del **rol humano** en definiciones asociadas a estos elementos (Long y Magerko, 2020; Olari y Romeike, 2021).

Las competencias específicas para promover en esta dimensión son:

- Comprender conceptos básicos sobre tipos de datos.
- Recopilar información relevante de un conjunto de datos para su posterior procesamiento con herramientas basadas en IA.
- Visualizar datos con algoritmos de IA.
- Reconocer que los diferentes sensores generan distintos datos e identificar los sensores en distintos dispositivos.
- Comprender que las computadoras perciben el mundo usando sensores.

- Reconocer distintas representaciones computacionales del conocimiento y describir algunos ejemplos.
- Explicar resultados, incluyendo errores, al analizar respuestas que brinda la IA y desafiarlos con preguntas.
- Reconocer el papel clave que juegan las personas en la representación computacional del conocimiento en las soluciones basadas en IA.

AI4K12	AI Literacy
Grandes ideas	**Competencias**
#1 Percepción	#7 Representaciones
#2 Representación y razonamiento	#10 Rol humano en la IA
#4 Interacción natural	#11 Alfabetización en datos
	#15 Sensores

Aprendizaje computacional

La segunda dimensión asociada al funcionamiento de la IA se enfoca en el aprendizaje computacional, es decir, en los mecanismos que permiten que una computadora aprenda. Implica definir una tarea específica y utilizar algoritmos para que las máquinas adquieran el conocimiento necesario para resolverla de manera satisfactoria.

En el ámbito del aprendizaje computacional se destaca el **aprendizaje de los datos**, que incluye el análisis y el procesamiento de grandes volúmenes de información para extraer patrones y conocimientos relevantes. A través del **aprendizaje automático**, las máquinas son capaces de aprender de manera autónoma a partir de los datos, identificando regularidades y generando modelos predictivos o descriptivos. La **programación** juega un papel fundamental, ya que permite implementar los algoritmos de aprendizaje y desarrollar soluciones inteligentes. Además, se debe considerar el **rol humano** en la definición de las tareas, la evaluación de resultados, la interpretación de los modelos y la responsabilidad ética en el uso de la IA (Kim et al., 2021; Long y Magerko, 2020; Ng et al., 2021; Sentance y Waite, 2002).

Las competencias específicas para promover en esta dimensión son:

- Reconocer que las computadoras son capaces de aprender de los datos, incluyendo sus propios datos.
- Describir cómo los datos de entrenamiento pueden afectar los resultados de un algoritmo de IA.
- Reconocer y describir ejemplos de cómo una computadora razona y toma decisiones. Conocer sobre la simulación del proceso de razonamiento lógico humano con un modelo informático.
- Entender el proceso de aprendizaje de las máquinas, así como las prácticas asociadas y los desafíos que implica.
- Comprender que las computadoras son agentes programables a los cuales es posible indicarles las tareas que deben hacer mediante una secuencia de código.
- Diseñar y programar aplicaciones que utilicen IA. Evaluar, predecir y diseñar con aplicaciones de IA.
- Explorar modelos creados por otras personas. Remezclar o reutilizar código.
- Reconocer que las personas juegan un papel clave en la programación, la selección de modelos y el ajuste fino de los sistemas de IA.

AI4K12	AI Literacy
Grandes ideas	**Competencias**
#2 Representación y razonamiento	#8 Toma de decisiones
#3 Aprendizaje	#9 Pasos del aprendizaje automático
#4 Interacción natural	#10 Rol humano en la IA
	#12 Aprender de los datos
	#13 Interpretación crítica de los datos
	#14 Acción y reacción
	#17 Programabilidad

Actividades para el aula

SonrIA, lo estamos entrenando

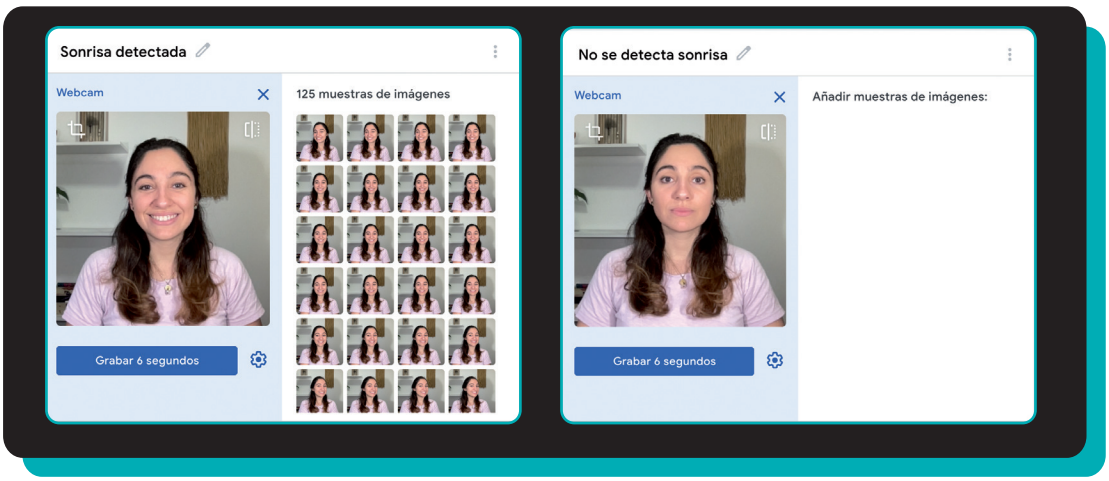
Desafiar al grupo a entrenar su propio modelo de aprendizaje automático que clasifique imágenes.

Utilizando el recurso Teachable Machine[14], proponemos crear un proyecto de imágenes.

Para describir la actividad y, a modo de ejemplo, haremos un modelo que distinga si una persona está sonriendo o no. Por lo tanto crearemos dos clases: "Sonrisa detectada" y "No se detecta sonrisa". Así el problema definido es crear un detector de sonrisas. Ahora necesitamos un conjunto de datos con la etiqueta correspondiente, para construir la representación de Sonrisa y No-sonrisa de la computadora.

14 https://teachablemachine.withgoogle.com/

Se puede incluir las imágenes utilizando fotos o la cámara. Para tomar varias capturas se debe mantener pulsado el botón.



Luego de definido el problema y el conjunto de datos, se entrena el modelo y se realizan pruebas sobre su funcionamiento.

¿Qué sucede al probarlo en el mismo sitio donde se entrenó?
¿Y si lo prueba otra persona?

Se propone que prueben el modelo alejándose y acercándose a la cámara, cambiando el escenario donde se encuentran con distintas luces y objetos, incorporando elementos en el rostro como lentes o cambios de peinado; de esta forma poder evaluar si predice la clase de forma correcta. Es posible exportar el modelo, y de esta forma no se comparten las imágenes con las que se entrenó.

Se comparten los modelos para probarlos y encontrar fallas.
Preguntas guías:

- *¿Cómo podemos mejorar la respuesta del modelo?*
- *¿La cantidad de datos es importante para la creación?*
- *¿Qué podríamos hacer si queremos que funcione para toda la clase?*
- *¿Qué otras ideas para reconocer en imágenes se les ocurren?*

Sugerencias

Contextualizar en un problema real para el grupo. Complejizar el modelo y reflexionar junto con el grupo sobre la representación al entrenarlo.

Recursos

Teachable Machine

Objetivos de IA

Entender el proceso de aprendizaje de las máquinas, así como las prácticas asociadas y los desafíos que implica.

Reconocer que las computadoras son capaces de aprender de los datos, incluyendo sus propios datos.

Actividades para el aula

Poniendo en movimiento las emociones

Programar un personaje para que actúe acorde al reconocimiento facial.

Al iniciar la actividad, presentamos la herramienta de programación PoseBlocks[15] y desafiamos al grupo de estudiantes a que exploren el recurso, particularmente las extensiones. Si el grupo tiene experiencia de programación en Scratch, se puede proponer buscar similitudes y diferencias entre los dos.

Para acceder a los bloques de reconocimiento facial es necesario seguir los siguientes pasos:

1.Agregar la extensión utilizando el botón en el margen inferior izquierdo.

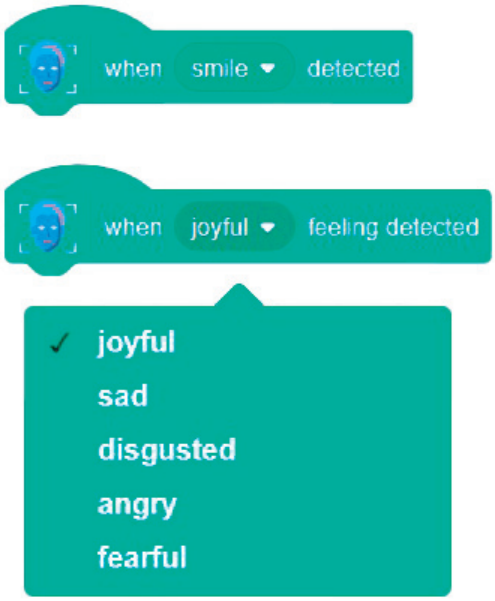
2. Elegir la extensión "Face Sensing".

3. Se dispone de los bloques de detección facial.

15 https://playground.raise.mit.edu/create/

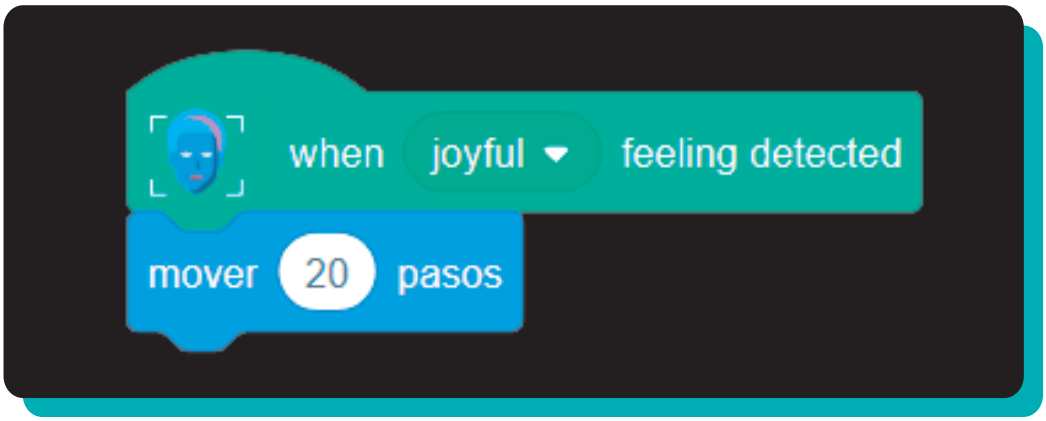
Proponer que cada estudiante explore los bloques, identificando qué hacen.

En el caso de detectar *felicidad* se puede utilizar el bloque que hace referencia a los sentimientos o a la sonrisa. Esta comparación se puede hacer para otras emociones.



Luego de la exploración guiada, se propone al grupo de estudiantes que cree un programa que mueva a un personaje al percibir una emoción, por ejemplo, alegría.

Un posible programa puede ser este:



Se puede incluir complejidad al programa creado según la experiencia y la motivación del grupo. Se les puede pedir que agreguen otro personaje y que exploren otros bloques. Se comparten los programas para que cada estudiante pruebe otras creaciones.

Luego se propone reflexionar, partir de preguntas similares a las siguientes:

- *¿Cómo detecta la computadora que estamos felices, tristes o enojados? ¿Qué sensor le permite reconocernos?*
- *¿Cómo creen que se construyeron estos bloques de detección facial? ¿Cuántas personas tienen que haber posado felices delante de la cámara para que la computadora detecte nuestra emoción?*
- *¿Conocen alguna otra aplicación que detecte nuestras caras? ¿Han utilizado filtros para imágenes? ¿Qué conocen de estos filtros de imágenes que utilizan algunas redes sociales?*

Sugerencias

Se recomienda tener conocimiento previo de programación en Scratch. Es posible trabajar en conjunto con Inglés dado que los bloques no se pueden traducir al español.

Complejizar el comportamiento del personaje en Scratch y reflexionar en conjunto con el grupo sobre cómo fue entrenado el modelo.

Objetivos de IA

Comprender que las computadoras son agentes programables a los cuales es posible indicarles las tareas que deben hacer mediante una secuencia de código.

Reconocer y describir ejemplos de cómo una computadora razona y toma decisiones.

Recursos

PoseBlocks

Actividades para el aula

¿Qué palabra falta?

Poner a prueba un modelo de IA para encontrar las palabras qué faltan en una frase.

Toma una frase de una persona autora de una obra, un libro o un tema que estén trabajando en clase, y quita una palabra de la frase. Tomemos como ejemplo una frase del libro Don Quijote de la Mancha:[16]

"En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de lanza en astillero, adarga _____ , rocín flaco y galgo corredor."

Pide a los estudiantes que completen la palabra faltante. *¿Qué palabras aparecen? ¿Puede ir cualquier palabra en ese espacio? ¿Se repite alguna palabra? ¿Por qué el autor habrá elegido esas y no otras? ¿Ustedes qué hubieran elegido y por qué?*

Utiliza el recurso *Enmascaramiento de palabras*[17] para ver la distribución de palabras que pueden ocupar el espacio vacío. En el ejemplo de Cervantes, la consigna sería:

"En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de lanza en astillero, adarga [MASK], rocín flaco y galgo corredor"

Las palabras que aparecen son: negra, grande, larga, vieja, blanca.

16 Disponible en Biblioteca País de Ceibal: https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/don-quijote-de-la-mancha-00019362

17 https://huggingface.co/models?pipeline_tag=fill-mask&sort=trending

¿Las palabras del recurso son parecidas a las dadas por el grupo? ¿En caso de ser una frase conocida, como la del ejemplo, aparece la palabra que ocupa el lugar realmente? Se explora aún más el recurso utilizando la misma frase y ocultando distintas palabras.

Reflexiona con el grupo sobre las siguientes cuestiones:

- *¿Cómo creen que se calculan esos porcentajes que muestra el recurso?*
- *¿Nosotros los humanos, hacemos algo parecido a la hora de completar frases?*
- *¿Si la máquina al usar IA completa frases de esa forma, siempre dice la verdad?*
- *¿Cómo podemos hacer para que cambien los porcentajes que se muestran en el recurso?*

Sugerencias

Requiere que el grupo de estudiantes maneje la lectoescritura.

Objetivos de IA

Uso de herramientas con IA.

Aproximación al funcionamiento de la IA.

Introducción al concepto de IA generativa.

Recursos

Word Masking

Actividades para el aula

Frases parecidas

Comparar la similitud de distintas frases utilizando un modelo de inteligencia artificial.

Siguiendo la idea de la actividad anterior, toma una frase de una persona autora de una obra, un libro o un tema que estén trabajando en clase. Tomemos como ejemplo una parte de una frase del libro *Don Quijote de la Mancha*[18]:

"En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme,"

Pide a los estudiantes que escriban una frase similar a la anterior. *¿Qué significa "frases similares"? ¿Qué características deben tener para ser parecidas? ¿Se repiten frases en el grupo?*

Utiliza el recurso *Similitud de frases*[19] para ver el parecido en términos de porcentaje según cada frase, copia algunos ejemplos del grupo.

