



Máquinas Vivas. La convergencia de biología y tecnología

Descripción

Introducción

La frontera entre la biología y la tecnología se está desdibujando a un ritmo acelerado. Lo que hace unas décadas pertenecía al ámbito de la ciencia ficción, hoy es una realidad en pleno desarrollo: la creación de máquinas basadas en células vivas.

Este avance, impulsado por disciplinas como la bioingeniería, la neurotecnología y la biocomputación, está redefiniendo el concepto mismo de lo que consideramos un dispositivo tecnológico.

La capacidad de combinar materia viva con sistemas computacionales abre puertas a una nueva era de innovación, con aplicaciones que van desde la medicina regenerativa hasta la creación de redes neuronales biológicas capaces de procesar información como nunca antes.

El uso de células vivas en máquinas no es solo una mejora incremental en la tecnología existente, sino un cambio paradigmático.

En el libro *Multiversos Digitales: La Tecnología como Palanca Evolutiva*, expuse cómo la hibridación de la biología con la tecnología puede convertirse en el siguiente gran salto evolutivo para la humanidad. Desde la utilización de tejidos musculares en robots hasta el desarrollo de interfaces cerebro-máquina con células neuronales, las posibilidades son tan vastas como inquietantes.

En este artículo exploraremos cómo las células vivas están siendo utilizadas para desarrollar máquinas, qué avances se han logrado hasta ahora y cuáles son los desafíos éticos y científicos que enfrenta este nuevo paradigma.

El nacimiento de los biocomputadores y la robótica biohíbrida

Uno de los avances más significativos en esta área es la creación de biocomputadores, sistemas que utilizan células vivas, en particular neuronas, para procesar información. Investigaciones de la Universidad de Tokio han demostrado que es posible utilizar neuronas animales para construir circuitos híbridos, donde la plasticidad neuronal ofrece una capacidad de adaptación que los chips de silicio simplemente no pueden replicar.

Un avance notable en este campo es el desarrollo del CL1 por la startup australiana Cortical Labs. Este dispositivo es el primer ordenador biológico comercial que integra neuronas humanas cultivadas en laboratorio con chips de silicio. Las neuronas, al recibir estímulos eléctricos, forman redes sinápticas capaces de adaptarse y aprender en tiempo real, lo que permite ejecutar código y realizar tareas informáticas de manera más eficiente y con menor consumo energético que los ordenadores tradicionales. Además, el sistema operativo BIOS facilita la interacción entre el hardware biológico y la computación convencional, abriendo nuevas posibilidades en la inteligencia artificial y la robótica .

Otro ejemplo es el trabajo de la startup suiza FinalSpark, que ha lanzado una plataforma en línea que proporciona acceso remoto a un dispositivo informático formado por organoides cerebrales humanos. Estos bioprocesadores consumen significativamente menos energía que los ordenadores convencionales y ofrecen una nueva forma de computación más sostenible.

A su vez, los biobots, desarrollados por científicos de la Universidad de Vermont y de Tufts, han llevado la bioingeniería un paso más allá al fabricar pequeñas máquinas completamente biológicas. Estos sistemas, conocidos como xenobots, se crean a partir de células de la rana *Xenopus laevis*, permitiéndoles moverse, colaborar en tareas colectivas y, en algunos casos, incluso regenerarse. Su potencial en la limpieza de microplásticos en los océanos o en la administración de fármacos dentro del cuerpo humano los coloca en la vanguardia de la biotecnología aplicada.

En el ámbito de la robótica biohíbrida, investigadores de la Universidad de Tokio han logrado avances significativos al desarrollar robots recubiertos con piel humana cultivada

en laboratorio. Este enfoque permite que los robots tengan una apariencia más natural y la capacidad de realizar expresiones faciales, como sonreír. La piel artificial se adhiere a las estructuras robóticas utilizando un gel de colágeno, lo que facilita una mejor integración y funcionalidad.

Además, científicos de la Universidad de Cornell han desarrollado robots biohíbridos que utilizan micelios fúngicos para su control. Estos robots aprovechan las señales eléctricas naturales generadas por los hongos para detectar y responder a estímulos del entorno, lo que representa una nueva frontera en la interacción entre biología y tecnología.

