

# Cardiorresonancia magnética 4D Flow e insuficiencia de las válvulas semilunares: Destinados a ayudarse

Javier Urmeneta Ulloa<sup>1,2</sup>   
José Ángel Cabrera<sup>1</sup>   
Vicente Martínez de Vega<sup>2</sup> 

## Correspondencia

Javier Urmeneta Ulloa  
javierurmeneta@hotmail.com

<sup>1</sup>Departamento de Cardiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

<sup>2</sup>Departamento de Radiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

Recibido: 16/01/2023

Aceptado: 08/03/2023

Publicado: 30/08/2023

**Citar como:** Urmeneta Ulloa J, Cabrera JA, Martínez de Vega V. Cardiorresonancia magnética 4D Flow e insuficiencia de las válvulas semilunares: Destinados a ayudarse. Reporte de caso. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Ago; 6(2): 5-10. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n2a2>.

**Cite this as:** Urmeneta Ulloa J, Cabrera JA, Martínez de Vega V. 4D Flow Magnetic Resonance Imaging and semilunar valves regurgitation: Destined to help each other. Case report. Rev Ecocardiogr Pract Otras Tec Imag Card (RETIC). 2023 Aug; 6(2): 5-10. doi: <https://doi.org/10.37615/retic.v6n2a2>.

## Palabras clave

- ▷ Insuficiencia aórtica.
- ▷ Insuficiencia pulmonar.
- ▷ 4DFlow.
- ▷ Cardiorresonancia magnética.

## Keywords

- ▷ Aortic regurgitation.
- ▷ Pulmonary regurgitation.
- ▷ 4DFlow.
- ▷ Cardiac magnetic resonance.

## RESUMEN

La cardiorresonancia magnética 4D-Flow permite la valoración de flujos en las tres dimensiones del espacio dentro del volumen tridimensional adquirido. Es factible la evaluación cuali-cuantitativa de las insuficiencias semilunares. Se muestra la utilidad de esta tecnología en pacientes con regurgitación aórtica y pulmonar.

## ABSTRACT

4D-Flow cardiac magnetic resonance imaging allows the assessment of flows in the three dimensions of space within the acquired three-dimensional volume. Quali-quantitative evaluation of semilunar regurgitation is feasible. The usefulness of this technology in patients with aortic and pulmonary regurgitation is shown.

## Introducción

La realización de cardiorresonancia magnética cardíaca (CRM) tiene especial indicación en la valoración de insuficiencias de válvulas semilunares, insuficiencia aórtica (IAo) e insuficiencia pulmonar (IP). Los que nos dedicamos a la imagen cardíaca sabemos por experiencia propia la dificultad que representa, con cierta frecuencia, la valoración de insuficiencias aórtica/pulmonar en la ecocardiografía transtorácica, especialmente en aquellas regurgitaciones con jets excéntricos o ventanas transtorácicas subóptimas. Si bien la ecocardiografía transesofágica es una técnica ampliamente validada para valoración de insuficiencias semilunares, su carácter semi-invasivo y mayor incomodidad para el paciente, hace que, de entrada, si existe disponibilidad, la CRM se sitúe como el principal estudio para una precisa evaluación de la valvulopatía en este escenario.

La CRM 4D-Flow, como conocemos de artículos previos<sup>(1)</sup>, se trata de una técnica novedosa en práctica clínica, en la cual, mediante una única adquisición volumétrica, es factible la valoración de flujos en las tres dimensiones del espacio. Lo que nos permite de forma retrospectiva una excelente valoración cuali-cuantitativa de cualquier flujo dentro del volumen adquirido. La tecnología permite un análisis mediante reconstrucción multiplanar, con color, durante todo el ciclo cardíaco (*cuarta dimensión, tiempo a lo largo del ciclo cardíaco*), con una sensacional visualización de los flujos, de una forma que jamás hubiésemos imaginado ser posible en los inicios de la resonancia magnética.

