

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL, APRENDIZAJE Y TRANSFERENCIA

---

## Artificial Intelligence, learning and transfer

---

Francisco Tamarit<sup>1</sup>

---

**PALABRAS CLAVE:** inteligencia artificial, redes neuronales, transferencia tecnológica, aprendizaje automático, aprendizaje profundo

**KEYWORDS:** artificial intelligence, neural networks, technology transfer, machine learning, deep learning

El **Dr. Francisco Tamarit**, *Especialista en Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático*, conversó con la Revista de Ciencias Empresariales sobre aspectos claves de la IA y los principales desafíos, presentes y futuros, que supone la transferencia de estas tecnologías al contexto productivo y empresarial.

### **Dr. Tamarit, ¿podríamos comenzar con una breve definición de Inteligencia Artificial y particularizar los conceptos de Machine Learning y Deep Learning?**

Podemos comenzar diciendo que el aprendizaje profundo es parte del aprendizaje automático, y este a su vez es parte de la inteligencia artificial. Cuando hablamos de inteligencia artificial hablamos de producir máquinas capaces de imitar las capacidades mentales de los seres humanos. Quiero aclarar de entrada, que el concepto de inteligencia que los humanos solemos manejar está muy restringida a la idea de destacarse en algún aspecto de la vida. Para unos es importante la capacidad de abstracción, para otros retener muchos datos, para algunos saber disfrutar las cosas buenas de la vida. Es importante saber que nosotros, cuando nos referimos a inteligencia, nos referimos a cosas mucho más comunes, pero no menos difíciles, cosas que todos sabemos hacer, las cuales fueron aprendidas gracias a que tenemos cerebros muy grandes y muy eficientes. De esta forma, para nosotros inteligencia se refiere a las habilidades que tenemos los humanos para procesar información de forma eficiente y adaptativa. Estas capacidades son muy diferentes de las capacidades que tienen las computadoras que usamos cotidianamente, aún las más veloces. Ellas son capaces de guardar muchísima información, recuperarla muy rápido y con poco error, mientras que nosotros guardamos muy poca información y con mucho error. Son capaces también de realizar muchas

---

<sup>1</sup> Licenciado en Física y Doctor en Física. Profesor Titular de FAMAF (Universidad Nacional de Córdoba) e Investigador Principal del CONICET. Ex decano de FAMAF (UNC), ex Rector de la Universidad Nacional de Córdoba, ex Director del CONICET, Coordinador General de la Conferencia Regional de la UNESCO de Educación Superior para América Latina y el Caribe. Especialista en Inteligencia Artificial, Aprendizaje Automático, Ciencia de Datos y Sistemas Complejos. Contacto: tamarit.f@gmail.com

operaciones aritméticas por segundo, algo que está muy lejos de nuestra limitada capacidad de hacer cuentas sin la ayuda de algún artefacto específico. En definitiva, cuando hacemos inteligencia artificial queremos hacer máquinas capaces de hacer las mismas cosas que nosotros hacemos con naturalidad, como hablar con fluidez, entender el contenido de un texto, reconocer un rostro, predecir el estado de ánimo de alguien con quien debemos interactuar. A lo largo de la historia de la inteligencia artificial, que comenzó a mediados del siglo pasado, han surgido distintos enfoques sobre cómo generar máquinas capaces de imaginar nuestras capacidades. Una parte de estos paradigmas conforman el área de aprendizaje automático, que consiste en generar programas capaces de mejorar con la experiencia, como aprendemos nosotros. Y para nosotros la experiencia se resume en datos, muchísimos datos. Dentro del aprendizaje automático, una rama muy exitosa en la actualidad es la llamada inteligencia neuronal, que aborda el problema de generar inteligencia en máquinas creando cerebros artificiales muy complejos a partir de ensamblar muchísimas neuronas artificiales bastante simples. Estas neuronas artificiales se comunican entre sí mediante un entramado muy complejo y muy grande de conexiones llamadas sinapsis artificiales. Cuando estas neuronas artificiales pueden acomodarse en muchas capas, una al lado de la otra, de forma tal que en un extremo tenemos la capa de entrada de datos donde el cerebro recibe el estímulo externo (como sucede por ejemplo en nuestras retinas), y en el otro extremo la capa de lectura de los resultados o capa de salida, hablamos de redes profundas. La profundidad de un cerebro artificial hace alusión a la cantidad de capas sucesivas que podemos usar para construirlo. Durante décadas estuvimos limitados a entrenar solamente redes neuronales, o sea, cerebros artificiales, poco profundos, de pocas capas. Hoy podemos abordar problemas muy complejos gracias a que podemos entrenar cerebros muy profundos.

