

EDITORIAL

LA IMPRESIÓN EN TERCERA DIMENSIÓN DE CÓDIGO ABIERTO, UNA ALTERNATIVA EN MEDICINA

La impresión en tercera dimensión (3D) es una técnica que permite generar objetos capa sobre capa con diversas formas y volúmenes con polímeros, materiales cerámicos y aleaciones metálicas, que resulta en multitud de objetos para las más diversas aplicaciones, incluyendo objetos con formas que difícilmente se podrían realizar con otras técnicas (Campbell et al., Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Atl Counc 2011).

Diversos proyectos de código abierto en torno a la impresión 3D promovieron la reducción de costos (aprox. 5,000-20,000 pesos) respecto a las impresoras 3D de código cerrado o de patente (Jones et al., Robotica 2011; Malone & Lipson, Rapid Prototyping Journal 2007). La generación de software amigable y accesible a personas no necesariamente especializadas en materiales, diseño, sistemas e informática y el acceso y costo de los materiales, permitió el desarrollo de nuevas aplicaciones en la investigación. Asimismo, el esquema de código abierto permite que los interesados o expertos en algún rubro puedan profundizar en los mecanismos, diseños, desarrollos y empleo de impresoras y software, generando un gran potencial de fabricación con impresoras prácticamente de escritorio que no requieren grandes inversiones como en el caso de las impresoras industriales (que van de los cientos de miles a los millones de pesos), las que además, adicional al costo de la máquina, requieren pagos de servicio, uso de software y actualizaciones; además, las licencias y los materiales se encuentran regularmente restringidos forzando al usuario a comprar en la misma compañía. Estas máquinas industriales inhiben el desarrollo de procesos y la investigación, ya que no es posible modificar o hacer ajustes en el software o el hardware.

Otras ventajas de las impresoras 3D de bajo costo es que se basan en esquemas de código abierto en varios sentidos: 1) La impresora se puede modificar de manera que se ajuste razonablemente a las necesidades del usuario; 2) Se puede usar una mayor variedad de accesorios y materiales y los mismos pueden ser obtenidos con diferentes proveedores, incluyendo mayoristas de bajo costo; 3) El software que da la vida a la máquina (firmware) es de uso libre y se puede modificar adaptándolo a las necesidades; 4) El software de control para producción es también de uso libre, así como el que genera los códigos de los modelos para que se imprima el objeto; 5) Hay repositorios de comunidades que permiten el intercambio de software (www.github.com), esquemas electrónicos, modelos tridimensionales (www.thingiverse.com) y de ideas. Todo lo cual no solo potencializa la generación de objetos, sino que permite el desarrollo y la investigación dentro de la comunidad de usuarios que alimentan y mejoran las posibilidades de aplicación.

El empleo de estas impresoras favorece entre otros ejemplos soluciones científicas y médicas; dentro de la multiplicidad de objetos que se pueden formar algunos han sido orientados a las aplicaciones médicas, he aquí un breve recuento: Órganos y tejidos con precisión anatómica para enseñanza; modelos anatómicos con sensores para prácticas médicas, paramédicas, odontológicas y veterinarias; modelos para prácticas quirúrgicas o de procedimientos diagnósticos invasivos, que guían y permiten ensayar diferentes técnicas en un modelo personalizado con la información del paciente; generación de componentes farmacéuticos para la administración personalizada con cápsulas impresas para nano-dosis; formar implantes

inertes no-bioactivos para llenar espacios que tienen ausencia de estructuras, ya sea por problemas congénitos, por accidentes o enfermedades que degeneran tejidos; generar implantes bioactivos con andamios para recubrir con células cultivadas del propio paciente que se integren a sus tejidos; generar implantes bioactivos con andamios impregnados de hormonas o de partículas inductoras de la diferenciación de células a tejidos que requiera el paciente. Todas estas aplicaciones están en diferentes etapas de evolución en cuanto a la investigación científica se refiere y solo unos cuantos ejemplos de los implantes bioactivos han llegado a la aplicación en humanos con protocolos estrictos y controlados. Los más frecuentes son los empleados en odontología, lo que ha permitido entender la biocompatibilidad y la generación de formas estrictamente personalizadas, ya que se pueden imprimir incluso en el consultorio. Los de titanio y del polímero policaprolactona para el recubrimiento de lesiones o cirugías de cráneo también se han utilizado con buenos resultados; se debe de resaltar que los tres ejemplos son de implantes no-bioactivos.

Para el caso de implantes bioactivos se han usado andamios con condrocitos para la reconstrucción de orejas y la investigación en modelos animales está muy activa y avanzada para la generación de piel, cartílago, hueso, vasos sanguíneos y otros tejidos, seguramente varios productos alcanzarán próximamente la aprobación para iniciar los tratamientos específicos y especializados en humanos.

También se han tenido grandes fracasos que incluso han cobrado vidas de pacientes a los que se les implantó una tráquea impresa en 3D recubierta de células madre, en un sonado y terrible caso (Gilbert et al., Bioethics 2018), en el que sin embargo el error no se debió *per se* a la impresión 3D, ya que sin hacer las pruebas mínimas de biocompatibilidad,

respuesta al injerto y olvidando por completo la necesidad de la contracción muscular y de células secretoras, en fin, ignorando la complejidad de un órgano y un tejido, fueron implantadas por la única propiedad de que el andamio permitió la integración de células madre y esperando la diferenciación a células sin estímulos hormonales. Todo lo cual nos habla de la necesidad de un enfoque multi y transdisciplinario de conocimientos profundos en el equipo de trabajo de la ingeniería, el diseño, los materiales y por supuesto la anatomía y las funciones de los tejidos, y no solo de una propuesta lineal de la forma y un tipo celular creciendo en el andamio. Sin olvidar las cuestiones éticas absolutamente indispensables en este tipo de investigación y propuestas de aplicación biomédica.

Todo parece indicar que la investigación médica se verá beneficiada y la ingeniería de tejidos potenciada por la introducción de la impresión 3D de código abierto, no solo en lo que a los costos se refiere sino en la interacción trans y multidisciplinar de profesionales y por supuesto por la posibilidad de generar ideas cada vez más creativas de investigación en todos las líneas que atañe a este conocimiento.

M. en Ing. Felipe de Jesús Mondragón Serrano
Programa de Doctorado en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad, CINVESTAV

Dra. América Padilla Viveros
Programa de Doctorado en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad, CINVESTAV

Dr. José Víctor Calderón Salinas
Laboratorio de Bioquímica Médica,
Departamento de Bioquímica CINVESVAV
Editor en Jefe, Revista de Educación Bioquímica