La superioridad de la CRM para la cuantificación de IAo comparada con la ecocardiografía transtorácica ha sido demostrada con anterioridad<sup>(2,3)</sup>. Un trabajo clásico realizado por Myerson *et al.*<sup>(4)</sup> demuestran en pacientes asintomáticos con IAo moderada-severa en ecocardiografía transtorácica a quienes se le realizan CRM, que una fracción regurgitante mayor igual del 33% se asociaba a progresión de síntomas y menor supervivencia que aquellos sometidos a intervención de recambio valvular.

La CRM permite cuantificar la insuficiencia de válvula aórtica mediante secuencias habituales "phase-contrast velocity mapping" 2D<sup>(5)</sup>. Sin embargo, la adquisición bidimensional presenta limitaciones que son superadas por la tecnología 4D-Flow; por un lado, su cuantificación en dos dimensiones programada en región habitual de unión sinotubular (UST), considerada con mejor reproducibilidad<sup>(6)</sup>, asume en todas las ocasiones un flujo laminar simple a dicho nivel, aspecto que no siempre está presente, como en pacientes con valvulopatía bicúspide, estenosis valvular o dilatación sinusal/aorta ascendente donde la existencia de flujos complejos puede conllevar imprecisión en su medición<sup>(7)</sup>. De esta manera, la factibilidad de poder valorar flujos a lo largo de la extensión de la aorta, evitando regiones de "aliasing", nos permite una evaluación que se aproxima más a la verdadera regurgitación aórtica que presenta el paciente. Al mismo tiempo, la inadecuada alineación del plano de corte en 2D puede infraestimar el volumen del flujo; por el contrario, mediante 4D-Flow es posible alinearnos mediante reconstrucción multiplanar (MPR) doble-oblicuo, perfectamente de forma perpendicular al flujo aórtico, lo que hace más exacta su medición. Finalmente, la valoración visual con color de la regurgitación, así

como el análisis del flujo sobre aorta torácica descendente aportan igualmente un valor añadido, que en su conjunto nos permitirán una valoración integral de la insuficiencia aórtica.

Similares conceptos se aplican en la valoración de la insuficiencia pulmonar mediante 4D-Flow<sup>(6)</sup>, donde es factible la evaluación de la regurgitación a diversos niveles (tronco principal de arteria pulmonar, válvula pulmonar, ramas pulmonares), valoración cuali-cuantitativa de la insuficiencia pulmonar, así como el análisis de flujo sobre las ramas pulmonares. Determinante igualmente, su aplicación en el campo de las cardiopatías congénitas<sup>(9)</sup>, siendo según nuestra apreciación personal, junto con el escenario de la regurgitación aórtico/pulmonar, los principales territorios donde la tecnología CRM 4D-Flow presenta aplastante ventaja frente a técnicas bidimensionales. Por ende, en pacientes intervenidos en la infancia o edad adulta de patologías tipo Tetralogía de Fallot, con regurgitación pulmonar residual (Figura B1-B2, vídeo 10), su papel es realmente protagonista.

Los puntos de corte para hablar de regurgitación significativa en la insuficiencia aórtica (fracción regurgitante, FR  $\geq 33\%$ )<sup>(4)</sup>, y con mayor debate en insuficiencia pulmonar (FR  $>30\%$ <sup>(10)</sup> - FR  $>40\%$ <sup>(11)</sup>), se aplican hasta el momento actual, para tecnología 2D y 4D-Flow. Si bien existen trabajos donde se demuestra la no inferioridad de la tecnología 4D, respecto a la 2D<sup>(12)</sup>, es preciso de mayor número de estudios que revaloren los puntos de corte con tecnología 4D-Flow en este escenario.