### **¿Cómo funcionan las redes neuronales (no biológicas)?**

Al contrario de lo que usualmente se piensa, y de lo que por mucho tiempo pensó la ciencia, el secreto de la inteligencia artificial no reside en las neuronas artificiales, sino en las conexiones o sinapsis que se forman entre las neuronas artificiales. Y lo mismo sucede en los cerebros naturales. Esto no quiere decir que las neuronas no sean importantes. Pero la información se almacena y se procesa en la red de conexiones sinápticas. Todo el secreto de la inteligencia artificial neuronal reside en desarrollar algoritmos capaces de modificar sucesivamente y de a poco las conexiones sinápticas de forma tal que al final del proceso la red tenga las sinapsis capaces de hacer que ante un estímulo (una entrada) la capa de salida dé la respuesta correcta. Las entradas y las salidas están codificadas siempre en números pero aún así, a través de reglas de codificación podemos procesar cosas tan variadas como textos, voces, sonidos, imágenes, sabores, entre muchas otras cosas, como hacemos los seres vivos. Por ejemplo, la entrada puede ser una foto de un animal y la salida puede ser la categoría de animal que entró a la red. Estas tareas, que para nosotros son muy naturales y por eso pocas veces catalogadas de inteligentes, son prácticamente imposibles de realizar en una computadora convencional con programación convencional. Sin embargo, con estos cerebros artificiales, hemos aprendido a imitar cómo funcionan los cerebros animales y de esta forma somos capaces ahora de usar la tecnología no solo para reemplazar nuestro esfuerzo físico, como hacía casi toda la tecnología que conocíamos hasta hace muy poco, si no también nuestro esfuerzo intelectual. Podemos clasificar y hacer predicciones a partir de la experiencia ganada, tan bien como los humanos más expertos en cada rama. Aún no hemos podido generar sistemas artificiales inteligentes dotados de conciencia pero quizá incluso esto sea posible. Habrá que esperar para ver.

### **A los fines de que nuestros lectores puedan tangibilizar estos conceptos: ¿qué casos recientes de aplicación o transferencia de tecnología al sector productivo se le vienen a la memoria?**

Es una excelente y difícil pregunta. Todos los días nos sorprendemos con nuevos logros, nuevos avances, en los más variados campos. Se puede aplicar a tantos aspectos de la vida em-

presarial que sería más fácil enunciar qué no pueden hacer, y aún así te diría que es probable que la lista de cosas que no se hacen hoy se achicaría el próximo mes. Porque la velocidad de crecimiento de las redes neuronales artificiales es espeluznante. Nunca habíamos visto una tecnología que creciera tan rápido. En lo personal, lo que más me sorprende y asombra es el constante avance en el campo del procesamiento del lenguaje natural. Quizá porque el lenguaje, a diferencia de otras capacidades y habilidades humanas, no aparece en otros animales (no me refiero a sistemas de comunicación sino a lenguajes propiamente dicho). Precisamente porque no hablamos de una inteligencia inusual, como la que reconocemos en un ganador de un Premio Nobel, sino de inteligencias usuales y comunes, hoy se puede aprender de los expertos en cada campo cómo generar una red que los supere. En mi campo, la ciencias exactas y naturales, la inteligencia artificial nos está ayudando a desentrañar problemas difíciles de la mecánica cuántica, de la física de materiales, de la cosmología. Y en particular, creo que empieza a cobrar forma el crear programas capaces de programar. Esto es sorprendente y a la vez disruptivo. ¿Se podrá alguna vez incluso prescindir de nosotros, quienes programamos las redes neuronales? En el mundo de los negocios la IA está en todas las etapas. En la venta minorista, en la publicidad personalizada, en todas las etapas de la logística, en el control de calidad y cada vez más en la línea de producción.