En el ejemplo escribimos:

- ***"En un lugar de Uruguay, de cuyo nombre no quiero acordarme."***
- ***"No me acuerdo del nombre donde ocurrió esto."***
- ***"No me quiero acordar del nombre del lugar en la Mancha."***

¿Cuál de todas las frases obtiene el mayor porcentaje de similitud?

18 Disponible en Biblioteca País de Ceibal: https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/don-quijote-de-la-mancha-0001936
19 https://huggingface.co/models?pipeline_tag=sentence-similarity

Permite al grupo que utilice distintas frases, tomadas de la misma fuente o de donde sea relevante para la dinámica.

Reflexiona con el grupo sobre las siguientes cuestiones:

- *¿Cómo creen que se calculan esos porcentajes que muestra el recurso?*
- *¿Nosotros los humanos, hacemos algo parecido cuando pensamos que dos frases son similares?*
- *¿Si dos frases son parecidas, las puedo usar indistintamente?*
- *¿Cuándo creen que hacemos algo parecido las personas? ¿Al momento de leer un texto y resumirlo? ¿Cuando alguien no entiende algo y se lo tengo que explicar de otra forma? ¿Se les ocurren otros ejemplos?*

Sugerencias

Requiere que el grupo de estudiantes maneje la lectoescritura.

Objetivos de IA

Uso de herramientas con IA.

Aproximación al funcionamiento de la IA.

Introducción al concepto de IA generativa.

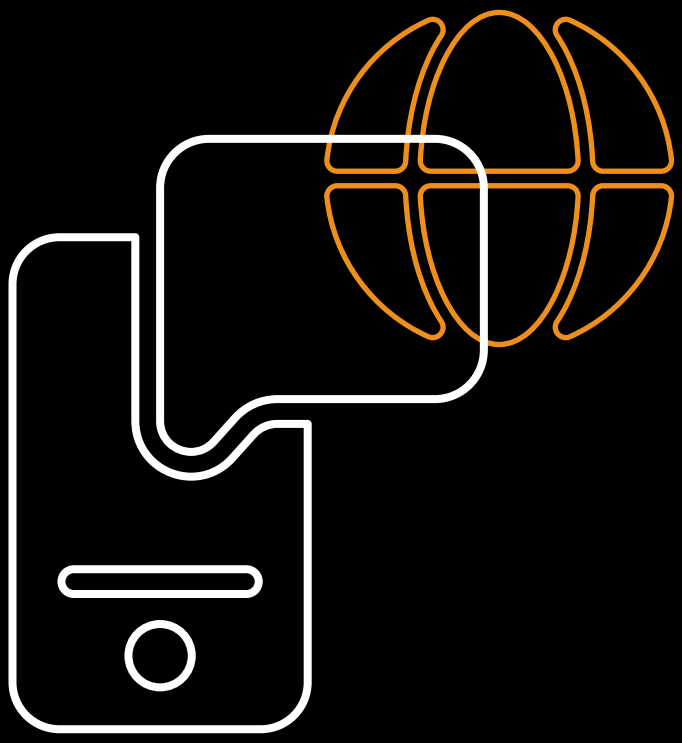
Recursos

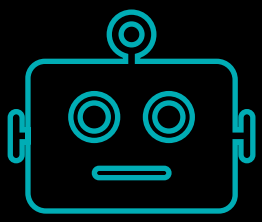
Similitud de frases

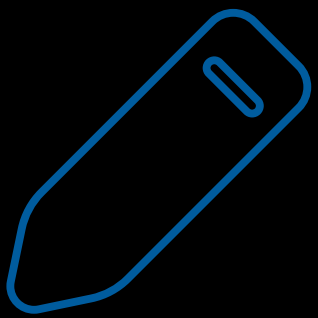
Capítulo 4.1

¿Cómo usar la IA?

Enfoque computacional







¿Cómo usar la IA?

Enfoque computacional

Luego de describir, en grandes términos, los fundamentos de la IA, nos enfrentamos a la tercera y última gran pregunta que abordamos en el libro: ¿para qué y cómo usar la IA? Dividimos la respuesta en dos aspectos (organizados en dos capítulos) que deben estar presentes en el abordaje de cualquier problemática y son parte de las respuestas a la pregunta de qué buscamos lograr con la incorporación de la IA en el marco del sistema educativo. Las dos caras de la moneda son: ¿cómo podemos hacerlo? y ¿qué efectos y consecuencias implica? Si bien la consideración de los posibles impactos es inherente a la resolución de problemas, la reflexión ética también puede darse de manera independiente. En este capítulo comenzamos por el primer componente y vamos a describir en dónde podemos apoyarnos para enfrentar la resolución de este tipo de problemas.

El potencial de las computadoras

A mayor impacto de la IA, se vuelve más relevante promover el pensamiento crítico y la creatividad para generar aprendizajes permanentes y una ciudadanía preparada para los desafíos que involucran estos algoritmos. En este sentido, el vínculo que generamos entre cada estudiante y las ciencias de la computación es clave porque puede promover, o no, enfoques participativos que permitan desmitificar la IA y desarrollar conciencia ética, para tomar decisiones informadas en sus actividades sociales y profesionales (Romero, 2023).

De ahí la idea de muchos países de considerar a las ciencias de la computación y su incorporación sistemática en el aula, teniendo como núcleo al pensamiento computacional; en el caso de Uruguay, desde Ceibal[20]. El pensamiento computacional involucra resolver problemas, pensamiento crítico y creativo y habilidades para la toma de decisiones fundamentadas en este mundo complejo y dinámico de la IA. Esta amplitud da lugar a marcos y enfoques que promueven el análisis y reflexiones empáticas de situaciones diversas, variedad de representaciones y operacionalización de soluciones poniendo en juego estrategias metacognitivas asociadas al pensamiento computacional (Romero, 2023). Bajo este paraguas es que concebimos al enfoque computacional, sin dejar de reconocer que algunas visiones del pensamiento computacional centradas en la programación tradicional implican la necesidad de un reajuste (Tedre et al., 2021b).

Pensamiento computacional

Cuando hablamos de enfoque computacional, consideramos algunas características que promueven hacer visible algunos tipos de pensamiento que se consideran valiosos. Es que el pensamiento

20 Programa de PC e IA: pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy

computacional se basa en su esencia en la creación de artefactos que externalizan y materializan ideas humanas de una forma que la computadora pueda interpretarlas y procesarlas (Kong y Abelson, 2019).

Así es que el pensamiento computacional involucra tanto procesos de resolución de problemas como procesos de expresión y creación de lenguaje que habilitan y posibilitan la creación de estos artefactos externos que se mencionaron.

Algunas ideas poderosas[21] se materializan y se hacen más tangibles para cada estudiante a través de la mediación de la tecnología digital (Papert, 2000). En este sentido es que la programación es un medio y una herramienta para el pensamiento computacional (Bers, 2020). Involucra formas de representar y formular las ideas, de manera tal que se hacen comprensibles por otros (Schulman, 1986) y por las computadoras. Se puede pensar que cada estudiante cuando programa le está enseñando a una computadora a realizar una tarea, y en este proceso obtiene una retroalimentación inmediata que indica si alcanza el objetivo o no.

Como vimos en los capítulos anteriores, uno de los principales roles humanos al crear artefactos con IA es la formulación de una problema; este proceso junto con el diseño de soluciones tiene estas ricas características para el pensamiento. Se trata de procesos incrementales e iterativos que involucran distintas etapas con cierta sistematicidad: identificar problemas, imaginar ideas y preguntas, planificar, crear y desarrollar las soluciones, probar y mejorar, reflexionar y compartir (Bers, 2020; Resnick, 2007).

En el camino de la resolución se ponen en juego distintos elementos asociados al pensamiento computacional. Por un lado, la abstracción, vinculada al análisis de la situación y la necesidad de identificar los aspectos más relevantes del problema. Si retomamos el ejemplo de la clasificación de gatos y perros, este punto está relacionado con la revisión de qué características podemos considerar para la clasificación (podría ser la forma, el color, el tamaño del animal, el largo de las orejas, entre otras posibilidades). En este proceso de análisis entra también la descomposición en partes considerando también la totalidad de la

21 El concepto de ideas poderosas propuesto por Papert (1990) tiene que ver con aquellos pilares o bloques fundantes de la cultura y el conocimiento.

situación, que se puede dar en diferentes niveles. Volviendo al ejemplo, para resolver el problema tengo que particionarlo en distintas tareas: por un lado, el proceso de juntar los datos y etiquetarlos, por otro, el entrenamiento y, luego, la evaluación.

Si consideramos el proceso de entrenamiento de un modelo de IA, aparece la tarea de encontrar patrones y similitudes en los datos que se utilizan para generalizar a nuevos casos. La generalización y transferencia también son elementos constitutivos del pensamiento computacional y que pueden visualizarse a partir de aplicar diferentes soluciones a este u otros problemas. Tal como vimos en el aprendizaje de máquina con el ejemplo de perros y gatos, fue necesario hacer cuentas y seguir ciertos pasos para encontrar el valor óptimo de clasificación según el largo de las orejas.

Es decir, la forma que emplea la computadora para resolver la tarea de encontrar patrones está asociada a qué algoritmos intervienen en el entrenamiento. En cuanto al pensamiento computacional, pensar de forma algorítmica para entender y crear a partir de este funcionamiento tiene que ver con pensar en términos de secuencias y reglas para crear algoritmos.

Pero el proceso no termina ahí: saber si se trata del mejor valor para el problema que hay que resolver implica también evaluar el funcionamiento, buscar distintas alternativas y soluciones, así como tomar decisiones sobre el uso de los recursos.

De las habilidades que se mencionan anteriormente, la abstracción, la descomposición, la generalización, el pensamiento algorítmico y la evaluación sintetizan en gran medida los procesos que constituyen al pensamiento computacional (Dagienė y Sentance, 2016).

Por otro lado, los entornos de programación tienen características muy valiosas en términos de promover aprendizajes: hay una retroalimentación inmediata y tangible; al ejecutar el programa se visualizan los errores lógicos que puedan existir, los resultados y las diferencias con lo que queríamos lograr. Cuando nos enfrentamos a un problema en un programa, formulamos hipótesis sobre lo que podría estar mal y diseñamos pruebas para confirmarlas o refutarlas. A partir de los resultados obtenidos, ajustamos nuestras ideas y repetimos el proceso.

La introducción a la programación es un medio, un camino para promover el pensamiento computacional. Además, puede ser una oportunidad de aprendizaje para estimular determinadas actitudes como la autoconfianza y la perseverancia a través del diseño de proyectos o la depuración del error y la evaluación, que busca promover el esfuerzo para enfrentar dificultades crecientes cada vez más complejas (Bers, 2020). El enfoque pedagógico de la programación de a pares da lugar a la colaboración, la comunicación, invita al trabajo complementario y a pedir y recibir ayuda (Hanks et al., 2011).

Inteligencia artificial

El pensamiento computacional es un proceso sistemático que busca crear sinergias entre las capacidades humanas y el potencial de las computadoras. En este sentido, aparecen al menos dos aspectos vinculados a la IA. Por un lado, los elementos en cuanto al desarrollo de aplicaciones y tecnologías, que de forma parcial o total involucran aspectos del aprendizaje automático; por otro, estrategias de pensamiento[22] o cadenas de pensamiento aplicadas a procesos que utilizan IA para resolver problemas.

En el primer caso, un ejemplo es el desarrollo de una aplicación que combina programación tradicional (basado en un conjunto de instrucciones) y módulos de IA para resolver problemas concretos como el reconocimiento de imágenes. Podría ser el caso de algunas aplicaciones de celulares que agrupan las fotos por categorías, utilizando procesamiento de imágenes para reconocer personas o lugares. Este procedimiento les permite agrupar por estas características, hacer una especie de índice de estas imágenes que luego habilita a la persona a un buscador para encontrar lo que desea. Tanto la interfaz con la que la persona usuaria interactúa como el algoritmo de búsqueda son programados de manera tradicional.

Es relevante señalar las diferencias entre el ciclo de programación con IA y el paradigma de programación tradicional, que en definitiva resultan complementarios. En la programación tradicional, lo que hacemos es

22 Del inglés *Chain-of-Thought* entendido como la cadena de pensamiento y las interacciones con aplicaciones de IA generativas, asociado al prompting (Chen et al., 2023).

escribir reglas para que la computadora siga, y de esa forma obtenga una salida de acuerdo a cada entrada. En cambio, en los módulos de IA uno de los elementos centrales está en los datos (la cantidad y la calidad), y lo que se busca es que la computadora infiera las reglas a partir de un conjunto de datos para los que la salida esperada es conocida. Es decir, la principal diferencia es que la programación tradicional está basada en reglas y el aprendizaje automático está basado en datos.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es el proceso iterativo en la creación de modelos de IA. En el ejemplo de clasificar perros y gatos podríamos encontrar diferentes problemas o errores. El proceso de evaluación de estos modelos es diferente a la depuración de la programación tradicional. Para el caso del clasificador de perros y gatos implica hacer pruebas con conjuntos de imágenes nuevas que no fueron usadas durante el entrenamiento. A partir de ahí se pueden obtener métricas que dan pistas sobre las debilidades y fortalezas del modelo, y dependiendo del problema que se debe resolver, pueden aparecer preguntas como ¿es necesario reentrenar el modelo con un conjunto de datos mayor?, ¿hay que agregar otra categoría en la clasificación para cuando la imagen no sea gato o perro? ¿Podríamos pasar liebre por gato? ¿Será necesaria la interacción de nuestro modelo con alguna otra capa que module o regule las devoluciones?

Para hacer referencia a las estrategias de pensamiento aplicadas al uso de herramientas con IA podemos mencionar la ingeniería rápida o prompt engineering. Un proceso iterativo de estructuración de texto para lograr que modelos generativos de IA resuelvan un problema o devuelvan una salida deseada. Como vimos en el capítulo anterior, el ChatGPT es en el fondo un gran autocompletador de texto, que funciona basándose en probabilidades (no determinístico). No debe resultar extraño entonces que la respuesta del ChatGPT a consignas o prompts similares sean distintas (incluso a consignas iguales). Aquí se abre un universo de posibilidades, en la búsqueda de consignas o frases que consideren el funcionamiento de estos grandes modelos de lenguaje, para favorecer o mejorar la posibilidad de una buena respuesta de la aplicación. Veamos un ejemplo. Si buscamos una respuesta detallada del ChatGPT y los pasos para alcanzar la solución a un problema dado:

¿Cuál de las siguientes consignas será más efectiva?[23]:

> **Consigna 1:** [Descripción del problema] + Indique la respuesta y luego explique el razonamiento;
>
> **Consigna 2:** [Descripción del problema] + Explique el razonamiento y luego indique la respuesta.