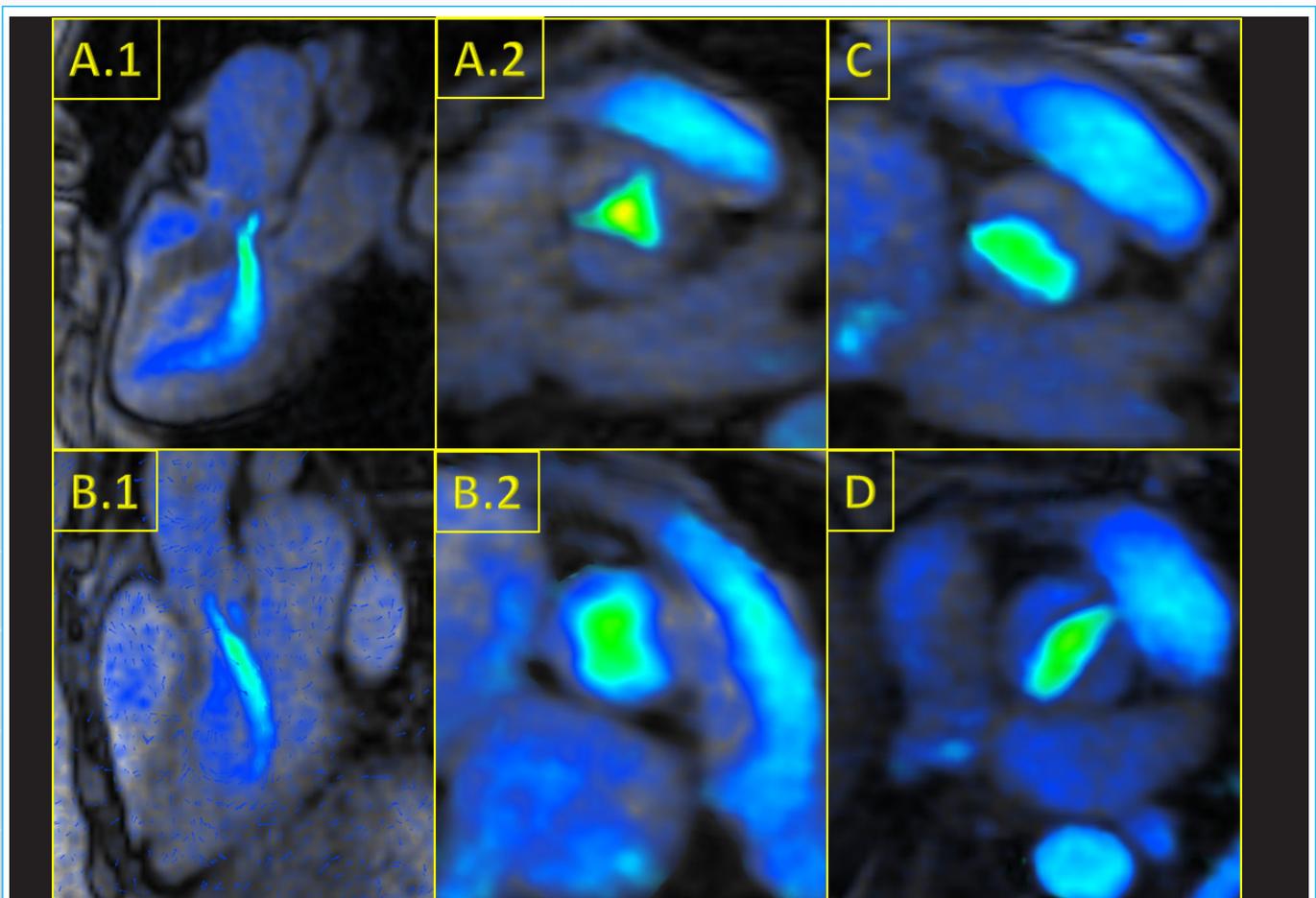
La valoración visual en esta tecnología como hemos remarcado con anterioridad, es de enorme utilidad durante su análisis, permitiéndonos mediante líneas

de camino ("streamlines") y vectores ("pathlines") evidenciar la dirección y recorrido del flujo en cuestión. Por otro lado, es posible la distinción morfológica valvular a grandes rasgos (salvando distancias de resolución espacial con otras técnicas de imagen) lo cual es optimizado a través del uso de gadolinio intravenoso. De esta manera, la ubicación anatómica y la óptima distinción entre flujos sisto-diastólicos que nos otorga la tecnología, nos permite distinguir entre una válvula trivalva, bicúspide o tetracúspide (Figura 1 A.2-B.2-C y D, vídeo 5-6).

