

## **Evaluación de implantes de costilla impresa 3D en nylon: un estudio experimental en modelo conejo**

### **Evaluation of 3D printed rib implants on nylon: an experimental study in rabbit model**

Clausse M<sup>1,2</sup>, Almaraz K<sup>1</sup>, Nejamkin P<sup>1,2</sup>, Landivar F<sup>1</sup>, Denzoin LA<sup>1</sup>, Genaro A<sup>3</sup>, Del Sole MJ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Hospital Escuela-Departamento de Clínica, Centro de Medicina Veterinaria Traslacional (MEVET), FCV, UNCPBA, Tandil, Argentina. <sup>2</sup> CIVETAN (UNCPBA-CIC-CONICET). <sup>3</sup> Instituto de Profesorado de Arte (IPAT) Municipio de Tandil, Argentina.

Correo electrónico: [mclausse@vet.unicen.edu.ar](mailto:mclausse@vet.unicen.edu.ar)

10

Recibido: 25 de Octubre 2022

Aceptado: 29 Noviembre 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/cienvet202224esp02>

**Palabras clave:** Fabricación aditiva, Cirugía reconstructiva, Prótesis. Biomimesis

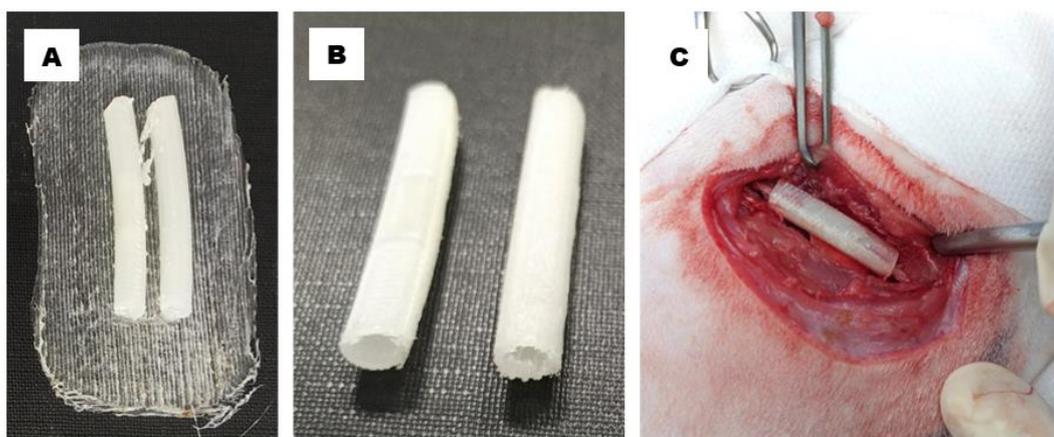
**Keywords:** Additive manufacturing, Reconstructive surgery, Prosthesis, Biomimicry

**Introducción:** Actualmente, en veterinaria son limitadas las opciones de reconstrucción de huesos y pared torácica luego de cirugías oncológicas. En medicina humana se utiliza la impresión 3D para la fabricación de prótesis óseas metálicas o de biomateriales.<sup>(1)</sup> La impresión 3D tiene muchas ventajas en términos de reducción de costos, rapidez, libertad en el diseño de piezas complejas, fabricación en un solo paso y sustentabilidad. A diferencia de los humanos, el peso corporal de los animales de compañía es menor, así como su expectativa de vida, por lo que los requerimientos de resistencia de los implantes son diferentes. Las piezas impresas en nylon resultan extremadamente resistentes a la rotura y al uso. Es un material de baja reactividad tisular y muy bajo costo.

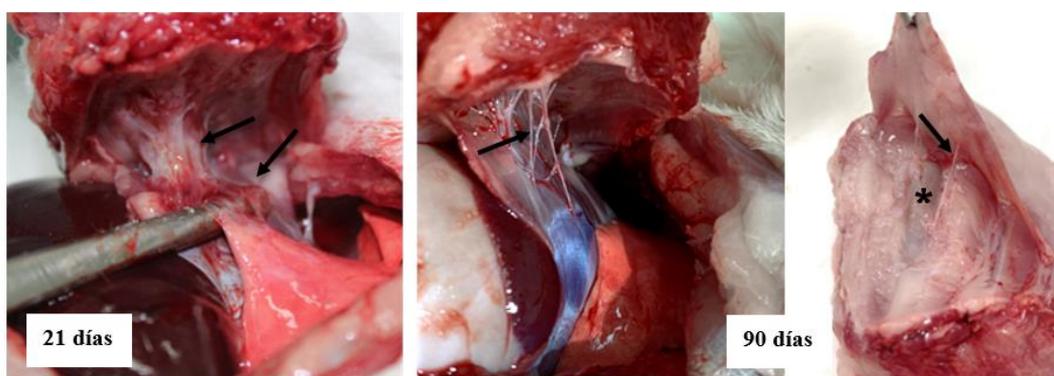
**Objetivo:** Diseñar y fabricar un implante de costilla impreso en 3D y evaluar su función y reactividad tisular en el conejo.