En este caso, el segundo prompt o consigna es más efectivo para obtener una respuesta detallada, por las características de los Grandes Modelos de Lenguaje[24]. Y es que el modelo genera la respuesta prediciendo repetidamente las próximas palabras. Con la consigna 1, que comienza indicando la respuesta, el modelo intentará predecir la respuesta y luego escribirá el proceso de análisis paso a paso, que podría no tener que ver con esta primera respuesta. Por el contrario, la consigna 2 le indica que piense detenidamente antes de llegar a una conclusión (Ng, 2023).

El abanico de opciones de consignas es entonces amplio, y ciertas estrategias de pensamiento pueden ayudar a estructurar el texto o hacer un proceso iterativo sistemático en la búsqueda de respuestas. En el caso anterior, la diferencia entre las dos consignas para el ChatGPT se refleja en la idea de pensar paso a paso (Kojima et al., 2022), que se parece bastante al proceso de descomposición del pensamiento computacional.

Otros posibles usos del ChatGPT para realizar ciertas consignas implica dar varios ejemplos resueltos (diríamos etiquetados), para que a partir de ellos busque generalizar en otros nuevos casos. El uso de estas herramientas puede generar textos o imágenes imprecisas, que se van mejorando a medida que se perfecciona el prompt, ya que en definitiva son una retroalimentación inmediata para el usuario (Quinn y Poole, 2023).

---

23 Ejemplo original: www.deeplearning.ai/the-batch/issue-211

24 Este ejemplo puede no ser preciso a medida que las aplicaciones de IA conversacionales van agregando complejidad en distintas capas de procesamiento, que muchas veces logran incorporar procesos como este.

Fortalezas y debilidades de la inteligencia artificial

Un aspecto que se debe tener presente es que al hacer uso de IA las computadoras pueden cometer errores. A diferencia de la programación tradicional, hay un factor probabilístico asociado a la respuesta. Al igual que los humanos, los sistemas basados en IA se equivocan, lo que nos da pie para hablar de las fortalezas y debilidades de la IA. Para evaluar las fortalezas de la IA es necesario tener en cuenta y considerar el desarrollo en las diferentes ramas.

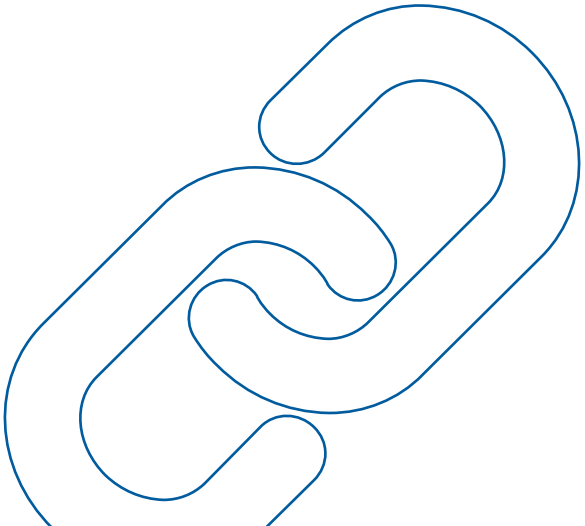
A lo largo de los capítulos anteriores hemos hecho referencia al procesamiento de imágenes (o visión por computadora) y al procesamiento de lenguaje natural (PLN). Pero ¿todo requiere de IA? Hay ejemplos claros en los que parece que no hay lugar para la IA. ¿Qué podría aportar la IA en el funcionamiento de un ascensor o de un control remoto? En estos casos las entradas son específicas, es decir, hay un conjunto limitado de opciones que pueden hacer los botones del ascensor o el control remoto (aunque tenga muchos botones) o un teclado. Ante cada botón el sistema o computadora tiene una sola salida esperada (ir al piso 5, prender la TV, dar Enter). Es decir que no tiene sentido incluir IA, a menos que haya un cambio conceptual o de paradigma, por ejemplo, que se quiera reemplazar el modo de funcionamiento por algo que integre la voz. Ese es el caso de la funcionalidad del teléfono móvil que seguramente tienen cerca y está reclamando atención (su función original era la de reemplazar el teléfono para hacer llamadas, ¿todavía sirve para eso?). El funcionamiento del teléfono cuando tecleamos un número nunca va a fallar, pero si intentamos llamar a través de algún asistente de voz quizás llamen a alguien por error.

La clave está en que, a diferencia del ascensor o del control remoto, en el caso de la voz, como en el ejemplo de clasificar gatos y perros, para la programación tradicional es muy difícil recoger la variabilidad de opciones de entrada, que es donde la IA presenta sus fortalezas.

Tres de los ejes centrales del pensamiento computacional, abstracción, automatización y análisis (Lee et al., 2011), se vinculan directamente con la valoración de la necesidad o el potencial del uso de IA y

constituyen el enfoque computacional que se plantea en este capítulo. La abstracción para la comprensión y formulación del problema, la automatización en la búsqueda de expresar una solución que incorpore el poder computacional y el análisis en la ejecución y evaluación de las soluciones.

Para poner en práctica el enfoque computacional es necesario el manejo de algunos conceptos e ideas vinculadas a la IA y a sus campos de aplicación como visión por computadora, reconocimiento de voz, traducción, generación de texto o imágenes. Estos elementos permiten aplicar la IA para la resolución de problemas en diferentes escenarios y contextos, reconociendo el tipo de problemas y la adecuación de estas tecnologías a ellos. Parece entonces que el pensamiento computacional es una condición necesaria para promover la enseñanza de la IA (Dohn et al., 2022).



¿Cómo se usa?

Enfoque computacional

La dimensión Enfoque computacional aborda las ideas anteriores y se podría resumir en las **estrategias para la resolución de problemas**, como dividirlo en partes, implementar distintas soluciones, evaluar su viabilidad y alcance, en este caso, involucrando particularmente la posibilidad de identificar **fortalezas** y **debilidades** de la IA. Esto implica identificar aquellos problemas o subproblemas más adecuados para abordar con una solución basada en IA (Kim et al., 2021; Long y Magerko, 2020; Ng et al., 2021). Esta dimensión es análoga y complementaria a la del marco de Pensamiento Computacional de Ceibal (2022) denominada *Problemas computacionales*.

Las competencias asociadas a esta dimensión son:

- Conocer el campo de aplicación de la IA en la actualidad: visión por computadora, reconocimiento de voz, traducción, generación de imágenes, texto y sonido, entre otros.
- Utilizar la IA para la resolución de problemas. Aplicar conocimientos, conceptos y aplicaciones de IA en diferentes escenarios.
- Reconocer el tipo de problemas de aplicación directa de la IA y aquellos otros más desafiantes para la IA.
- Discernir cuándo es adecuado el uso de IA y cuándo conviene más usar otros enfoques.

AI4K12	AI Literacy
Grandes ideas	**Competencias**
#1 Percepción	**#1** Reconocer la IA
#2 Representación y razonamiento	**#3** Interdisciplinariedad
#3 Aprendizaje	**#5** Fortalezas y debilidades de la IA
#4 Interacción natural	**#12** Aprender de los datos
	#14 Acción y reacción
	#17 Programabilidad

Actividades para el aula

¿Quién le copIA a quién?

Desafiar al grupo de estudiantes a imitar una imagen utilizando un generador de imágenes con IA.

Muestra al grupo de estudiantes una imagen que se haya creado previamente con un generador de imágenes con IA. Un ejemplo:

Imagen creada con el prompt "perro corriendo y jugando al fútbol".

Pide al grupo de estudiantes que describa la imagen que ve.

¿Cómo le explicarían a una persona la imagen que estamos viendo? ¿Qué destacan de la imagen para poder recrearla?

Finalmente, utilizando una herramienta de generación de imágenes con IA, el grupo debe obtener una imagen que se asemeje a la original.

Cada grupo presenta la imagen que obtuvo junto con el prompt que utilizaron.

Se puede reflexionar con el grupo:

- *¿Cómo fue el proceso que realizaron para generar la imagen?*
- *¿Qué aprendieron del proceso?*
- *Si usamos la misma descripción más de una vez, ¿se genera la misma imagen?*
- *¿Cómo tiene que ser la descripción para que la imagen se adecúe con mayor precisión a la buscada?*

Sugerencias

Las imágenes originales pueden ser creadas por humanos o por computadoras. Incentivar al grupo a probar distintas herramientas de generación de imágenes.

Objetivos de IA

Uso de herramientas con IA.

Utilizar la IA para la resolución de problemas, en este caso utilizando la habilidad de depuración.

Introducción al concepto de IA generativa.

Recursos

Generador de imágenes a partir de un texto.

Actividades para el aula

Desafía a la IA

Usar un chatbot con IA para resolver un problema.

Selecciona un problema que el grupo de estudiantes esté motivado a resolver. Los desafíos de Bebras[25] pueden resultar útiles. Selecciona un problema que se pueda resolver a partir de un texto, sin la necesidad de utilizar imágenes.

Pide al grupo de estudiantes que lo resuelva. Indaga en las metodologías de resolución del problema.

Introduce al grupo el chatbot y pide que lo utilicen para resolverlo.

¿Qué limitaciones encuentran? ¿Todos los problemas se pueden resolver utilizando el chatbot con IA?

Reflexiona con el grupo:

- *¿El chatbot resolvió correctamente el problema? ¿Les indicó cómo lo hizo?*
- *¿Cómo podemos hacer para que nos ayude a resolverlo en el caso en que no podamos hacerlo por nosotros mismos?*
- *¿Qué otros usos le podrían dar?*

25 https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/bebras-recursos/

Sugerencias

Utilizar al chatbot para que reflexione sobre su propio proceso de resolución del problema para mostrar al grupo de estudiantes distintas estrategias.

Objetivos de IA

Uso de herramientas con IA.

Utilizar la IA para la resolución de problemas.

Recursos

IA conversacional.

Actividades para el aula

Clasificando emociones

Entrenar un modelo de aprendizaje automático propio que clasifique texto.

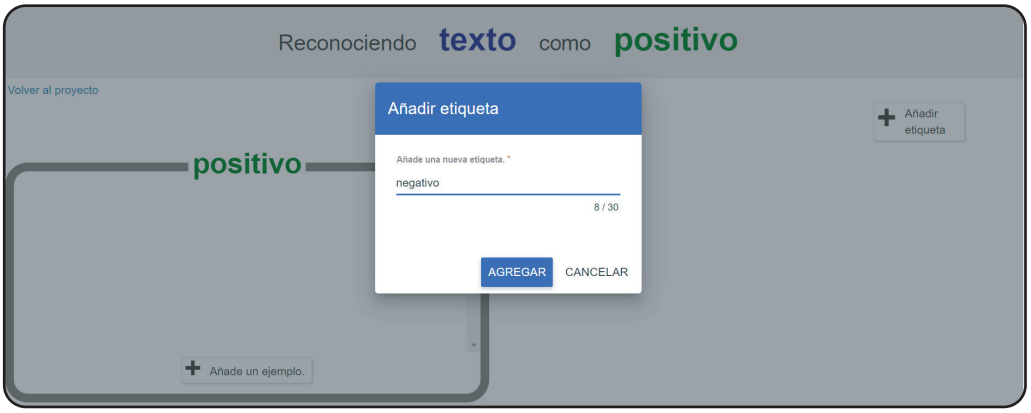
Se creará junto con el grupo un clasificador de texto utilizando el recurso *Machine Learning for Kids*.[26] Pide al grupo de estudiantes que cree un proyecto que reconozca texto (como ejemplo, luego pueden indagar las otras opciones).

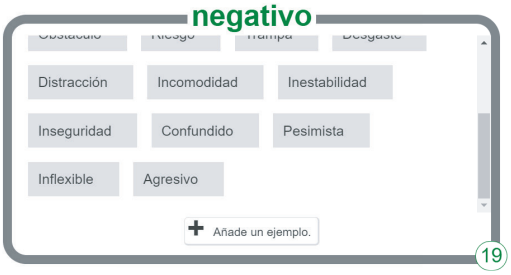
Cada grupo puede escribir el nombre del proyecto que consideren y el idioma en que se quiera trabajar.

Luego, se entrenará y probará el modelo.

26 https://machinelearningforkids.co.uk/#!/projects

Al entrenar es importante incluir las clases que se quieren distinguir y ejemplos para cada una.

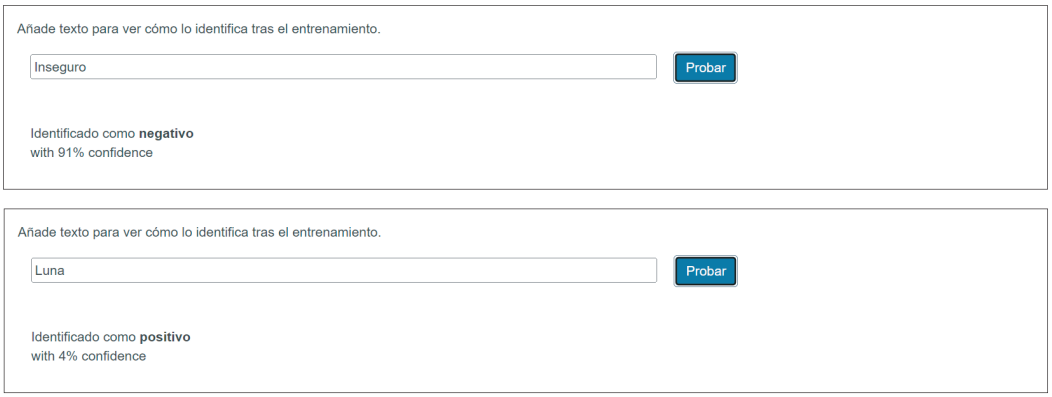




Para agregar ejemplos se puede explorar junto con el grupo de estudiantes sus propias ideas, así como buscar en internet palabras asociadas a cada categoría. En este caso se trabaja con palabras que tengan connotación positiva o negativa, pero se puede probar con la temática que se esté trabajando en clase.

Una vez que estén las clases cargadas de ejemplos, volver al proyecto y entrenar.

Se prueba el modelo creado y se lo desafía con preguntas.



En este caso, ¿por qué la luna sería negativa? ¿Eso es correcto o incorrecto?

Finalmente, se puede reflexionar sobre todo el proceso de creación y las distintas salidas:

- *¿Qué significa el porcentaje que aparece debajo de la categoría que responde?*
- *¿Cómo podemos hacer para que el modelo conteste más acertadamente a nuestros ejemplos?*
- *¿Qué problemas encuentran en estos modelos? ¿Qué sucede si clasifica una palabra en la categoría incorrecta?*
- *¿Se podría hacer un programa sin usar IA que resuelva este problema? ¿Qué debilidades le encuentran?*

Sugerencias

Complejizar la clasificación de las emociones e indagar en formas de obtener datos de manera fácil y rápida para crear el modelo.

Recursos

Machine Learning for Kids

Objetivos de IA

Conocer el campo de aplicación de la IA en la actualidad: visión por computadora, reconocimiento de voz, traducción, generación de imágenes, texto y sonido, entre otros.