Estos avances en biocomputadores y robótica biohíbrida demuestran el potencial de integrar sistemas biológicos en la tecnología, ofreciendo soluciones más eficientes y adaptativas en diversos campos, desde la medicina hasta la inteligencia artificial.

Integración de neuronas humanas en la computación biológica

Hace solo unas semanas, la empresa australiana Cortical Labs presentó su CL1, el primer ordenador biológico comercial que integra neuronas humanas cultivadas en laboratorio con chips de silicio. Este dispositivo representa un avance significativo en la convergencia de la biología y la tecnología, permitiendo procesar información de manera más eficiente y con menor consumo energético que los ordenadores tradicionales.

El CL1 utiliza neuronas humanas que, al recibir estímulos eléctricos, forman redes sinápticas capaces de adaptarse y aprender en tiempo real. Esta característica lo diferencia de los procesadores convencionales, que siguen algoritmos predefinidos y carecen de la plasticidad neuronal. Además, el sistema operativo biOS facilita la interacción entre el hardware biológico y la computación tradicional, permitiendo a los desarrolladores ejecutar código directamente en las redes neuronales.

Una ventaja notable del CL1 es su eficiencia energética. Mientras que las unidades de procesamiento gráfico (GPU) utilizadas en la inteligencia artificial consumen grandes cantidades de energía, el CL1 requiere una fracción de esa potencia, lo que lo convierte en una alternativa más sostenible.

<https://youtu.be/GQ5s0ID4vbY%20>

La Cortical Cloud es su plataforma de computación en la nube que ofrece acceso remoto a este poder de cómputo biológico. Permite a los usuarios ejecutar código en neuronas vivas desde cualquier lugar, utilizando herramientas familiares como Jupyter notebooks, sin requerir infraestructura especializada. Esta plataforma facilita la experimentación y el desarrollo de aplicaciones que aprovechan la eficiencia energética y la capacidad de aprendizaje intuitivo de las neuronas biológicas.

Este avance se alinea con iniciativas anteriores, como el Proyecto Blue Brain, que busca simular el cerebro de mamíferos a nivel molecular para comprender su funcionamiento y disfunciones. Sin embargo, el enfoque del CL1 es más práctico, ofreciendo una plataforma tangible para la integración de neuronas humanas en sistemas computacionales.

La creación del CL1 marca un hito en la biocomputación, demostrando el potencial de las neuronas humanas para mejorar las capacidades de procesamiento de información y abrir nuevas posibilidades en campos como la inteligencia artificial y la robótica

Cuántica, superordenadores y biocomputadores

La convergencia de la biología y la tecnología está dando lugar a innovaciones sin precedentes en el ámbito de la computación. La integración de células vivas en sistemas informáticos, los avances en la computación cuántica y el desarrollo de superordenadores están redefiniendo nuestra capacidad para procesar información.

Ya hemos visto que la computación biológica implica la utilización de células vivas, especialmente neuronas, para procesar información.

Los ordenadores cuánticos se basan en los principios de la mecánica cuántica, utilizando qubits en lugar de bits clásicos. A diferencia de los bits, que pueden representar un 0 o un 1, los qubits pueden estar en superposición, representando simultáneamente ambos estados. Esto permite que los ordenadores cuánticos realicen múltiples cálculos en paralelo, otorgándoles una capacidad de procesamiento extraordinaria. Recientemente, Google presentó su chip cuántico Willow, capaz de realizar en cinco minutos una tarea que el superordenador más potente tardaría 10 septillones de años en completar.

Los superordenadores tradicionales están diseñados para llevar a cabo tareas que requieren un poder de procesamiento masivo, como modelado y simulación avanzada, análisis de datos complejos y predicciones científicas. Aunque poseen una gran capacidad de cálculo, su arquitectura basada en bits clásicos limita su eficiencia en comparación con

las posibilidades que ofrecen la computación cuántica y biológica.