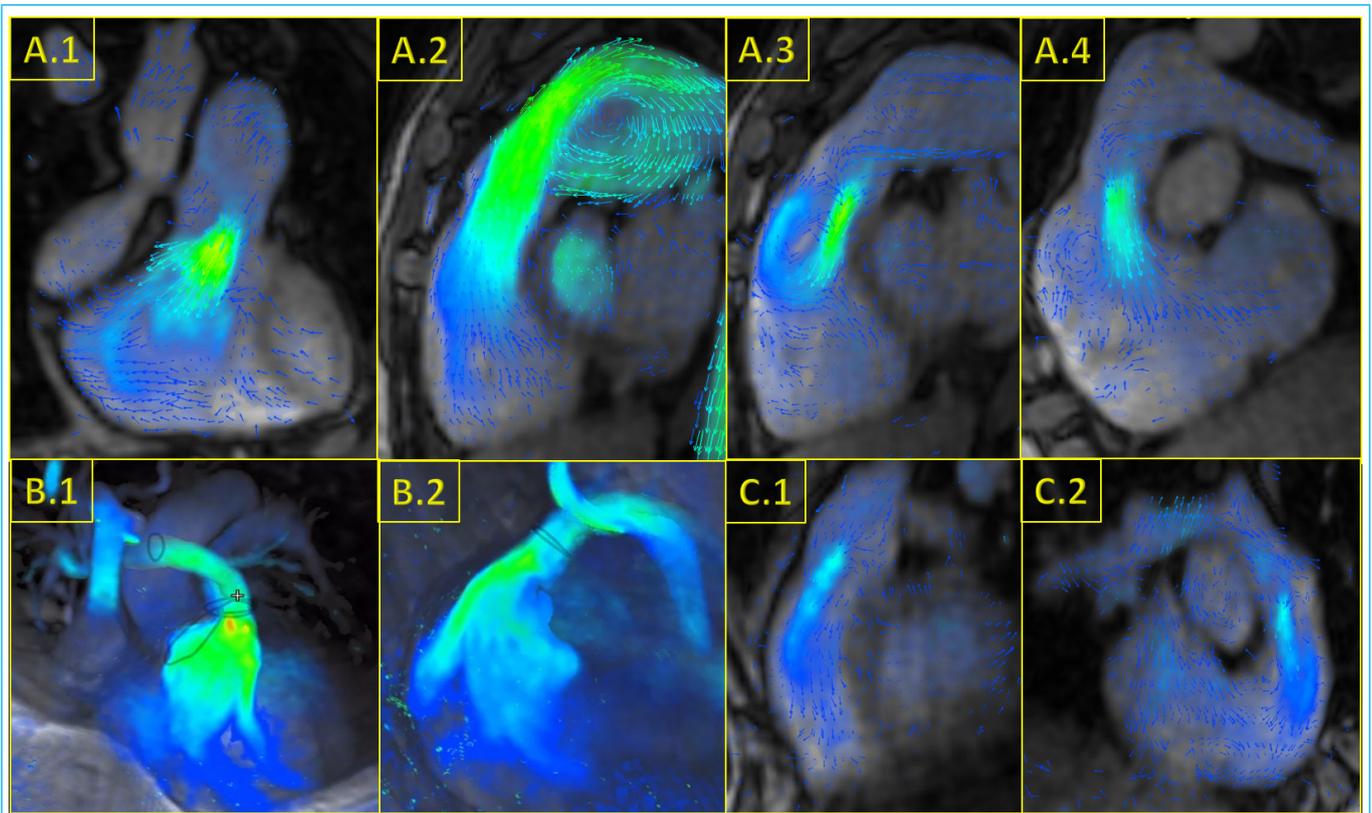
Sin lugar a duda, la posibilidad de evaluar los flujos a lo largo de la extensión de la aorta/pulmonar, con color, así como su cuantificación a diversos niveles del sistema circulatorio, nos permiten mayor seguridad y disminuir el margen de error a la hora de valorar una regurgitación de válvula semilunar. De esta manera, exceptuando artefactos no del todo modificables como "Eddy currents", la valoración con 4D-Flow nos permitirá, en teoría, ser más concluyentes en nuestros estudios de CRM, superando limitaciones descritas de la programación bidimensional en este escenario.