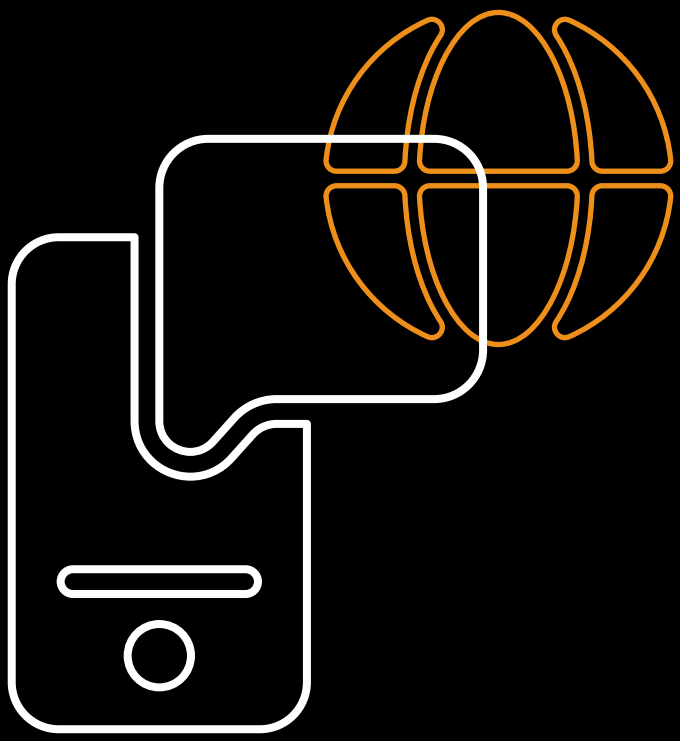
Entender el proceso de aprendizaje de las máquinas, así como las prácticas asociadas y los desafíos que implica.

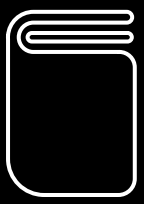
Reconocer que las computadoras son capaces de aprender de los datos, incluyendo sus propios datos.

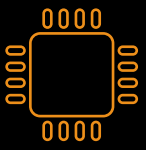
Capítulo 4.2

¿Cómo usar la IA?

Aspectos éticos e impacto social







¿Utopía o distopía?

Como ha pasado desde los propios orígenes de la humanidad, todo avance tecnológico nos enfrenta al dilema ético de los distintos usos posibles que una tecnología puede tener. En el caso de la inteligencia artificial no estamos ajenos a ello y, como también ha ocurrido en tiempos pasados, debemos prepararnos para lidiar con los posibles usos negativos de la tecnología que la IA permite construir así como para reconocer las implicancias que su existencia puede tener. Esto último está asociado a que, por lo general, suele ser inevitable que haya usos malignos, algo que se ilustra en gran forma en películas de ciencia ficción o superhéroes. Siguiendo esta analogía, deberíamos tener como objetivo que al final del camino sea el bien el que triunfe.

Además, otro aspecto relevante, no necesariamente asociado a un uso malicioso, es lo que refiere al impacto social de los avances tecnológicos. Esto también es algo que hemos evidenciado en el pasado: las máquinas sustituyen tareas humanas, la revolución industrial fue un gran ejemplo. Esto lleva a que miles de empleos se destruyan (quizás otros múltiples nuevos que se crean), y se experimenten cambios culturales, económicos y ambientales. Cómo sobrellevar dicho proceso de manera adecuada, para evitar disrupciones que generen problemas sociales masivos, es un gran desafío y es algo que se debe tener presente en los procesos de transformación digital.

Problemas intrínsecos a la inteligencia artificial

Uno de los principales problemas que tiene la IA está asociado al proceso de aprendizaje y a los datos de entrenamiento que son necesarios para construir sistemas basados en esta tecnología. Como vimos antes, este mecanismo genera un sistema no determinista, y por ende no infalible, ya que por más baja que sea la probabilidad de equivocarse, siempre habrá al menos una mínima chance de que esto ocurra. A esto se suma otro inconveniente, que proviene del adecuado manejo de los datos de entrenamiento en el proceso de aprendizaje.

Si retomamos nuestro ejemplo de imágenes de perros y gatos, es muy importante que el conjunto de datos de entrenamiento sea lo más abarcativo de las distintas razas de ambos tipos de animales. Si esto no ocurre y, por ejemplo, hay ciertas razas subrepresentadas o que directamente no tienen muestras en el conjunto de entrenamiento, esto se verá reflejado en el funcionamiento del sistema resultante. Dichas razas seguramente no sean reconocidas de manera adecuada, lo que generará un sesgo en los resultados del sistema. Esto ha ocurrido en diversos sistemas reales que, por ejemplo, no han sido entrenados con suficientes datos de grupos étnicos con distintos rasgos fenotípicos. Si estos resultados son sistemáticos, dejan de ser errores para transformarse en sesgos (Ferrante et al., 2022).

Otro problema similar es cuando el conjunto de entrenamiento incluye los sesgos que los propios humanos tenemos, también conocidos popularmente como prejuicios. Un ejemplo claro de este problema lo podemos encontrar hoy en día en los traductores que usamos de forma cotidiana, al hacer traducciones de un idioma que permite escribir oraciones con un sujeto sin género definido (ej. *The teacher is very smart and pretty*) a otro donde esto no es posible, como el español. Si bien muchos traductores han empezado a corregir esto, incorporando las distintas opciones posibles cuando el idioma obliga a definir un género, en general sigue siendo algo que no funciona con oraciones más complejas (ej. *The teacher is very smart and pretty, while standing in front of the classroom*)[27]. Este problema, está directamente asociado a los datos de entrenamiento con los que se construyó el traductor; la mayoría de los textos incluyen docentes, enfermeras y limpiadoras que suelen tener género femenino, así como ingenieros, abogados y contadores que suelen tener género masculino. Es decir que el problema se da por un desbalance en los datos, un sesgo que existe en la realidad y que por lo tanto se verá reflejado en el sistema resultante, a menos que se tenga en cuenta de forma apropiada en el entrenamiento para solucionarlo. En la misma línea aparecen los problemas asociados a lo que "el ojo de la computadora no ve", por ejemplo, en la detección de visión por computadora de personas de distintas etnias.

Otros aspectos que denotan la complejidad son los vinculados a los sesgos y las formas de paliarlos, que en la búsqueda por sortearlos algunas veces se introducen comportamientos no deseados. Muchas

27 El traductor de Google da el siguiente resultado: "La maestra es muy inteligente y bonita, mientras está parada frente al salón de clases." en agosto de 2024.

de las IA generativas, ya sean de texto o imagen, tienen en su arquitectura capas que intentan prevenir o salvar estos problemas, pero también puede suceder que con el afán de no reproducir sesgos o de dar respuestas políticamente correctas se caiga en ejemplos de contradicción histórica (como el caso de Gemini que generó imágenes de vikingos con rasgos de personas afrodescendientes)[28].

Aspectos éticos y responsabilidad de la inteligencia artificial

Existe otro dilema asociado al uso de IA, en particular en ciertas aplicaciones en las que resulta importante la responsabilidad de quien toma las decisiones. Un docente calificando a un estudiante, una jueza decidiendo un caso complejo, un médico realizando un diagnóstico y definiendo el tratamiento correspondiente, son todas aplicaciones que en la actualidad podrían hacer uso de IA, al menos para asistir en ciertas tareas específicas. Sin embargo, resulta complejo pensar en que la decisión final, ya sea una calificación, un veredicto o un tratamiento, sea determinada por una máquina sin que haya detrás de dicha decisión un ser humano que se haga responsable.

Además, en muchos casos la explicabilidad de la IA resulta un problema no menor, es decir, puede ser posible entrenar una máquina para que resuelva una tarea y tome una decisión, pero que sea extremadamente complejo entender o justificar por qué se inclina por esa decisión. En muchos de los ejemplos mencionados esto es relevante, ya que se necesita comprender por qué la calificación de una prueba es buena o mala, por qué se decide cierto fallo judicial o cómo se llega a cierto diagnóstico y tratamiento clínico.

Otro aspecto importante asociado a la incorporación de IA en este tipo de decisiones es que los errores, al automatizar el proceso, se tornen sistemáticos. Es claro que los humanos no estamos libres de cometer errores, y es posible que un docente asigne una calificación incorrecta, que una jueza decida un fallo al menos discutible y lo mismo para las decisiones médicas u otros ejemplos. Sin embargo, este tipo de errores no son sistemáticos, ya que cada profesional es un individuo distinto, con una formación distinta, una experiencia y vivencias diferentes, que producen que los errores globalmente se repartan y haya cierta aleatoriedad en

28 https://elpais.com/tecnologia/2024-02-24/nazis-chinas-y-vikingos-negros-google-suspende-su-ia-de-imagenes-por-sobrerrepresentar-a-minorias.html

el sistema en su conjunto. El problema con la IA es que, si para cierta aplicación entrenamos un sistema que puede cometer errores, estos van a ser sistemáticos, es decir, si para cierta entrada la salida es incorrecta, esto se repetirá siempre. Esto es algo que en muchas aplicaciones, pensando en una aplicación masiva, puede tener diversos problemas.

También existen ocasiones en las que no es tan claro identificar cuál es la decisión correcta, incluso distintas personas podrían no estar de acuerdo. Entonces, ¿cómo debemos proceder en esos casos?, ¿por cuál opción deberíamos inclinarnos en caso de automatizar dicho proceso? Un ejercicio interesante que ilustra bien este dilema es el que presenta la máquina moral del MIT[29]: nos enfrentamos a distintas situaciones en las que un vehículo autónomo debería decidir cuál es la mejor opción y todas ellas tienen consecuencias graves, por lo que no resulta evidente cuál es la decisión más adecuada en cada situación; en todo caso, se ponen en consideración los valores morales de cada persona o grupo.

¿Cómo debería usarse la inteligencia artificial?

Es difícil responder a esta pregunta, pero resulta siempre más sencillo hablar de áreas en las que no queremos que la tecnología sea aplicada, como pueden ser fines bélicos, generación de información y noticias falsas, ataques cibernéticos, entre muchas otras. Esto no resuelve los dilemas, pero deberían fomentar el debate. Para profundizar más en este aspecto, se puede ver la Declaración de Montevideo sobre IA y su impacto en América Latina[30], realizada en 2023 en el marco de un encuentro de la comunidad de investigación y desarrollo en IA de América Latina, o la regulación de la Unión Europea en materia de regulación de riesgos de la IA[31].

Imaginar el futuro de la inteligencia artificial

Es difícil imaginar el futuro de la IA cuando ya hay avances en la actualidad que nos maravillan, incluso algunos de los cuales no logramos explicar por qué funcionan tan bien. Eso no quiere decir que las máquinas vayan a superar a los humanos realizando todo tipo de tareas; es claro el tipo

29 www.moralmachine.net/hl/es
30 https://docs.google.com/document/d/1maoIc9BKnJbM_iv1QXvbU0DofgmmOQne3qjmQb0rFHM/edit?usp=sharing
31 https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai

de limitaciones y los desafíos que la IA tiene para seguir avanzando. Pero sí es de esperar que, en el camino que vamos, día tras día se observen mejores modelos y mayores capacidades en términos del tipo de problemas que los sistemas basados en IA pueden resolver. Una suerte de acumulación cultural en torno a la IA.

Los modelos se complejizan, hay una avance en cuanto a la estructura y tecnologías que permiten mayor capacidad de cómputo o más velocidad. Aparecen arquitecturas que plantean la idea de multimodalidad en cuanto a la representación computacional del mundo y agentes que podrían tomar decisiones con base en los problemas y tareas para resolver. Es decir que se agregan capas que podrían agregar otras capacidades, como la de planificación en torno a una tarea, para desagregar en partes y consultar a los "expertos" de cada modalidad (distintos LLM o modelos fundacionales que resuelven tareas específicas, como programación, matemáticas, lenguaje) y que todo sea controlado de forma centralizada. No libre de debates, aparecen elementos que para muchos se acercan a la llamada inteligencia artificial general (AGI, por su sigla en inglés), que de alguna manera podrían alternar entre usar distintos módulos según la tarea y optar por un procesamiento más profundo o uno más liviano, dependiendo de la complejidad —en algún punto, similar al pensar rápido, pensar lento descrito por Kahneman (2012)—.

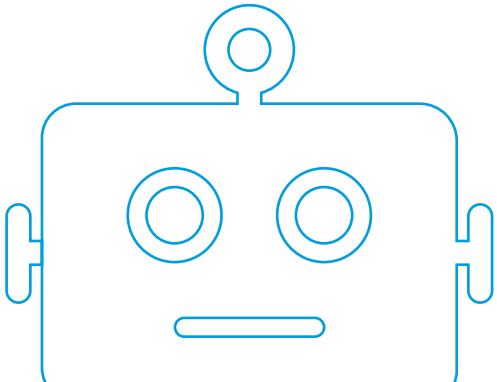
Sin embargo, hay otro tipo de desafíos, no necesariamente tecnológicos, que en paralelo la humanidad deberá resolver para que la irrupción de la IA nos ayude a avanzar en el camino deseado y que no sea algo que nos juegue en contra del progreso como sociedad. Algunos ejemplos como los mencionados anteriormente, en los que la responsabilidad de la toma de decisiones es un aspecto clave, serán temas que habrá que tener en cuenta a la hora de incorporar tecnología basada en IA en diversos campos de aplicación. Lo mismo que en la formación de las personas en cuanto a su capacidad crítica, algo que siempre ha sido un aspecto más que relevante, pero que toma ahora nuevas dimensiones con las posibilidades que la IA ofrece para generar todo tipo de contenido que no siempre sea verídico.

Seguramente hoy sean más las preguntas que las respuestas que podemos tener, pero lo que es indudable es que estos aspectos no pueden estar ajenos en los ámbitos más variados de aplicación de la IA y, en particular, del impacto en el sistema educativo que esto tiene.

¿Cómo se usa?

Uso ético e Impacto Social

La dimensión ética y social está relacionada con la pregunta ¿cómo debería usarse la IA?, es decir, con los aspectos éticos y el impacto social relacionado con el uso de IA. Es fundamental promover una **visión crítica** y reconocer que la IA tiene un impacto en la sociedad (Touretzky et al., 2019). Esto implica un análisis crítico de los datos utilizados en los sistemas que usan IA, entendiendo que deben ser analizados e interpretados rigurosamente y asociados al contexto. Además, el **trabajo interdisciplinario** juega un papel crucial para reconocer que existen diferentes actores en la tecnología y comprender cómo pueden colaborar para crear soluciones más completas y eficientes. Asimismo, es necesario poder **imaginar el futuro de la IA**, explorando las posibles aplicaciones y considerando sus efectos en el mundo (Kim et al., 2021; Long y Magerko, 2020).