**Materiales y métodos:** se utilizaron 6 conejos New Zealand (3 hembras y 3 machos) de 120 días de edad (3,05 a 3,6 kg), clínicamente sanos. Las prótesis se imprimieron en nylon transparente de grado médico (Nylon MAX, Printalot®, Argentina) y se esterilizaron en óxido de etileno. Para la colocación de la prótesis en los conejos, se extirpó un segmento central de 1 cm de la 9° costilla con alicate o tijera a través de una toracotomía lateral izquierda. Se cortó a medida la prótesis y se fijó insertando los últimos 3-5 mm de los extremos de la costilla dentro de la prótesis (Fig 1). Los planos musculares se suturaron con nylon comercial 4-0 (Supralon, Surgikal, Argentina) y se colocaron drenajes intratorácico y subcutáneo. El protocolo anestésico consistió en una sedación con 2 mg/kg de xilacina y 2 mg/kg de midazolam vía IM, inducción con propofol a efecto vía IV y mantenimiento con sevoflurano 2% bajo ventilación mecánica. La analgesia se cubrió con meloxicam y bloqueos intercostales con bupivacaína 0,5%. Se administró enrofloxacin 10 mg/kg vía IM, 30 minutos previo al inicio y se continuó con el tratamiento hasta retirar los drenajes. A los 21 días (n=2) y 180 días (n=3) se sacrificaron y tomaron muestras para histopatología.

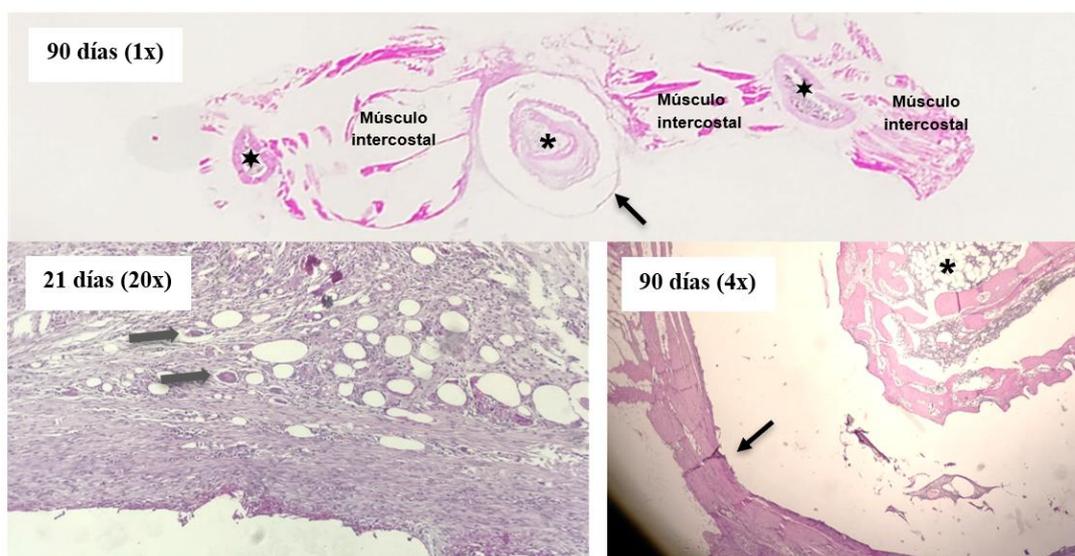
**Resultados:** Las prótesis fueron colocadas sin complicaciones. Los drenajes se retiraron a las 24 hs sin producción de líquido. No presentaron inflamación ni seroma. En la evaluación microscópica, a los 21 días se observó reacción inflamatoria granulomatosa moderada con neovascularización. En las muestras obtenidas a los 90 días se observó la presencia de una cápsula de tejido conectivo maduro en el área que rodea a la prótesis en concordancia con los hallazgos macroscópicos donde las adherencias eran poco significativas y las prótesis habían sido cubiertas por la pleura, sin tejido cicatrizal (Fig 2 y 3).



**Figura 1.** Impresión 3D cruda (A), implante terminado (B) y foto intraquirúrgica de su colocación (C).



**Figura 2.** Imágenes del aspecto macroscópico del lugar del implante (asterisco) tomadas durante la necropsia los 21 y 90 días post-cirugía. Se observan mayores adherencias (flechas) a los 21 días.



**Figura 3.** Cortes histológicos de las muestras tomadas a los 21 y 90 días teñidas con H&E. En la imagen superior, se observan las costillas normales (estrellas) y el extremo de la costilla extirpada dentro de la prótesis, conservando la médula ósea vital (asterisco). A los 21 días, alrededor de la prótesis se observa reacción inflamatoria granulomatosa (células gigantes señaladas con flechas grises) y a los 90 días una cápsula de tejido conectivo maduro (flecha negra) y pleura.

**Discusión y conclusiones:** Las prótesis fueron bien toleradas, sin generar compromiso en la vitalidad de los tejidos circundantes. Se encapsuló el implante sin generar tejido cicatrizal exuberante. El conejo es una especie de baja reactividad tisular y rápida cicatrización<sup>(2)</sup> Sería esperable encontrar una

respuesta tisular similar en felinos y probablemente en caninos. Esta experiencia sirve para establecer bases tecnológicas y metodológicas para la manufactura por fabricación aditiva de implantes personalizados para otras especies domésticas, fortaleciendo las alternativas terapéuticas frente a reconstrucciones complejas.

**Bibliografía:**

1. Vignesh M y col. Development of biomedical implants through additive manufacturing: a review. *J Materials Engineering and Performance*. 2021; 30(7): 4735-4744.
2. Harcourt-Brown F, Chitty J. *BSAVA manual of rabbit surgery, dentistry and imaging*. 2013. British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, Inglaterra.