## Valoración con CRM 4D-Flow

Mostramos los resultados de estudios de CRM 4D-Flow en pacientes con insuficiencia aórtica (Figura 1, Vídeos 1-6) e insuficiencia pulmonar (Figura 2, Vídeo 7-12), todos ellos realizados bajo infusión de gadolinio, "gating" cardíaco y "self-gating" en respiración libre, para compensación de movimiento respi-



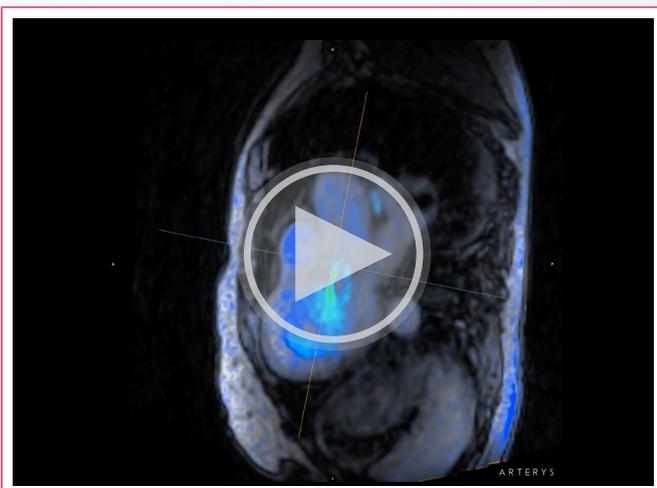
**Figura 1.** A.1-A.2 Paciente con insuficiencia aórtica severa con fracción regurgitante del 47 %, válvula aórtica tricúspide. B.1-B.2 Paciente con insuficiencia aórtica moderada con fracción regurgitante del 20 %, válvula aórtica tetracúspide. C. Válvula aórtica bicúspide morfotipo tipo 1 (fusión CD/CI). D. Válvula aórtica bicúspide morfotipo tipo 2 (fusión CD/NC).



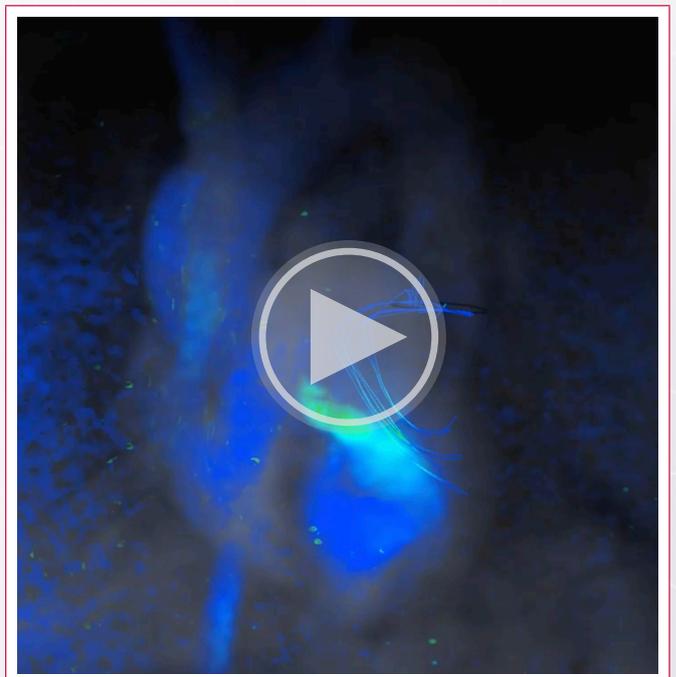
**Figura 2.** A.1- A.2- A.3- A.4. Paciente con insuficiencia pulmonar moderada con fracción regurgitante del 25 % (A.1), y dilatación aneurismática de tronco principal de arteria pulmonar (A.2). MPR TSVD (A.3) y MPR 3-cámaras (A.4). B.1-B.2. Paciente con Tetralogía de Fallot intervenido en la infancia, con IP severa “libre” en la edad adulta. C.1-C.2. Insuficiencia pulmonar ligera, fracción regurgitante del 13 %.

ratorio. El tiempo de adquisición varía según parámetros como la frecuencia cardíaca/respiratoria del paciente, la región anatómica volumétrica abarcada, el número de fases adquiridas y la resolución espacial, con una media de 7-10 minutos de adquisición.