Las competencias asociadas a esta dimensión que se destacan son:

- Identificar que el uso de IA tiene un impacto social. Reconocer los efectos positivos y negativos de la IA en la sociedad y tener una perspectiva crítica sobre el uso de la tecnología de IA.
- Entender que los datos en muchos casos deben ser analizados e interpretados y que no pueden considerarse sin dicha revisión.
- Reflexionar sobre cómo las tecnologías con IA pueden reflejar o amplificar prejuicios, estereotipos y desigualdades humanas, reconociendo cómo pueden afectar a la justicia social y la inclusión.
- Imaginar las posibles aplicaciones de la IA a futuro y considerar los efectos de esas aplicaciones en el mundo.
- Reconocer la colaboración con otros actores, teniendo en cuenta que hay muchas formas distintas de pensar y desarrollar máquinas "inteligentes".

AI4K12	AI Literacy
Grandes ideas	**Competencias**
#5 Impacto social	#3 Interdisciplinariedad #6 Imaginar la IA del futuro #10 Rol humano en la IA #13 Interpretación crítica de los datos #16 Ética

Actividades para el aula

La vaca de apartamento

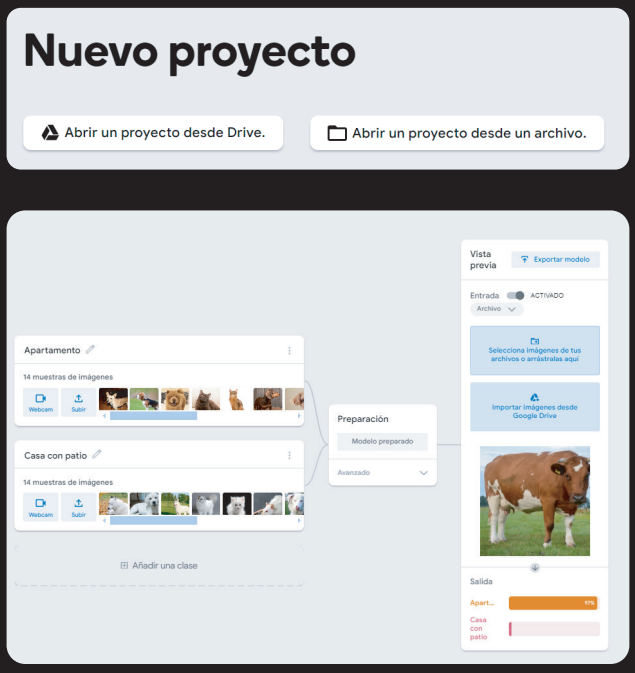
Poner a prueba un modelo de aprendizaje automático creado por otras personas.

A partir de un modelo cargado con datos etiquetados de animales que viven en *apartamentos* o *casas con patio*, utiliza la herramienta Teachable Machine[32] para probar su funcionamiento.

Se crea un nuevo proyecto y se abre el modelo utilizando el enlace al Drive o desde la computadora.

Se abre el modelo[33], se lo prepara utilizando el botón correspondiente y se prueba el funcionamiento con imágenes nuevas de animales. Es importante que no hayan sido utilizadas previamente.

Se brindan algunas imágenes de prueba en la siguiente carpeta[34]. Sin embargo, se sugiere que cada estudiante evalúe el modelo con imágenes de animales que considere interesante.



32 https://teachablemachine.withgoogle.com/
33 https://drive.google.com/file/d/1qeZIKVzxe9dEi7yp3YgSQGI2jzxnShYg/view?usp=drive_link
34 https://drive.google.com/drive/folders/14bNaA4FMLJh2AqIDQ6KsXnruu2qVDIrp?usp=drive_link

Luego del testeo del modelo, poner en común con el grupo las siguientes cuestiones:

- *¿Cómo funciona? ¿Predijo correctamente los resultados de las imágenes que analizó?*
- *¿Serviría este algoritmo para clasificar a cualquier animal como mascota apropiada para cada espacio? ¿Por qué?*
- *¿Confían en el resultado que les da su algoritmo para elegir su mascota? ¿Por qué?*
- *¿Cómo podemos mejorar la predicción para aquellos casos en los que no es correcta?*
- *¿Qué pasa con aquellas mascotas que pueden vivir en un apartamento y una casa con patio? Es decir, no tienen restricciones.*

Esta particularidad de los datos y de cómo están organizados para entrenar el algoritmo refleja una preferencia en la selección de los datos para cada categoría y, en consecuencia, la predicción del modelo refleja los valores representados en esos datos. A esto se lo denomina un *sesgo*.

Sugerencias

Se puede seleccionar un problema pertinente para el grupo, en el que la clasificación cobre sentido.

Objetivos de IA

Identificar que el uso de IA tiene un impacto social.

Reconocer los efectos positivos y negativos de la IA en la sociedad y tener una perspectiva crítica sobre el uso de la tecnología de IA.

Recursos

Teachable Machine
Actividad tomada de la secuencia didáctica del programa de PC e IA de Ceibal "La vaca es una buena mascota de apartamento".[35]

35 https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/wp-content/uploads/2023/06/2022-Inteligencia-artificial_Guia-Docentes.pdf

Actividades para el aula

¿Qué piensa el autocompletador?

Indagar sobre los sesgos que tiene la función de autocompletar del navegador para reflexionar sobre los datos con los que se entrenan estos sistemas.

Se trabaja con la predicción que brinda el autocompletar de los buscadores. Para esto, se le pide a cada estudiante que pruebe escribiendo una frase que empiece con el género femenino y otra con el masculino.

Por ejemplo:
Las uruguayas son ...
Los uruguayos son ...

¿Qué sugiere el buscador?
¿Qué diferencias encuentran entre las dos frases?

Se realiza un reflexión colectiva sobre los sesgos detrás de esta sugerencias. Se puede probar con profesiones, países, y lo que promueva la motivación y el pensamiento crítico en el grupo de estudiantes.

Reflexiona con el grupo sobre las siguientes cuestiones:

- *¿Qué son los sesgos? ¿Cómo surgen estos sesgos en los buscadores?*
- *¿Es el único sitio donde encuentran estos sesgos? ¿Qué sucede con las sugerencias en las recomendaciones de series o música?*
- *¿Cómo creen que puede afectar esto en la sociedad? ¿Por qué puede ser importante estar informado acerca de estos temas?*

Sugerencias

Evaluar utilizando otros idiomas.

Recursos

Bing
Duck Duck Go
Ecosia
Google

Objetivos de IA

Identificar que el uso de IA tiene un impacto social.

Reflexionar sobre cómo las tecnologías con IA pueden reflejar o amplificar prejuicios.

Actividades para el aula

Traducción y sesgos

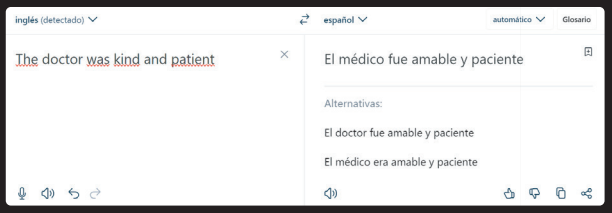
Explorar sobre los sesgos que tienen los traductores automáticos para reflexionar sobre los datos con los que se entrenan estos sistemas.

La traducción de un idioma a otro, en muchos casos por la cantidad de datos, se realiza utilizando IA. Esto puede significar que haya sido entrenado con contenido que contenga errores y sesgos. Se utiliza esta limitación para trabajar con el grupo de estudiantes.

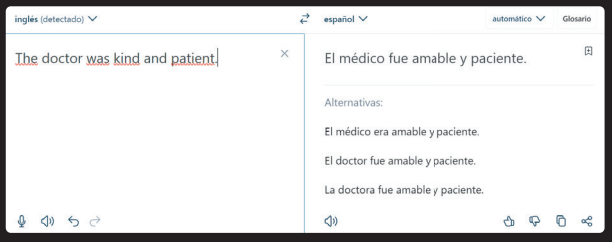
Al inicio se propone la exploración del recurso, para quienes no hayan utilizado un traductor en línea. Explora junto con el grupo de estudiantes la traducción de la siguientes frases:

'The doctor was kind and patient'
'The nurse was kind and patient'
'The teacher was kind and patient'
'My hairdresser cut my hair a lot'

En el primer caso, al momento de escribir este libro, se obtiene la siguiente salida:



Sin embargo, al agregar un punto al final se incorpora una alternativa:



Estos sesgos están siendo mejorados progresivamente, por eso quizás este ejemplo quede obsoleto al momento de probarlos y motivamos la búsqueda de otros.

Se explora junto con el grupo otros sesgos que se puedan reproducir, respecto al género, etnia y contexto, dependiendo de las necesidades y motivaciones del grupo.

Reflexiona sobre las siguientes cuestiones:

- *¿Cómo surgen estos sesgos?*
- *¿Qué debilidades encuentran que puede suceder si no hacemos algo al respecto?*
- *¿Qué otros sesgos pueden reproducirse en este tipo de sistemas?*
- *Además de las profesiones, ¿hay otros ámbitos donde se puede seguir explorando?*

Sugerencias

Trabajar en conjunto con docentes de lenguas extranjeras.

Objetivos de IA

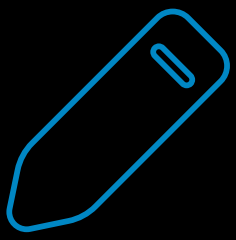
Identificar que el uso de IA tiene un impacto social.

Reflexionar sobre cómo las tecnologías con IA pueden reflejar o amplificar prejuicios.

Recursos

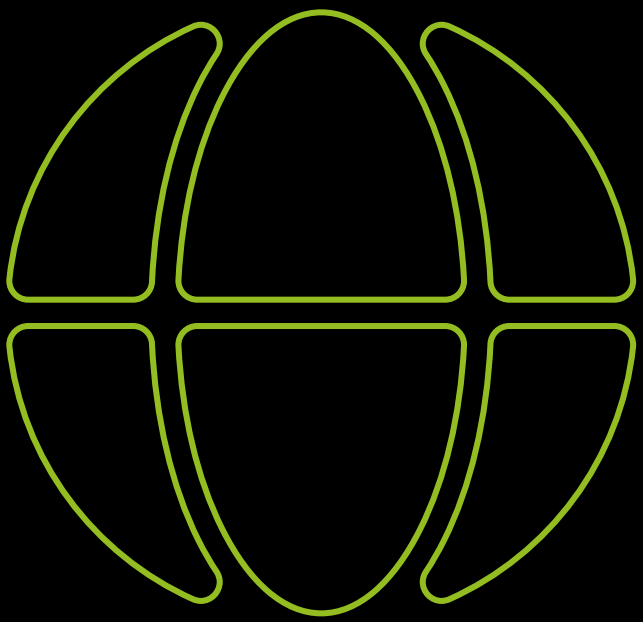
Deepl

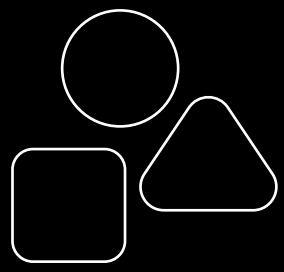
Translate de Google

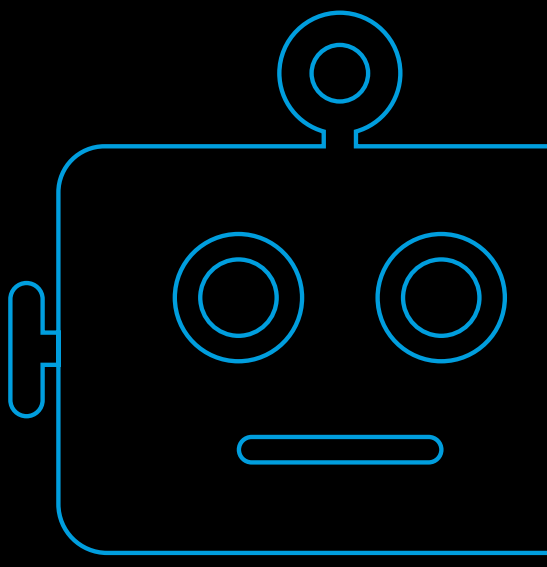


Capítulo 5

IA y la **autonomía digital** de los **sistemas educativos**







Tecnologías y Educación

El 24 de julio de 2023 se hizo el lanzamiento global del reporte GEM del estado de la educación mundial[36] en Montevideo, Uruguay. Un reporte muy esperado, con énfasis en tecnologías digitales para la educación, al año siguiente de la contención y culminación de la emergencia sanitaria mundial generada por la pandemia de covid-19. Se seleccionó Uruguay para hacer el lanzamiento dado el grado de avance que tiene en transformación digital en educación y la penetración de tecnologías digitales. Sin embargo, este informe solicitado al equipo de GEM por la Unesco contempla la realidad de países que aún no tienen a todas sus escuelas conectadas a la red eléctrica, así como países que están utilizando el reconocimiento facial para tomar asistencia en clase. Por lo tanto, cabe marcar que el universo de despliegue tecnológico estudiado es dispar.

De todas formas, en esa diversidad hay terreno común y algunas conclusiones prometedoras sobre innovación educativa. Primero y fundamental, que la utilización de plataformas y dispositivos con intencionalidad estratégica dentro del sistema educativo puede ofrecer muy buenos resultados, aunque no los garantiza. Si bien se presentan ejemplos de muchos países que pudieron mitigar los efectos adversos del cierre de centros educativos por contar con un mejor despliegue tecnológico en general, también se menciona que casi en su totalidad la inclusión de tecnologías en la educación falla si no hay una clara visión de qué se quiere lograr con su aplicación. El principal aporte y la conclusión del reporte es que los sistemas educativos deben avanzar hacia la construcción de tecnologías "en nuestros términos". Esto hace referencia, entre otras cosas, a tecnologías construidas con las comunidades educativas, gobernadas por intencionalidades pedagógicas concretas, al servicio del aprendizaje y de los seres humanos.

36 https://www.unesco.org/gem-report/en/technology

En definitiva, una trayectoría muy similar a la que Uruguay ha recorrido con Ceibal y en su ecosistema de educación. Contar con un centro de innovación con tecnologías digitales, al servicio de las políticas educativas del país, le ha permitido al sistema educativo uruguayo tener una autodeterminación digital muy infrecuente en el resto de la región y en buena parte del mundo. Pero para la construcción de esas tecnologías "en nuestros términos" tenemos que encarar desafíos concretos para aprovechar las oportunidades asociadas a las tecnologías digitales. Para la IA —la que, como hemos visto en capítulos anteriores, es una tecnología digital más— esto no es diferente.

Contexto mundial sobre políticas de **inteligencia artificial** en **educación**

Varios países han avanzado en el desarrollo de directrices claras para el uso de la IA en educación, reconociendo tanto su potencial para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje como los desafíos éticos y de privacidad que plantea.

Estados Unidos, por ejemplo, ha desarrollado una regulación de la IA en educación que puede variar de un Estado a otro. Agencias federales y asociaciones nacionales han publicado recomendaciones y pautas para orientar el uso ético y responsable de la IA en el ámbito educativo. Sin embargo, han optado más bien por un marco legal claro que cada Estado aplica según sus posibilidades en lugar de reglas de aplicación para cada comunidad educativa. Esto genera que agencias y organizaciones como ISTE, Digital Promise, Ed Safe AI o la iniciativa Teach AI se vuelven fundamentales para nivelar el terreno de juego entre las empresas tecnológicas, tanto en aquellos Estados con más camino desarrollado como en aquellos con menos.