La integración de la computación biológica y cuántica podría revolucionar el panorama tecnológico. La combinación de la adaptabilidad y eficiencia energética de las neuronas biológicas con la capacidad de procesamiento paralelo de los qubits cuánticos abre la puerta a sistemas híbridos con un potencial sin precedentes. Además, la computación neuromórfica, que busca emular la arquitectura y funcionamiento del cerebro humano, representa una emocionante fusión de la ciencia de la computación con el conocimiento del cerebro humano. Aunque todavía está en sus etapas iniciales y enfrenta desafíos significativos, su potencial para transformar tanto la tecnología como nuestra comprensión del cerebro es inmenso.

La convergencia de la biología y la tecnología, junto con los avances en la computación cuántica y neuromórfica, está allanando el camino hacia una nueva era en la computación. La fusión de estos conceptos podría dar lugar a sistemas más eficientes, potentes y adaptables, transformando nuestra capacidad para procesar información y abordar problemas complejos.

Interfaces cerebro-máquina y computación orgánica

Las interfaces cerebro-máquina (ICM) y la computación orgánica representan campos en rápida evolución que buscan integrar la actividad neuronal humana con sistemas tecnológicos avanzados, abriendo nuevas posibilidades en la interacción humano-máquina.

Las investigaciones en neurotecnología han demostrado que las neuronas pueden integrarse con sistemas computacionales para mejorar la interacción entre humanos y máquinas. Experimentos recientes han logrado conectar neuronas a microprocesadores, creando sistemas híbridos que aprenden y responden a estímulos de manera orgánica. Un caso fascinante es el uso del oído de una langosta muerta como un sensor biológico en un chip, desarrollado por la Universidad de Tel Aviv, logrando una eficiencia energética varias veces superior a la de los sensores digitales tradicionales.

La computación orgánica implica el uso de sistemas biológicos, como redes neuronales vivas, para procesar información de manera similar a las computadoras tradicionales. Un ejemplo destacado es el proyecto SpiNNaker (Spiking Neural Network Architecture), desarrollado por la Universidad de Mánchester. Este superordenador neuromórfico utiliza un millón de procesadores ARM para emular el comportamiento de las neuronas humanas,

permitiendo simulaciones a gran escala del cerebro y ofreciendo una plataforma para comprender mejor las funciones cerebrales y desarrollar nuevas aplicaciones en inteligencia artificial.

A pesar de los avances, la integración de sistemas biológicos con tecnología plantea desafíos significativos. La biocompatibilidad a largo plazo, la estabilidad de las señales neuronales y las implicaciones éticas de manipular y utilizar tejidos vivos en dispositivos tecnológicos son áreas que requieren una investigación y debate profundos. Sin embargo, la convergencia de la biología y la tecnología promete revolucionar campos como la medicina, permitiendo el desarrollo de prótesis controladas por el pensamiento, tratamientos personalizados para trastornos neurológicos y nuevas formas de interacción con el mundo digital.

Los biocomputadores representan una nueva frontera en el procesamiento de información. En lugar de depender de transistores de silicio, utilizan redes neuronales biológicas que pueden aprender y reorganizarse, acercándonos al desarrollo de inteligencia artificial basada en estructuras vivas. Esto plantea una pregunta crucial: ¿será posible en el futuro construir ordenadores que no solo procesen información, sino que también experimenten algo similar a la cognición?



Retos éticos y científicos en la era de las máquinas vivas

A pesar del asombroso potencial de estas tecnologías, el desarrollo de máquinas basadas en células vivas plantea numerosos desafíos éticos y científicos.

La bioingeniería aplicada a la robótica puede dar lugar a dilemas como la manipulación genética de organismos para fines industriales, la posible emergencia de sistemas biológicos autónomos con comportamientos inesperados o la creación de vida artificial con capacidad de evolución.

La posibilidad de crear organismos con funciones específicas mediante la manipulación genética suscita preocupaciones sobre la ética de «jugar a ser Dios» y las consecuencias imprevistas de tales intervenciones. La creación de humanos modificados genéticamente en 2018 por el científico chino He Jiankui, que utilizó la técnica CRISPR-Cas9 para hacer a las mellizas resistentes al VIH, desató un debate global sobre la ética de tales investigaciones. La comunidad científica criticó duramente sus acciones, considerándolas una de las mayores irresponsabilidades del siglo XXI.

