



RECOGER LA BIOIMPRESIÓN DEL CINE PARA HACERLA REALIDAD

Al igual que muchos de los nacidos en la década de los 80, crecí con la ciencia ficción, *Star Wars* y *Star Trek*. Aunque no trataban explícitamente de ello, cuando mostraban la medicina futurista aparecía casi siempre, de manera inmediata, la impresión de órganos y miembros, como si la medicina regenerativa fuera un conocimiento plenamente establecido, rutinario y funcional.

ROBERT TEXIDÓ BARTÉS,

Profesor de Ciencia de Materiales i Biomateriales, Departamento de ingeniería química i Ciencia de Materiales .

Esta promesa del cine, órganos "fabricados" bajo demanda y reparación instantánea del cuerpo, ha permeado en cierta medida el paradigma científico y social: ha fijado expectativas en todo tipo de públicos, ha modelado el discurso en los medios de comunicación y, a menudo, ha desplazado el foco desde lo que es realmente posible hacia lo que resulta narrativamente atractivo. El resultado es una disonancia, algo que no acaba de encajar, que persiste entre el imaginario y la realidad, donde la bioimpresión hereda no solo la ambición de la ficción, sino también la presión de estar a la altura de un futuro que no solo no existe, sino que todavía queda bastante lejos.

Hace unos años apareció una noticia que es un buen ejemplo de estas expectativas asociadas a la bioimpresión. El avance, publicado un lunes 15 de abril en la revista *Advanced Science*, fue llevado a cabo por un grupo de científicos de la Universidad de Tel Aviv, en Israel. Bajo el título "*3D Printing of Personalized Thick and Perfusable Cardiac Patches and Hearts*", el artículo describe el desarrollo de un corazón y de parches cardíacos bioimpresos a partir de células del propio paciente, con una arquitectura tridimensional compleja y

canales internos pensados para permitir el paso de fluidos, imitando de manera muy preliminar la vascularización del tejido. El artículo era, y sigue siendo, sin duda muy prometedor desde un punto de vista académico y tecnológico, y por ello se difundió a bombo y platillo en todo el mundo, a menudo con titulares que sugerían que se había "impreso un corazón humano". El problema no es tanto el artículo en sí, sino cómo se comunicó: se diluyó la frontera entre un demostrador científico elegante y una terapia realista. El constructo impreso, un pequeño corazón con geometría y una distribución celular todavía limitada, es extremadamente interesante como prueba de concepto, pero está muy lejos de ser funcional en términos clínicos. Carece de lo que hace a un corazón "real": una vascularización madura, integración eléctrica y mecánica, y una contracción coordinada con parámetros fisiológicos. Además, su tamaño, el grado de maduración y la ausencia de evaluaciones funcionales sostenidas lo sitúan claramente en el ámbito del laboratorio, no del paciente. No quiero que se me malinterprete: el artículo ha sido un gran hito tecnológico y, gracias a este trabajo, la comunidad científica ha avanzado de manera significativa en el diseño de



Fotograma de la Pelicula: Star Wars – El Imperio Contraataca, 1980, George Lucas.

arquitecturas bioimpresas complejas y en la demostración de que es posible fabricar tejidos gruesos con canales perfusables. Este conocimiento es clave para la investigación tanto fundamental como aplicada, pero como terapia todavía se encuentra en la fase de ciencia-ficción.

La disonancia entre expectativa y realidad no es casual, aunque aparece en muchos ámbitos de la ciencia, como ha ocurrido otras veces como recientemente con noticias excesivamente optimistas sobre posibles terapias contra el cáncer, en el caso de la bioimpresión está especialmente acentuada. Lejos de ser una disciplina “nueva” en el sentido fuerte del término, la bioimpresión es heredera directa de dos campos que ya arrastraban grandes retos antes de encontrarse: la ingeniería tisular y la impresión 3D aplicada a la salud. De la primera hereda los cuellos de botella biológicos, que siguen sin una solución general: qué células utilizar, cómo guiar su diferenciación de forma robusta, cómo conseguir una vascularización funcional, cómo promover la maduración del tejido y, sobre todo, cómo integrarlo de manera estable y segura dentro del cuerpo humano. Ninguna impresora,

La bioimpresión es heredera directa de dos campos que ya arrastraban grandes retos antes de encontrarse: la ingeniería tisular y la impresión 3D aplicada a la salud.

por sofisticada que sea, resuelve por sí sola estos retos, porque el problema no es únicamente colocar células en el lugar correcto, sino lograr que ese conjunto se comporte como un tejido vivo y mantenga su función en el tiempo.