La Unión Europea ha sido líder en la regulación de la IA en general, con el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR, por sus siglas en inglés)[37] estableciendo estándares estrictos para la protección de datos personales, que incluye el sector educativo. Además, la Comisión Europea ha propuesto un marco regulatorio específico para la IA que aborda aspectos como la transparencia, la equidad y la seguridad. De hecho, en el momento en que se escribe este texto es la comunidad que más regulaciones tiene publicadas con respecto a esta tecnología y su uso en educación.

37 https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

China ha implementado políticas ambiciosas para el desarrollo de la IA en todos los sectores, incluida la educación. El gobierno chino ha publicado directrices que promueven el uso de la IA en las escuelas, centradas en mejorar la personalización del aprendizaje y optimizar los sistemas educativos, pero también incluyen disposiciones sobre la protección de la privacidad del estudiantado y la seguridad de los datos. Incluso ha tenido una postura proactiva a la hora de poner en discusión sus iniciativas en la cumbre de Naciones Unidas realizada en Nueva York en 2022. Sin embargo, su estrategia de protección de datos se distancia de las propuestas por países de occidente. Queda claro que China procura ser una potencia en IA y ha puesto toda su maquinaria a tales efectos.

El Reino Unido ha publicado varios informes y marcos estratégicos relacionados con el uso de la IA en la educación que abordan temas como la innovación tecnológica, la ética en la IA y cómo esta puede apoyar los objetivos educativos nacionales. La Oficina del Comisionado de Información (ICO, por sus siglas en inglés) proporciona orientación sobre la protección de datos en el contexto educativo.

Canadá ha demostrado interés en establecer un marco ético y de gobernanza para la IA que incluye el sector educativo, con énfasis en la transparencia, la responsabilidad y el respeto por la privacidad y los derechos humanos.

Australia también ha avanzado en el debate sobre el equilibrio entre innovación y regulación de la IA en educación, con documentos de política y directrices que exploran cómo la tecnología puede ser utilizada de manera segura y efectiva para apoyar los resultados educativos.

La Unesco, por su parte, en el marco del Consenso de Beijing[38] ha comenzado la tarea de proporcionar plataformas adecuadas para el intercambio internacional de marcos regulatorios, instrumentos y enfoques sobre la IA en educación, a través de la Semana del Aprendizaje Digital de la Unesco y otros organismos de las Naciones Unidas. Ha creado asociaciones de múltiples partes interesadas y movilizado recursos para reducir la brecha de IA e incrementar la inversión en la aplicación de la IA en educación. En 2021 y 2023 publicó guías sobre IA y educación para hacedores de políticas públicas (Fengchun et al., 2021; Unesco 2023b).

38 https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303

En todos los ejemplos anteriores, las regulaciones para la IA en educación varían según el país y la región, pero hay varios principios y directrices comunes que suelen seguirse. Aunque no entraremos en detalles específicos de cada jurisdicción exacta, aquí hay un resumen de aspectos clave que suelen abarcar estas regulaciones, que también aplican para Uruguay y la región:

- **Protección de datos y privacidad:** Las regulaciones suelen enfatizar la importancia de proteger la privacidad de estudiantes y educadores, lo que incluye el manejo seguro de los datos personales, el consentimiento para su uso y la transparencia sobre cómo se recopilan, almacenan y utilizan estos datos.

- **Equidad y accesibilidad:** Se busca asegurar que las herramientas de IA no amplifiquen los sesgos o discriminación presentes en la sociedad y que sean accesibles para cada estudiante, incluso en situaciones de discapacidades. Esto puede incluir directrices sobre la necesidad de realizar auditorías de sesgo algorítmico y de implementar medidas correctivas cuando se detectan. Uruguay cuenta con una organización completa a tales efectos (Ceibal) que se integra con otras responsables de las políticas digitales a nivel nacional. Esto favorece que haya suficiente talento y capacidad para atender la equidad y la accesibilidad a tecnologías digitales como la IA en el sistema educativo público.

- **Calidad y eficacia educativa:** Muchas regulaciones exigen que las soluciones de IA en educación sean evaluadas rigurosamente para asegurar que contribuyen positivamente al proceso de aprendizaje y que cumplen con ciertos estándares de calidad educativa. Para poner un ejemplo local, en Ceibal se utilizan plataformas adaptativas que son revisadas para asegurar que proveen interacciones de calidad tanto a estudiantes como a educadores. Es fundamental contar con herramientas de evaluación que arrojen claridad sobre los niveles de calidad y eficacia educativas que no siempre están disponibles en los sistemas educativos públicos.

- **Ética y responsabilidad:** Las directrices éticas suelen abordar la importancia de desarrollar y utilizar la IA de manera que respete los derechos y la dignidad de todas las personas involucradas en el

proceso educativo. Esto incluye cuestiones como la transparencia de los algoritmos, la posibilidad de que las personas usuarias entiendan y cuestionen las decisiones tomadas por sistemas de IA y la asignación clara de responsabilidades en caso de errores o problemas. Para ilustrar este punto, podríamos decir que las soluciones de IA para educación tienen que ser capaces de "explicar" qué reglas utilizaron para dar una respuesta. Si no pueden hacerlo, los algoritmos que emplean son menos transparentes para quienes los están utilizando.

- **Seguridad y protección:** Además de la protección de datos, las regulaciones suelen cubrir la necesidad de proteger las infraestructuras de TI educativas contra ciberataques, asegurando que los sistemas de IA no se conviertan en vectores de vulnerabilidad. Para tener una política de IA apropiada en educación hay que contar con una correcta defensa de las infraestructuras y los datos. En definitiva, esto también aporta a la autonomía digital necesaria para un sistema educativo en "nuestros términos", como se mencionó anteriormente.

- **Cooperación e intercambio de conocimientos:** Algunas regulaciones fomentan la colaboración entre instituciones educativas, desarrolladores de IA y otros actores para compartir mejores prácticas, innovaciones y lecciones aprendidas en el uso de IA en educación. En Uruguay, tanto la Agesic como las universidades y el sector privado colaboran para que esta tecnología sea implementada de tal manera que el último conocimiento disponible llegue a la mayoría de la población.

Pero aun teniendo marcos regulatorios como los descritos antes, que minimicen las externalidades negativas que pueden devenir de la utilización de las tecnologías digitales en educación sin control, en el momento de implementar estas tecnologías en el aula habrá, de todas maneras, oportunidades y desafíos.

Oportunidades de la **IA** en la **educación latinoamericana**

Los sistemas educativos de América Latina también pueden capitalizar las distintas oportunidades que brindan los sistemas basados en IA tanto en los procesos de aprendizaje de sus estudiantes como en las tareas administrativas que educadores y líderes educativos llevan a cabo.

- **Personalización del aprendizaje:** La IA ofrece la posibilidad de adaptar el contenido educativo y las estrategias de enseñanza según las necesidades individuales de cada estudiante, lo que podría mejorar significativamente la efectividad del aprendizaje y reducir las brechas de desempeño. Para ilustrar este punto podríamos pensar en el diseño universal para el aprendizaje (DUA). Es un enfoque en la educación que busca maximizar la accesibilidad y la eficacia del aprendizaje creando un entorno que sea adecuado para todo el estudiantado, independientemente de sus habilidades o discapacidades. Este concepto tiene sus raíces en el diseño universal, un principio en arquitectura y diseño de productos que aboga por crear soluciones accesibles para el mayor número posible de personas. La tecnología que llamamos inteligencia artificial es particularmente beneficiosa para dar retroalimentación personalizada, algo que generalmente es muy costoso en educación y que es difícil de escalar. Y le ofrece a modelos pedagógicos como el DUA grandes ventajas para su implementación a mayor escala.

- **Acceso a la educación:** La IA puede facilitar el acceso a la educación de calidad en regiones remotas o desatendidas, proporcionando recursos educativos personalizados y plataformas de aprendizaje en línea que sean accesibles desde cualquier lugar con o sin conexión a internet. La capacidad generativa de esta tecnología habilita a que, con el poder de cómputo necesario instalado físicamente en un lugar, se pueda generar multiplicidad de respuestas diferentes a partir de un gran lago de datos, potencialmente disminuyendo la dependencia de conectividad permanente.

- **Mejora de la evaluación y retroalimentación:** Los sistemas de evaluación con IA pueden proporcionar retroalimentación instantánea y personalizada a cada estudiante, permitiendo que el equipo docente pueda identificar áreas de mejora y adaptar sus enfoques pedagógicos en consecuencia, como ya describimos anteriormente.

- **Gestión educativa eficiente:** La IA puede ayudar en la gestión de instituciones educativas, optimizando la asignación de recursos, la planificación curricular y la toma de decisiones basadas en datos para mejorar la calidad y eficiencia del sistema educativo en su conjunto. Si hay algo que la IA hace muy bien es extraer patrones de grandes volúmenes de datos para ofrecer evidencia de acciones que funcionan o que no funcionan. Esto tiene un gran potencial para reducir la carga del trabajo administrativo, por ejemplo.

Desafíos para superar

La otra cara de la moneda está relacionada con aquellos inconvenientes o limitaciones que supone la inclusión de esta tecnología en el sistema educativo.

- **Brecha digital:** A pesar del potencial de la IA para democratizar algunos elementos de la educación, la brecha digital sigue siendo un obstáculo importante en América Latina, ya que el acceso a dispositivos y conectividad confiable no alcanza a la totalidad de estudiantes. Y aún con conectividad confiable, la brecha digital no es una, sino son al menos tres: la brecha de acceso a dispositivos e infraestructura tecnológica, la de uso de la conectividad y la de contenidos digitales de calidad. En el caso de Uruguay, la primera parte de la brecha se encaró en 2007, pero aún en 2024 algunos aspectos aún persisten. Para dar una idea, fue recién en 2023 que Ceibal consiguió junto con Antel[39] que el 100% de los centros educativos en zonas rurales cuenten con internet de alta velocidad, cuando desde 2010 todos estaban conectados a algún tipo de internet.

- **Privacidad y protección de datos:** La implementación de la IA en la educación plantea preocupaciones sobre la privacidad y la protección de datos de estudiantes, lo que requiere la implementación de medidas sólidas para garantizar la seguridad y confidencialidad de la información personal. Estrategias de anonimización, ciberseguridad y monitoreo son solo algunas.

- **Formación docente:** La capacitación adecuada de las figuras docentes en el uso efectivo de la IA es esencial para aprovechar al máximo su potencial en el aula, lo que requiere inversiones significativas en programas de desarrollo profesional y actualización de habilidades, así como la renovación de los programas y currículos básicos de formación docente.

39 Administración Nacional de Telecomunicaciones, principal proveedor de acceso a Internet en Uruguay.

- **Equidad y sesgo algorítmico:** Existe el riesgo de que los sistemas de IA en la educación reproduzcan o amplifiquen las desigualdades existentes a escalas y velocidades mayores de lo habitual, ya sea a través de sesgos algorítmicos o la falta de acceso equitativo a estas tecnologías, lo que podría agravar las disparidades educativas en la región.

El rol docente en la integración de la IA

En un camino hacia políticas que promuevan la autonomía digital en educación, el rol docente se transforma en un facilitador clave del aprendizaje impulsado por la tecnología. Es un rol fundamental en la integración efectiva de la IA en las políticas educativas regionales de América Latina y requiere de habilidades concretas para su participación activa en este proceso.

- **Liderazgo en la adopción tecnológica:** Cada docente es líder en el aula. Tienen la responsabilidad de guiar a sus estudiantes en el uso ético y efectivo de la tecnología, incluida la IA. Actuar como modelos que seguir en la exploración y adopción de herramientas digitales puede inspirar confianza y motivación en el estudiantado para que utilicen la tecnología de manera responsable. Modelar el tipo de uso es clave para promover un aprovechamiento de estas tecnologías para el aprendizaje.

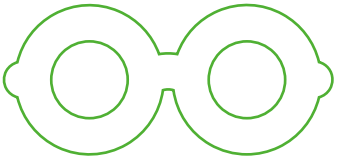
- **Desarrollo profesional y capacitación continua:** La alfabetización en IA y la capacitación en el uso de herramientas basadas en IA es esencial para que cada docente aproveche al máximo su potencial en el aula. Los programas de desarrollo profesional deben ofrecer oportunidades de aprendizaje práctico y colaborativo, que permitan al colectivo docente adquirir las habilidades necesarias para integrar la IA de manera efectiva en su práctica educativa.

- **Colaboración interdisciplinaria:** La integración de la IA en las políticas educativas requiere una estrecha colaboración entre docentes, administradores escolares, personas expertas en tecnología y otras figuras profesionales de la educación. Trabajar en equipo permite aprovechar una variedad de perspectivas y experiencias para diseñar e implementar estrategias educativas que beneficien a todo el colectivo de estudiantes.

- **Diseño de políticas educativas centradas en el estudiante:** Cada docente tiene una visión única de las necesidades y capacidades de sus estudiantes; esto hace que sea clave en la reformulación de políticas educativas basadas en la IA. Su participación activa en el proceso de aplicación y retroalimentación asegura que las políticas sean diseñadas teniendo en cuenta las realidades del aula y el bienestar de cada estudiante.

- **Fomento de la innovación y la creatividad:** Cada docente puede promover un ambiente de innovación y creatividad en el aula al utilizar la IA como una herramienta para explorar nuevas formas de enseñanza y aprendizaje. Al alentar a sus grupos de estudiantes a experimentar y colaborar en proyectos basados en IA, pueden cultivar habilidades clave como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. Pero para esto tienen que volverse personas idóneas en creatividad humana para facilitar que se disparen procesos creativos en sus estudiantes. No a pesar de la IA, sino con la IA.

El rol docente en la integración de la IA en las políticas educativas regionales es clave para garantizar que la tecnología se utilice de manera efectiva y ética en el aula. Al liderar la adopción tecnológica, participar en el desarrollo profesional, colaborar interdisciplinariamente y diseñar políticas centradas en cada estudiante, pueden contribuir significativamente a la mejora continua de la educación en América Latina en la era digital. Pero, fundamentalmente, serán quienes construyan gran parte de la soberanía digital de la que pueda disfrutar el sistema educativo.



Evaluando políticas de educación en IA: métricas y evaluación

Para garantizar el éxito y la efectividad de las políticas de educación en IA es fundamental establecer métricas claras y procesos de evaluación robustos. Medir la efectividad de las políticas de educación en IA juega un papel crucial en la retroalimentación de educadores, estudiantes y la industria, así como en la mejora y perfeccionamiento de estas políticas.