**¿En qué sectores de la economía Ud. observa que hay una veloz incorporación de este tipo de IA, y en cuáles aún no se avanza? ¿Reconoce algunas causas?**

Según las estadísticas en el mundo de los negocios la mayor parte de los lucros que genera la IA se producen en los procesos de venta minorista personalizada. Y creo que en nuestro país sucede lo mismo. Hay empresas muy exitosas en esta área a escala global y también en Argentina. En el otro extremo, sin duda la parte más difícil es la inclusión de IA en la línea de producción. Y no porque no tengamos capacidad para hacerlo, sino porque requiere grandes inversiones y cambios estructurales en la parte más sensible de las industrias. Quizá esto explica porqué el fenómeno de la inteligencia artificial inunda el mundo de la producción de servicios, generando incluso nuevas oportunidades de negocio, pero es todo mucho más lento a nivel industrial, donde los avances ya llegaron a los grandes conglomerados multinacionales pero aún no a las pequeñas y medianas empresas nacionales o regionales. Debemos articular los esfuerzos entre los gobiernos, la academia y el sector productivo para ayudar a implementar inteligencia artificial también en esos sectores más delicados, pues les resulta más difícil competir en el mercado internacional, sufren muchísimos los avatares de la constante crisis económica y son grandes generadores de empleos de calidad. De parte de la academia tenemos el potencial para hacerlo, no en una institución sino en muchas. Así como durante décadas se trabajó la calidad industrial porque se entendió que sin mejorar en calidad no habría oportunidades de negocios en un mundo muy competitivo, hoy es necesario comprender que estas tecnologías están alterando también la actividad industrial, y que sin ellas será difícil sobrevivir, competir y encontrar nuevos mercados. Sin duda nuestro país y la región precisan de un cambio virtuoso en su matriz productiva, y la inteligencia artificial tiene que ser parte de estos cambios.

**Con una mirada autocrítica del ecosistema académico (investigación), ¿cuáles son las barreras a superar para que haya más investigación aplicada y transferencia de tecnología hacia el sector productivo en materia de IA?**

Para responder esta pregunta debería escribir un libro, porque son muchas las autocríticas. Conozco el sistema bastante bien porque he tenido la oportunidad de ser decano de mi facultad, rector de mi universidad e integrante del directorio del CONICET durante más de cuatro años. Nuestro sistema científico-tecnológico está dominado por una concepción decimonónica y perimida de lo que es la calidad en términos de producción de conocimiento, la cual solo reconoce como buenas a las preguntas académicas, aquellas que surgen de los enormes esfuerzos creativos que la humanidad hace para extender las fronteras del conocimiento. Y