De la impresión 3D, en cambio, hereda retos de naturaleza más tecnológica pero igualmente críticos. Si ya es complejo

La bioimpresión no es ciencia ficción, sino una forma nueva de afrontar problemas antiguos con más herramientas y más gente sentada a la mesa.

imprimir un material y controlar con precisión cómo se deposita capa a capa, lo es aún más cuando ese material contiene células vivas. En ese caso no basta con ajustar la reología, la temperatura, la velocidad o la resolución, sino que también hay que asegurar que el proceso no se convierta en un estrés mecánico que dañe a las células, que la formulación no sea tóxica y que el constructo mantenga su forma una vez impreso. Además, cualquier pequeño cambio de lote, de humedad o de tiempo de manipulación puede alterar el resultado, lo que obliga a pensar en protocolos, controles y criterios de calidad mucho más estrictos que en una impresión convencional. Todo ello tiene un peso directo en el futuro de la tecnología y en su posible incorporación al sistema sanitario: control del proceso, reproducibilidad, escalabilidad, esterilidad, validación de materiales y equipos, y la necesidad de garantizar que lo que se fabrica hoy es equivalente a lo que se fabricará mañana. Retos que pueden parecer menores frente a los de la ingeniería tisular, pero que son indispensables para su traslación a la clínica.

Cuando estos dos mundos confluyen, las disonancias no se suman, sino que se multiplican. No se trata solo de imprimir una forma concreta, como un cuerpo entero al estilo de *El quinto elemento*, sino de crear un entorno en el que las células “entiendan” qué tienen que hacer. Y aquí los biomateriales son la herramienta clave: son el puente entre el mundo de la fabricación y el mundo de la biología. Un buen biomaterial debe hablar el lenguaje de la célula, ya que su química y su consistencia pueden favorecer que se adhiera, que se mueva, que madure o que adopte un comportamiento determinado. Al mismo tiempo, ese mismo material debe ser lo suficientemente predecible y repetible para que el proceso pueda reproducirse siempre igual, con la misma calidad, un requisito imprescindible si algún día se quiere llegar a la clínica, que como ya hemos dicho es el objetivo de estas nuevas terapias o terapias avanzadas.

Es evidente que, al dedicarme a los biomateriales, barro un poco para casa, pero lo cierto es que resulta igual de

importante la tecnología de impresión, el comportamiento y el cuidado de las células y muchos otros factores. Todo ello conduce a una conclusión clara: la bioimpresión no puede avanzar desde una única disciplina. Para reducir estas disonancias y acercarse a un horizonte en el que las terapias basadas en bioimpresión sean una realidad, se necesitan equipos verdaderamente multidisciplinares: biólogos celulares que comprendan la respuesta de las células, científicos de biomateriales que diseñen entornos “instructivos” y a la vez repetibles, ingenieros que aseguren el control y la robustez del proceso, y clínicos que definan qué tiene sentido, cómo se valida y qué necesidades son reales en cada indicación.

Este horizonte, como ocurre con cualquier objetivo ambicioso en ciencia, rara vez se alcanza en solitario. Requiere infraestructuras, estándares compartidos y una capacidad de validación que a menudo solo se logra mediante grandes consorcios, primero a escala nacional, después europea y, en algunos casos, mundial. No es casual que en los últimos años una parte creciente de la financiación pública se haya orientado precisamente a crear estas redes colaborativas. A escala europea, programas como Horizon Europe o las ayudas Synergy del Consejo Europeo de Investigación promueven proyectos de gran envergadura, con equipos diversos y objetivos ambiciosos, donde la colaboración entre disciplinas e instituciones es un requisito explícito. A escala estatal, las iniciativas orientadas a la medicina personalizada, las terapias avanzadas o la innovación en salud siguen una lógica similar, fomentando consorcios que integran centros de investigación, hospitales e industria, y que priorizan la coordinación y el impacto real por encima del trabajo aislado. Es precisamente en este contexto, con mayor coordinación, más financiación orientada a redes y una visión cada vez más realista, donde la bioimpresión resulta prometedora. No porque mañana vayamos a imprimir órganos completos, sino porque el campo está aprendiendo a poner el foco donde corresponde y a construir los puentes que antes faltaban entre laboratorio, hospital e industria.

Si me quedo con una idea, es esta: la bioimpresión no es ciencia ficción, sino una forma nueva de afrontar problemas antiguos con más herramientas y más gente sentada a la mesa. Puede que algún día llegue a todos los hospitales bajo el nombre de Terapia Avanzada, marco sobre el que la terapia tisular está llegando a coger forma, marco y contexto para poder marcar el camino hacia la clínica.

Todavía recuerdo aquellos capítulos de *Star Trek* en los que los médicos imprimían piel directamente sobre la herida de un paciente, de manera casi instantánea. Puede que no lleguemos a ese escenario tal y como lo mostraba la televisión, pero si seguimos sumando rigor, colaboración y paciencia, lo que sí podemos conseguir marcar este camino para la bioimpresión y las terapias avanzadas lejos de tantas disonancias.