Distintas estrategias para medir la efectividad de las políticas de educación en IA:

- **Identificar indicadores clave de rendimiento que reflejen los objetivos y resultados deseados de las políticas educativas en IA,** como el rendimiento estudiantil, la equidad en el acceso a la educación, niveles de participación y el desarrollo de habilidades digitales. Este es tal vez uno de los puntos fundamentales. Por ejemplo, en Uruguay, y para Ceibal, la utilización de IA en educación tiene un objetivo inicial de generar mayor equidad en los aprendizajes y acceso a las oportunidades del futuro. Esto hace que los indicadores que elegimos tengan ese énfasis.

- **Utilizar datos cuantitativos y cualitativos para evaluar el impacto de las políticas en el aprendizaje del estudiantado,** la calidad de la enseñanza y el uso efectivo de la tecnología en el aula. No porque los datos cuantitativos sean los más disponibles en sistemas tecnológicos debemos prescindir de la información cualitativa, que es clave para el mejoramiento de la experiencia de usuario y los niveles de compromiso con el aprendizaje.

- **Incorporar la retroalimentación de diferentes partes interesadas,** incluyendo educadores, estudiantes, padres y líderes de la industria, para comprender mejor los desafíos y éxitos de la implementación

de las políticas. Si entendemos al sistema educativo como un ecosistema con múltiples participantes que colaboran en delicados balances, es crucial incorporar la información proveniente de la interacción de dichos actores.

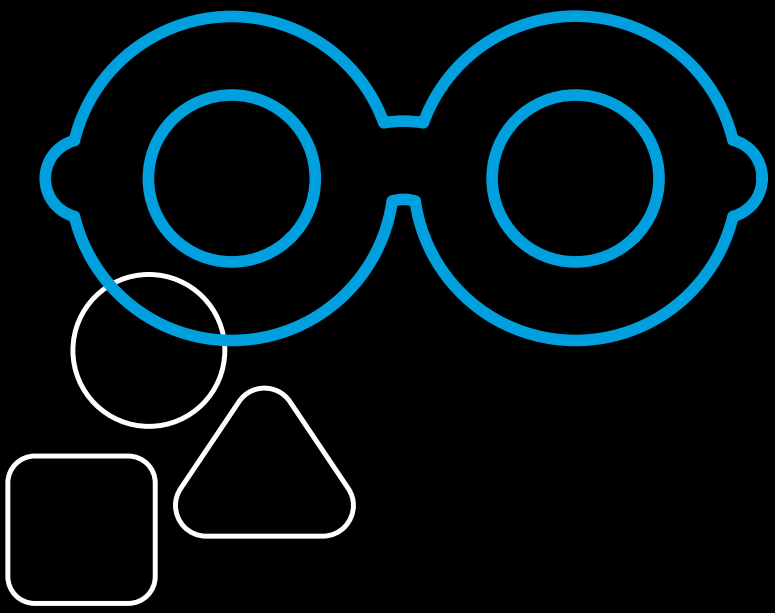
Algunas claves del proceso iterativo para la mejora continua de las políticas diseñadas:

Escuchar y valorar las experiencias y opiniones de educadores y estudiantes en la evaluación de las políticas de educación en IA, reconociendo su conocimiento experto y su perspectiva única. Pero no solamente con el objetivo de conocer esas opiniones, sino de fomentar la colaboración entre el sector educativo y la industria tecnológica para identificar áreas de mejora y oportunidades de innovación en las políticas de educación en IA, con una determinada postura de incidencia sobre el tipo de desarrollos tecnológicos que se generan para educación.

Este proceso de escucha tiene que estar acompañado de formación. En la medida que las personas involucradas entiendan mejor las posibilidades y limitaciones que ofrece la tecnología digital, podrán mejorar la interacción que tienen con quienes están construyendo las soluciones tecnológicas que usan, desde un gran modelo de lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés) hasta un sistema de gestión del aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés).

El desarrollo y la implementación de políticas de educación en IA es un proceso iterativo y en evolución, que requiere flexibilidad y adaptación a medida que la tecnología y las necesidades educativas evolucionan. Anticipar tendencias futuras en IA, como el desarrollo de nuevas herramientas y aplicaciones educativas, y ajustar las políticas educativas en consecuencia para aprovechar al máximo las oportunidades emergentes parece ser sabio. Esto, sumado a un gran esfuerzo de todo el sistema educativo, es lo que puede acercar a Uruguay y los países de la región a sistemas educativos con grados de autonomía digital que garanticen la utilización de la tecnología en "nuestros términos", y que nos ofrezcan los mayores beneficios de una de las tecnologías más disruptivas del último tiempo.

Prospectiva



Necesidades y oportunidades que brinda la **IA**

Hay al menos dos puntos de vista para revisar sobre la introducción de la IA en las aulas. En primer lugar, es crucial la alfabetización en la temática. Del mismo modo en que en el siglo XIX se difundieron los sistemas educativos para comprender el mundo de la primera revolución industrial, es esencial que toda la población (en particular la juventud) desarrolle un nivel de alfabetización en pensamiento computacional y en IA en el marco de la cuarta revolución industrial. Esto les permitirá comprender el mundo a su alrededor, ejercer su ciudadanía y participar activamente en discusiones sobre los impactos éticos y las posibilidades que ofrece esta tecnología. Es necesario adquirir conceptos básicos sobre el funcionamiento de la IA en clave de la preparación para el futuro.

Por otro lado, no podemos pasar por alto la irrupción de las herramientas que incluyen IA en las aulas, problematizando su uso por parte de docentes y estudiantes. Desde tiempos ancestrales venimos empleando tecnologías para resolver problemas; hoy parece imperativo discutir qué problemas en los sistemas educativos pueden ser abordados con la ayuda de la computación y la IA.

La personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje, la creación y entrega eficientes de contenido, el apoyo a la diversidad en el aprendizaje, la accesibilidad e inclusión, la asistencia en traducción, el aprendizaje colaborativo, el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, la resolución creativa de problemas, la investigación y escritura aceleradas, los métodos de evaluación innovadores, el aumento de la participación y motivación estudiantil, así como el apoyo académico y la tutoría, son algunas de las áreas en las que la IA aparece como promesa o posibilidad de mejora (Mohebi, 2024).

La IA puede ser una herramienta valiosa para promover la inclusión y la diversidad en el aula. Los sistemas con IA pueden adaptar el contenido educativo de acuerdo con las necesidades individuales de cada estudiante, ofreciendo materiales y actividades personalizados que se ajusten a su nivel de conocimiento previo. Al proporcionar recursos y soporte personalizado, puede atender a las necesidades especiales de cada estudiante para que puedan participar de manera más activa y exitosa en el proceso educativo. Además, la aparición de chatbots y sistemas de tutoría basados en IA permite contar con tutoría personalizada, que puede brindar apoyo individualizado a cada estudiante, ofreciendo explicaciones, resolviendo dudas y proporcionando retroalimentación inmediata sobre su progreso. Asimismo, la IA puede facilitar la traducción y el acceso a contenido en diferentes idiomas, lo que beneficia a estudiantes de diversas comunidades lingüísticas y culturales.

El procesamiento de datos a gran escala puede ayudar a identificar patrones y tendencias, colaborando con cada docente en diseñar secuencias didácticas más efectivas y adaptadas a las necesidades de sus estudiantes. No solo las propuestas pueden verse beneficiadas, sino también los instrumentos de evaluación; los sistemas con IA pueden apoyar la creación de pruebas y evaluaciones adaptativas que se ajusten al nivel de conocimiento y habilidades de cada estudiante, ofreciendo preguntas y ejercicios que se constituyan en desafíos ajustados. Los EdGPT (Modelos Educativos-GPT) pretenden refinar los grandes modelos de lenguaje entrenados con cantidades masivas de datos a conjuntos de datos menores, de dominio específico educativo y de alta calidad (Unesco, 2023b). A través de estos modelos EdGPT, que se orientan al codiseño curricular, docentes y estudiantes podrían generar materiales educativos en la línea de lo que se nombraba anteriormente.

Los sistemas que incluyen IA pueden también mejorar la gestión educativa a partir del análisis de datos administrativos y académicos para identificar áreas de mejora en la gestión de recursos, la asignación de personal, la planificación curricular y otros aspectos clave de la gestión educativa. Por ejemplo, en la predicción de abandono, mediante el análisis de datos históricos y el seguimiento en tiempo real del desempeño estudiantil, así como en la generación de señales de alerta temprana que indiquen riesgo de abandono escolar, que permite una

intervención docente de manera proactiva para brindar apoyo adicional a estudiantes en riesgo.

La posibilidad efectiva y el impacto real en términos de aprendizaje o prácticas docentes es algo que aún presenta desafíos. El debate en torno a la necesidad o pertinencia de incorporar la IA será parte de los desafíos que hay que resolver en el corto plazo. Este libro pretende contribuir a esta discusión.

Condiciones básicas para la **introducción** de la inteligencia artificial en los sistemas

En este libro ya exploramos algunas líneas de las políticas necesarias para este propósito. En este segmento, presentaremos a modo de resumen algunas condiciones fundamentales para iniciar la implementación de una estrategia para incluir la inteligencia artificial en nuestros sistemas educativos:

- **Infraestructura tecnológica:**
  - **Dispositivos**: Computadoras y dispositivos con capacidad suficiente para ejecutar programas con IA y acceder a recursos en internet.
  - **Conectividad**: Acceso a internet de banda ancha para permitir el uso eficiente de aplicaciones basadas en la nube y recursos en línea.
  - **Plataformas**: Licencias para herramientas y plataformas especializadas en IA, así como acceso a API y entornos de desarrollo adecuados.
  - **Soporte técnico continuo**: Asistencia para el mantenimiento de la infraestructura tecnológica y la resolución de problemas técnicos.
- **Desarrollo profesional docente:**
  - **Formación conceptual básica en IA:** El colectivo docente necesita comprender los principios fundamentales de la IA.

- **Formación en ética de la IA:** Formación y reflexión de los dilemas éticos asociados con la IA y su impacto en la sociedad.

- **Desarrollo de habilidades técnicas:** Formación en programación, gestión de datos y uso de herramientas específicas de IA.

- **Didáctica para la enseñanza de IA:** Estrategias para integrar la IA en el currículo que fomenten el pensamiento crítico y la resolución de problemas en estudiantes. Esta habilidad puede y debe ser interdisciplinaria, la estrategia de desarrollo profesional docente debe ser pensada para todas las áreas.

- **Actualización constante:** Programas de formación continua para que el colectivo docente mantenga sus habilidades actualizadas frente a los avances rápidos en la tecnología de IA.

- **Desarrollo curricular:**

  - **Integración curricular:** Desarrollo de currículos que incorporen la IA de manera transversal o como asignatura específica.

  - **Materiales didácticos específicos:** Creación y adaptación de recursos educativos que faciliten el aprendizaje de la IA.

- **Consideraciones éticas y legales:**

  - **Definiciones éticas y políticas:** Definición de normativas y regulaciones que aseguren el uso ético y la creación responsable de los sistemas basados en IA.

  - **Privacidad y seguridad de datos:** Implementación de políticas y prácticas para la protección de datos de estudiantes y el cumplimiento de las normativas legales vigentes.

¿Qué debe seguir siendo humano?

Lo que decidamos hacer con esta tecnología es una cuestión exclusivamente humana; la dirección que tomemos depende enteramente de nosotros. Es crucial reconocer que la IA es una herramienta y, como tal, refleja las intenciones y los valores de quienes la diseñan y utilizan.

En este sentido, es necesario el cuidado, la promoción de la investigación y especial atención de la rigurosidad ante la aparición de espejitos de colores y tecnologías disruptivas, por ejemplo, al centrar el aprendizaje solo en la plataformización orientada en problemas cerrados (close-ended problems). Hay una mirada más amplia que tiene que ver con valorar en su medida justa los aspectos positivos de las plataformas y complementar el trabajo en aula para desarrollar proyectos, aprendizaje colaborativo, espacios de reflexión y metacognición, entre otras competencias.

Otro aspecto clave es la definición de habilidades fundacionales que necesitan ciertas prácticas no necesariamente asociadas a las tecnologías digitales (por ejemplo, alfabetización en lecto-escritura, aritmética). Es sumamente relevante identificar esos procesos cognitivos.

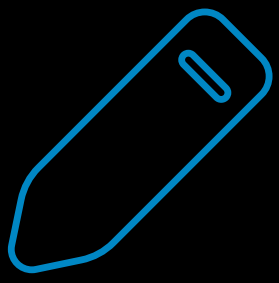
Creemos que tanto el pensamiento crítico como la creatividad se pueden promover incorporando la IA en el aula. Para eso, explícitamente se deben poner en cuestión, trabajar interdisciplinariamente, pero ancladas en contenidos o problemas y propuestas concretas. El marco de IA descrito en el libro contiene algunas competencias para promover en este sentido.

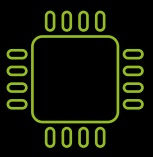
Es fundamental que enfrentemos el desafío de localización de la IA desde el sur global, reconociendo el desafío por las diferencias

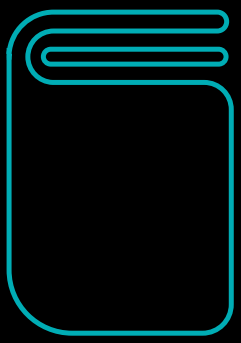
de uso y producción de tecnologías con IA, en nuestra región. La contextualización cultural es clave, y para esto es necesario generar una red entre países que trabaje en clave de cooperación para no caer en el riesgo de reducir la diversidad de opiniones y marginar aún más a las voces ya marginadas.

Vinculada a estos puntos está la promoción de estrategias que contribuyan a romper el círculo asociado al riesgo de reducir la diversidad de opiniones y continuar ampliando las brechas y oportunidades de minorías y grupos subrepresentados.

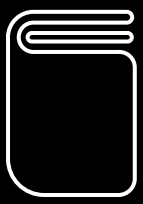
En este contexto, es esencial que fomentemos un debate ético continuo y riguroso para asegurarnos de que su implementación beneficie a la sociedad en su conjunto. Debemos actuar con proactividad en la creación de normativas y directrices que garanticen un uso responsable y ético de la IA, promoviendo así un futuro en el que la tecnología amplifique nuestras capacidades sin comprometer nuestros principios humanísticos. Para lograr esto es condición necesaria una base de alfabetización en esta tecnología a escala global.







Reseñas



Reseñas

Construyendo inteligencia artificial para la educación de Ceibal ofrece un sólido conjunto de principios y dimensiones para una efectiva integración de la inteligencia artificial en el aula. Este libro va más allá de simplemente delinear conceptos computacionales básicos; enfatiza un conjunto de valores fundamentales que guían a los educadores en la construcción de entornos de aprendizaje atractivos y equitativos. La principal fortaleza de esta obra radica en su enfoque en la equidad. Al abogar por una educación que atienda las necesidades individuales y colectivas de diversas comunidades, se centra en la importancia de que todos los estudiantes tengan la oportunidad de prosperar, independientemente de su contexto. Esto es particularmente relevante en el dispar campo STEM. En Digital Promise creemos que el uso seguro y efectivo de la IA requiere usuarios informados. Con este libro, Ceibal avanza en la alfabetización en IA de todos los estudiantes, los educadores y los miembros de la comunidad educativa, empoderándolos para el uso responsable de estas tecnologías emergentes. Este libro ofrece una base valiosa para los educadores que desean integrar la IA de formas atractivas e inclusivas. Al enfatizar la equidad, el aprendizaje activo y el pensamiento crítico, *Construyendo inteligencia artificial para la educación* guía a los educadores en su tarea de cultivar una generación de personas capaces de solucionar problemas de manera creativa y responsable.