Las máquinas vivas, al estar compuestas por células vivas, pueden exhibir comportamientos autónomos. Esto plantea preguntas sobre quién es responsable de sus acciones, especialmente si causan daño o toman decisiones inesperadas.

El acceso a tecnologías avanzadas podría estar limitado a ciertos grupos, ampliando la brecha entre quienes pueden beneficiarse de ellas y quienes no. Esto podría exacerbar desigualdades sociales y económicas.

Por otro lado, en términos científicos, la durabilidad de estos sistemas sigue siendo un obstáculo. Las células vivas tienen ciclos de vida limitados, lo que implica que las máquinas biohíbridas podrían requerir mantenimiento biológico, algo completamente nuevo para la ingeniería tradicional.

La integración de sistemas biológicos en dispositivos tecnológicos enfrenta la complejidad inherente de los organismos vivos. Las células tienen ciclos de vida limitados y pueden reaccionar de manera impredecible a estímulos externos, lo que dificulta su control y mantenimiento en aplicaciones tecnológicas.

Lograr una interacción estable y eficiente entre componentes biológicos y electrónicos es un desafío. La biocompatibilidad a largo plazo y la estabilidad de las señales neuronales son áreas que requieren investigación exhaustiva para garantizar el funcionamiento adecuado de las máquinas vivas.

Finalmente, la liberación accidental o intencional de máquinas vivas en el medio ambiente podría tener consecuencias imprevistas. Su capacidad de replicación o mutación podría afectar ecosistemas naturales, planteando riesgos para la biodiversidad.

¿Qué ocurriría si los xenobots o biobots desarrollaran la capacidad de reproducirse fuera del laboratorio? ¿Cómo se regularán estas tecnologías para evitar abusos o usos no éticos?

Conclusión

La convergencia de la biología y la tecnología nos sitúa en una encrucijada histórica. Las máquinas vivas ofrecen oportunidades sin precedentes para la medicina, la industria y la mejora de la calidad de vida. Sin embargo, también nos enfrentan a dilemas éticos y desafíos científicos que debemos abordar con responsabilidad y precaución.

Las máquinas vivas representan un cambio de paradigma en la manera en que concebimos la tecnología. Más que simples dispositivos, estos sistemas tienen la capacidad de adaptarse, regenerarse e incluso aprender. A medida que la frontera entre lo biológico y lo artificial se diluye, nos encontramos en un punto de inflexión en la historia de la humanidad.

Este desarrollo tecnológico nos invita a repensar lo que significa ser humano, así como el papel de la inteligencia artificial y la biología en nuestra evolución. Como ya señalaba en *Multiversos Digitales*, la tecnología no solo nos transforma, sino que también nos obliga a redefinir nuestra relación con el entorno y con nosotros mismos. La pregunta clave no es si estas tecnologías se desarrollarán, sino cómo elegiremos usarlas.

Es esencial establecer marcos regulatorios que guíen el desarrollo y la aplicación de estas tecnologías, garantizando que se utilicen de manera ética y en beneficio de toda la humanidad. La colaboración interdisciplinaria entre científicos, éticos, legisladores y la sociedad en general es crucial para navegar en esta nueva era de innovación biotecnológica.

En última instancia, las decisiones que tomemos hoy sobre el desarrollo y la implementación de máquinas vivas determinarán el rumbo de nuestra evolución como

especie y nuestra relación con el mundo que nos rodea.

Las máquinas vivas pueden ser el inicio de una nueva era de innovación o el origen de dilemas bioéticos sin precedentes. Lo único cierto es que estamos ante un momento crucial en la convergencia de la biología y la tecnología, y las decisiones que tomemos hoy definirán el futuro de nuestra especie.

Referencias

- Colado García, S. (2021). *Multiversos Digitales: La Tecnología como Palanca Evolutiva*. Universo de Letras.
- Universidad de Vermont & Universidad de Tufts. (2020). *Development of Xenobots: Biological Machines from Frog Cells*. Science Robotics.
- Universidad de Tokio. (2022). *Hybrid Bio-Mechanical Neural Networks*. Journal of Biomechanics.
- Universidad de Tel Aviv. (2021). *Biohybrid Auditory Sensors Based on Insect Anatomy*. Nature Communications.