sin desconocer la necesidad y el valor de la investigación básica guiada por la curiosidad, es necesario visualizar a la producción de conocimiento como una compleja red de subsistemas con muchas interacciones incluso exógenas, con objetivos mucho más amplios que la demanda meramente académica. Debemos incorporar nuevos objetivos y competencias al sistema, pues hoy el conocimiento es el motor de mejora de la calidad de vida de las sociedades. No podemos atendernos a nosotros mismos, no podemos nosotros, los científicos y científicas generar exclusivamente nuestras demandas. Siempre sentí que en nuestro país una parte importante de lo que no es investigación básica es desconsiderado y desvalorizado por la academia. Sin embargo Argentina ha logrado grandes éxitos científicos y tecnológicos gracias a pensar en atender demandas muy específicas de actores sensibles de la sociedad. Sin duda nuestro país tiene un sistema de producción de conocimiento de calidad reconocida internacionalmente, pero que es aún un sistema muy cerrado. Solo reconoce el impacto bibliométrico (cuántos libros, artículos y tesis se hacen). Podemos seguir siendo buenos en lo que sabemos hacer y a la vez explorar nuevas formas de crear y aplicar el conocimiento. Creo que hay que fortalecer otras componentes del sistema que buscan compartir con la sociedad preguntas y desafíos. Esto no se hace solo con buenas intenciones. Requiere de la inversión del estado nacional, de los estados provinciales y de actores claves del sector privado. Necesitamos al menos tanta inversión como la que se hace en ciencia básica. Otro aspecto importante es reconocer nuevas formas de co-creación de conocimiento. Los estudiosos de la historia de la tecnología consideran que estamos atravesando la cuarta gran revolución tecnológica de la modernidad, después las producidas por la inclusión de la máquina de vapor (la primera), la energía eléctrica (la segunda) y la informática (la tercera). Y por primera vez en un momento de disrupción tecnológica en el mundo, los países de América Latina y en particular Argentina, tenemos capacidades académicas singulares en estos temas. Es cierto que no podemos competir con los sistemas académicos de los países más prósperos, pero sí tenemos una gran inversión académica de décadas que redundará en miles de jóvenes formados en estas áreas tan sensibles. No podemos perder ni un segundo y tenemos que ser creativos a la hora de imaginar cómo vincularnos de forma más eficiente y sobre todo, más generosa, entendiendo que nadie debe usar a nadie, sino que tenemos que evolucionar y crecer juntos, cada uno en su campo, para ampliar la potencialidad de las alianzas, rompiendo las barreras que nos imponen muchas veces las disciplinas. Es todo un desafío. La producción de ciencia básica está universalizada y sabemos cómo medir su impacto académico. Pero cuando hablamos de utilizar el conocimiento científico y tecnológico para impactar positivamente en la calidad de vida de nuestra sociedad, debemos entender que los procesos son mucho más complejos y a la vez idiosincráticos, ya que requieren un diálogo entre actores muy disímiles. Por suerte yo veo con mucha satisfacción que desde el lado de la academia se está innovando, se está probando y se acepta cada día más que la demanda de la sociedad, en especial de la salud, de la justicia, de la educación, de los sectores productivos, para citar solo algunos, es tan legítima como la demanda que nos genera la curiosidad por entender los procesos naturales, incluidos los sociales y humanos. Debemos repensar la manera de capacitar a los jóvenes, permitiéndonos innovar también en la formación. A modo de ejemplo, en la Universidad Nacional de Córdoba existen muchas carreras que forman a jóvenes en estas tecnologías, en muchas facultades, brindando la posibilidad de tener títulos de grado y posgrado muy reconocidos. Pero desde 2017 estamos incursionando en formaciones académicas más cortas pero no menos valiosas, en particular en diplomaturas, donde en ocho meses una persona sin necesidad de tener un título de grado recibe una formación específica y adquiere un conocimiento muy práctico para desempeñarse con mucha solidez en el mundo laboral de la inteligencia artificial. Y estos jóvenes trabajan en muchas empresas locales, en áreas críticas de los gobiernos, en asociaciones civiles e incluso muchos de ellos se animan a incursionar en el mundo empresarial, con mucho éxito. En definitiva, la visión clásica de la universidad atendiendo solamente a la demanda de profesionales y científicos tiene que cambiar, sin desmerecer lo que ya se hace, para admitir nuevas formas de formación. Y lo mismo pasa

con la investigación, donde tenemos que incluir en la agenda estas tecnologías. Si no reaccionamos a tiempo perderemos la oportunidad, los jóvenes migrarán de nuestras instituciones académicas a empresas del país o de otros países y perderemos las ventajas comparativas, pequeñas pero valiosas, que creamos en nuestras universidades habiendo investigado y enseñado estas tecnologías cuando eran meros desafíos académicos.