Pati Ruiz,
directora senior de Edtech and Emerging Technologies en Digital Promise

Construyendo inteligencia artificial para la educación combina de manera única las bases teóricas con aplicaciones prácticas en el aula, haciendo que la educación en IA sea accesible y atractiva para docentes noveles y estudiantes. Desmitifica la IA con actividades que fomentan el pensamiento crítico y la experimentación práctica. Las consideraciones éticas del manual y su enfoque para integrar la IA en diversos contextos ayudan a los educadores a determinar el papel de la IA en sus aulas. El liderazgo de Ceibal en educación en IA continúa su rica tradición en la educación en informática.

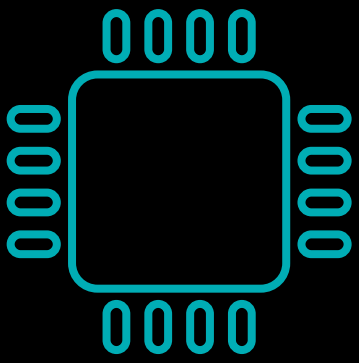
Pat Yongpradit,
director académico de Code.org y responsable de TeachAI

Este libro es una excelente guía sobre la inteligencia artificial en el estado actual. Mientras que su lenguaje es accesible para un público no especializado, no deja de ser muy preciso en sus definiciones, haciendo un recorrido por lo que entendemos al día de hoy sobre IA, en particular por el aprendizaje automático. Además, propone actividades que ayudan a bajar a tierra todos los conceptos sobre los que trabaja, para completar la comprensión de este tema tan actual y tan vasto.

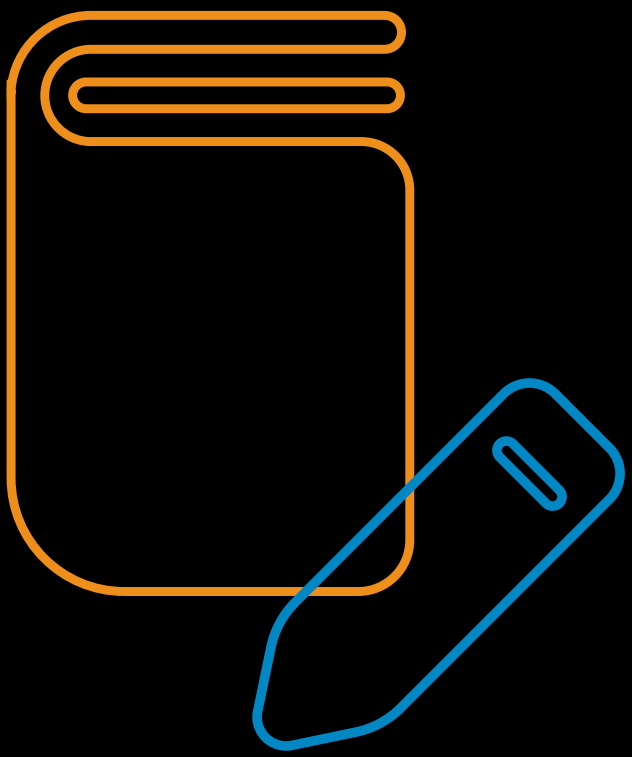
Maria Inés Fariello,
profesora adjunta del Instituto de Matemática y Estadística,
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República

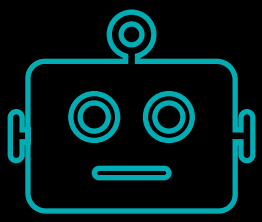
Construyendo inteligencia artificial para la educación combina magistralmente teorías fundamentales con estrategias prácticas para el aula, garantizando que la educación en IA sea accesible y atractiva para principiantes, ya sean maestros o estudiantes. Desglosa conceptos complejos de IA a través de actividades que fomentan el pensamiento crítico y el aprendizaje práctico. El manual también aborda las dimensiones éticas que implica y ofrece orientación sobre cómo integrar la IA en diversos entornos educativos, permitiendo a los educadores considerar cuidadosamente el papel de la IA en sus aulas.

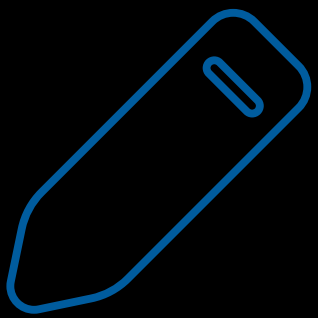
Armand Doucet,
educador y miembro de la Orden de Canadá



Referencias bibliográficas







AGESIC. (2020). *Estrategia de Inteligencia Artificial para el Gobierno Digital:* https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/comunicacion/publicaciones/estrategia-inteligencia-artificial-para-gobierno-digital/estrategia

Bansal, D. (2023). The Benefits of AI for Kids and How to Introduce It in Their Everyday Lives. *Medium*. https://medium.com/@dishubansal/the-benefits-of-ai-for-kids-and-how-to-introduce-it-in-their-everyday-lives-dbbd1e997542

Bers, M. U. (2020). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom.* Routledge.

Bocconi, S., Chioccariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., ... & Stupurienė, G. (2022). *Reviewing computational thinking in compulsory education: State of play and practices from computing education.*

Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B. y Barro, S. (2023). AI literacy in K-12: *a systematic literature review, en International Journal of STEM Education*, 10(1), 29. https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/pensamiento-computacional-propuesta-para-el-aula-00018977

Ceibal (2022). Pensamiento computacional. Propuestas para el aula: https://doi.org/10.1007/s13218-021-00751-5

Chen, J., Chen, L., Huang, H., & Zhou, T. (2023). *When do you need Chain-of-Thought Prompting for ChatGPT?. arXiv preprint arXiv:2304.03262*.

Dagienė, V., & Sentance, S. (2016). It's computational thinking! Bebras tasks in the curriculum. In *Informatics in Schools: Improvement of Informatics Knowledge and Perception: 9th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2016, Münster, Germany, October 13-15, 2016, Proceedings 9 (pp. 28-39). Springer International Publishing.*

Dohn, N. B., Kafai, Y., Mørch, A., & Ragni, M. (2022). Survey: Artificial Intelligence, Computational Thinking and Learning. *Künstl Intell* 36, 5–16 (2022). https://doi.org/10.1007/s13218-021-00751-5

Escudero, W. S. (2019). *Big data: breve manual para conocer la ciencia de datos que ya invadió nuestras vidas.* Siglo XXI Editores.

Fengchung, M., Holmes, W., Ronghuai, H. y Hui, Z. (2021). *AI and education: A guidance for policymakers.* Unesco Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379376.locale=es

Ferrante, E. (director), Alonso Alemany, L., Fernandez Slezak, D., Ferrer, L., Milone, D. & Stegmayer, G. (2022). *¿Aprendizaje automágico?: un viaje al corazón de la inteligencia artificial contemporánea.* Universidad Nacional del Litoral.

Gennari, R., Melonio, A., Pellegrino, M., y D'Angelo, M.. (2023) How to Playfully Teach AI to Young Learners: a Systematic Literature Review, en *Proceedings of the 15th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter* (CHItaly '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 1, 1–9. https://doi.org/10.1145/3605390.3605393

Hanks, B., Fitzgerald, S., McCauley, R., Murphy, L., & Zander, C. (2011). Pair programming en education: A literature review. *Computer Science Education,* 21(2), 135-173.

Herft, A. (2023). *A Teacher's Prompt Guide to ChatGPT aligned with 'What Works Best'*. https://content-calpoly-edu.s3.amazonaws.com/ctlt/1/images/A%20Teacher%27s%20Prompt%20Guide%20to%20ChatGPT%20accessible%20version.pdf

HOLMES, W., BIALIK, M. Y FADEL, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning.*

HOLMES, W., BIALIK, M., Y FADEL, C. (2023). *Artificial Intelligence in Education.* Globethics Publications.

ISTE (2023). *Bringing AI to school: tips for school leaders*. https://cms-live-media.iste.org/Bringing_AI_to_School-2023_07.pdf

ISTE (2022). *Proyectos prácticos de IA en el aula*: https://cdn.iste.org/www-root/Libraries/Documents%20%26%20Files/Artificial%20Intelligence/AIGDK5_1120_ES.pdf?_ga=2.164345084.213503642.1694613114-1449447776.1694613113

Kahneman, D. (2012). *Pensar rápido, pensar despacio.* Debate.

Kim, S., Jang, Y., Kim, W., Choi, S., Jung, H., Kim, S. y Kim, H. (2021). Why and What to Teach: AI Curriculum for Elementary School, en *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(17), 15569-15576. https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17833

Knuth, D. E. (1974). Computer science and its relation to mathematics. *The American Mathematical Monthly,* 81(4), 323-343.

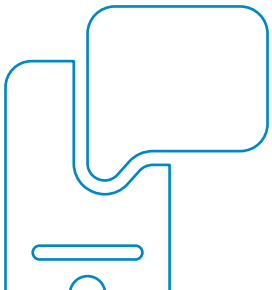
Kojima, T., Gu, S. S., Reid, M., Matsuo, Y., & Iwasawa, Y. (2022). Large language models are zero-shot reasoners. *Advances in neural information processing systems,* 35, 22199-22213.

Kong, S. C., & Abelson, H. (2019). Computational thinking education (p. 382). Springer Nature.

Long, D. y Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations, en *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-16.*

Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., ... & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. Acm Inroads, 2(1), 32-37.

Miller, M. (2023). *AI for Educators: learning strategies, teacher efficiencies, and a vision for an artificial intelligence future.* Dave Burgess Consulting, Inc..



MinEduc. (2023). *Guía docente: cómo usar ChatGPT para potenciar el aprendizaje activo.*

Mohebi, L. (2024). Empowering learners with ChatGPT: insights from a systematic literature exploration. *Discover Education*, 3(1), 36.

Mollick, E. R., y Mollick, L. (2023). *Using AI to Implement Effective Teaching Strategies in Classrooms: Five Strategies, Including Prompts*. SSRN Electronic Journal. Elsevier BV. https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243

Ng, Andrew (2023). *The Batch - Weekly Issues*. Issue 211 https://www.deeplearning.ai/the-batch/issue-211/

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W. y Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review, en *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. 10.1016/j.caeai.2021.100041.

Ng, D.T.K., Lee, M., Tan R.J.Y., Hu, X., Downie, J.S., & Chu, S.K.W. (2022). A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Educ Inf Technol* 28, 8445–8501. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11491-w

Olari, V. y Romeike, R. (2021). Addressing AI and Data Literacy in Teacher Education: A Review of Existing Educational Frameworks, en *The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, pp. 1-2.

Open AI (2023). *Teaching with AI*. https://openai.com/blog/teaching-with-ai

Papert, S. (1990). Children, computers and powerful ideas. *New York: Basic Books*, 10(1990), 1095592.

Papert, S. (2000). What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. *IBM systems journal, 39*(3.4), 720-729.

Quinn, S. y Poole, F. (2023). *DALL·E: An "Intelligent" Illustrator for your Language Classroom.* The FLTMAG. https://fltmag.com/dall%C2%B7e/

Resnick, M. (2007). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition* (pp. 1-6).

Romero, M. (2023) *Lifelong learning challenges in the era of artificial intelligence: a computational thinking perspective.* IRMBAM, France.

Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). Hacer visible el pensamiento. *Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes.*

Ritchhart, R., Turner, T., & Hadar, L. (2009). Uncovering students' thinking about thinking using concept maps. *Metacognition and Learning,* 4 (2), 145–159.

Sentance, S. y Waite, J. (2022). *Perspectives on AI and data science education.* https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2022/12/Perspectives-on-AI-and-data-science-education-_Sentance-Waite_2022.pdf

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher, 15*(2), 4-14.

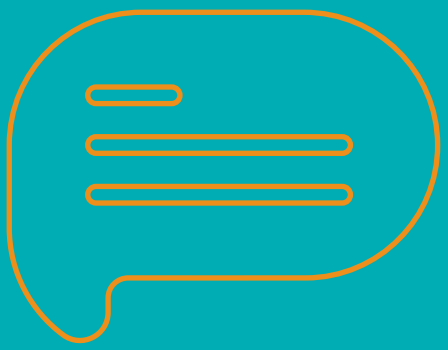
Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., y Pears, A. (2021a). Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education. *IEEE Access* (Vol. 9, pp. 110558–110572). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). https://doi.org/10.1109/access.2021.3097962

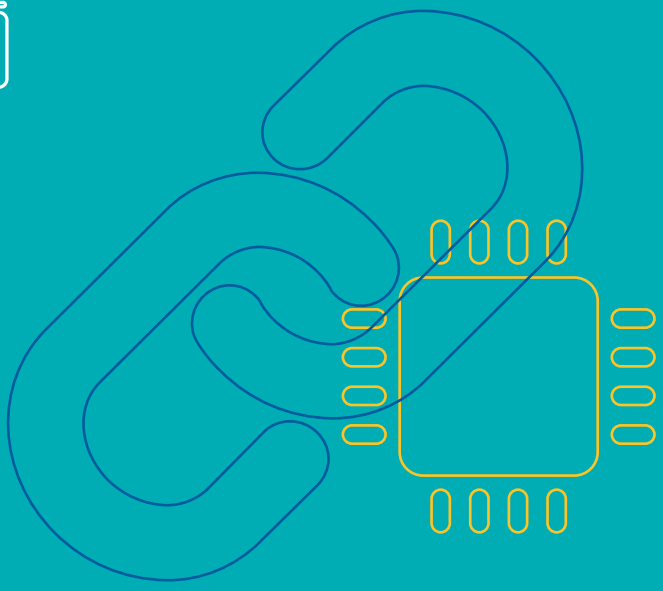
Tedre, M., Denning, P. y Toivonen, T. (2021b). CT 2.0, en *Proceedings of the 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, pp. 1-8.

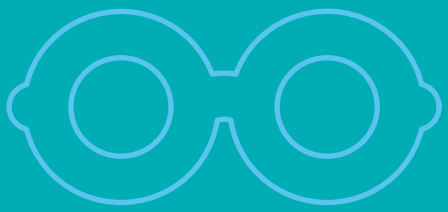
Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F. y Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?, en *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 9795-9799. https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795

UNESCO (2023a). *Currículos de IA para la enseñanza preescolar, primaria y secundaria: un mapeo de los currículos de IA aprobados por los gobiernos.*
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_spa

UNESCO (2023b). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación.*







Ceibal
ANEP
ADMINISTRACIÓN
NACIONAL DE
EDUCACIÓN PÚBLICA