**Sobre el mismo tema, ¿cuál es su percepción en relación a la contraparte?, es decir, ¿cuáles son las barreras en el sector productivo para trabajar más en conjunto con el sector académico?**

En los últimos años he tenido una creciente interacción con el sector productivo de Córdoba, pues desde mi facultad participé en muchos desarrollos y colaboraciones que han dado muy buenos resultados. Me sorprende siempre porque las demandas que nos llegan son cada vez más complejas y sin embargo siempre salen bien, en el sentido de que se pueden resolver los problemas y sentar las bases de soluciones muy innovadoras utilizando inteligencia artificial. Además encontramos en estas empresas y dependencias gubernamentales personas muy formadas, muy curiosas y muy interesadas en mejorar su trabajo en alianza con la academia. En este sentido, como alguien que interactúa con estas empresas, siento que tenemos mucho para compartir. Ojalá esto crezca y sean cada vez más las empresas, los gobiernos y las asociaciones que descubran que las soluciones no están en universidades o empresas de países lejanos y ricos. Las soluciones están disponibles en nuestras universidades, en el CONICET, en el INTI, en la CONAE, en la CNEA, en el INTA, para citar algunas componentes del sistema científico nacional, y también en un ambiente emprendedor privado que es extremadamente creativo. Necesitamos no solo exportar soluciones para empresas de otros países, lo cual es muy bueno, sino también generar alianzas con la producción local, en todos sus campos, para ayudarlos a mejorar sus procesos y a ganar nuevos mercados. Y esto es algo que no siempre se entiende. Podemos contentarnos con que nuestros jóvenes tengan muy buenos trabajos a distancia en empresas del extranjero o ayudar también a que haya inversiones de empresas locales en el uso de estas tecnologías. Ambas cosas son importantes. Todos los sectores productivos pueden beneficiarse de esta ola de transformación que vive el mundo, y esta ola se basa en tres ejes: los algoritmos inteligentes, la capacidad de cómputo y los datos. Nosotros, en la academia podemos ofrecerles asesoramiento en algoritmos y podemos ofrecerles mucha capacidad de cómputo. El sector privado, que tiene muchísimos datos de los cuales puede aprender, tiene que animarse a usarlos de manera inteligente y automática para mejorar y crecer. A nosotros nos encanta, en las primeras etapas de cada colaboración, discutir con quienes nos buscan cómo usar los datos que tienen, cómo mejorar la adquisición a futuro y cómo cuidarlos. Los datos son el gran insumo de esta nueva revolución tecnológica y tenemos que aprender entre todos a trabajar con ellos. Por tras de estos desafíos tecnológicos, económicos y sociales, nos esperan también inúmero de desafíos éticos no menos importantes, pues vemos una vez más, que las nuevas tecnologías pueden mejorar profundamente las condiciones de vida de la humanidad y sin embargo, el mundo parece marchar en el sentido de usarlas para generar también guerras, discriminación, desigualdad y violencia. Ojalá la academia también pueda ayudar a tomar las mejores decisiones para tener un mejor futuro para la humanidad.

**¿Qué campo de oportunidades están generando las crecientes capacidades tecnológicas disponibles en materia IA para el sector productivo?**

Son enormes y muy variadas. Podemos mejorar la producción en servicios y bienes, el comercio y la gestión empresarial. Si hay datos, si hay registros, podemos aprender de la experiencia almacenada en esos datos para mejorar en todas las dimensiones de la actividad productiva. Desde la compra de insumos hasta la venta y distribución en la última milla. En el medio, todo se puede mejorar, optimizar. Allí donde hay inteligencia humana, la inteligencia artificial puede ayudar a tomar mejores decisiones.