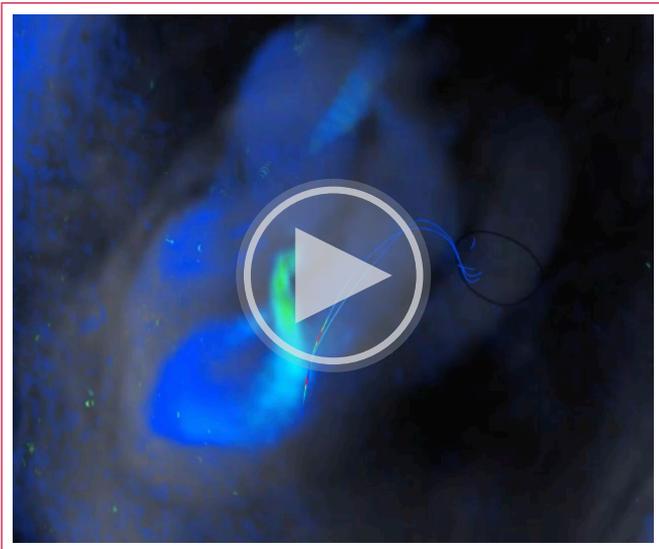
### Análisis con CRM-4DFlow en insuficiencia aórtica



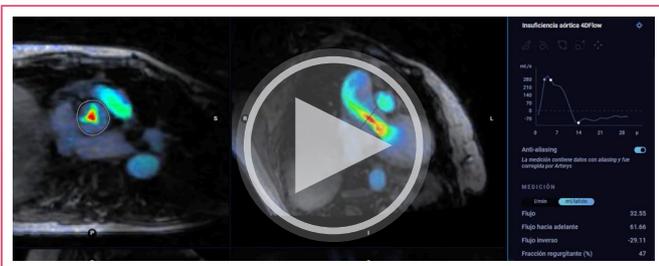
**Video 1.** Insuficiencia aórtica severa (FR 47 %). Reconstrucción multiplanar (MPR) en plano de 3 cámaras.



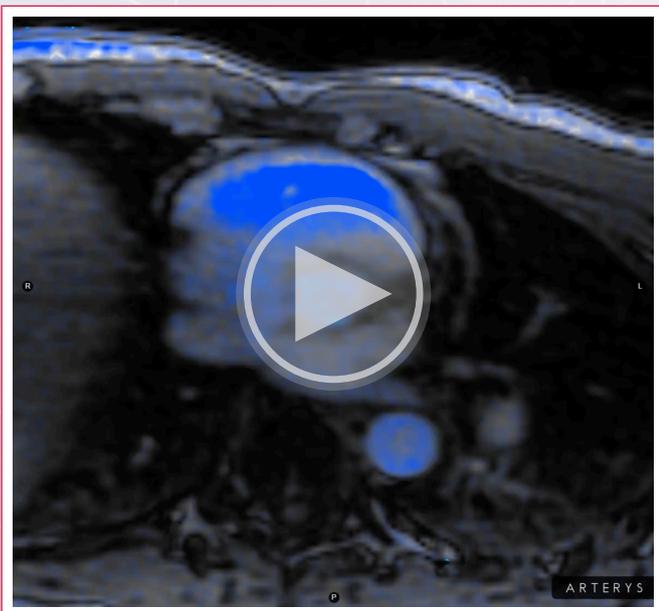
**Video 2.** Insuficiencia aórtica severa (FR 47 %). Reconstrucción volumétrica, IAo severa y flujo con streamlines sobre el flujo en aorta torácica descendente.



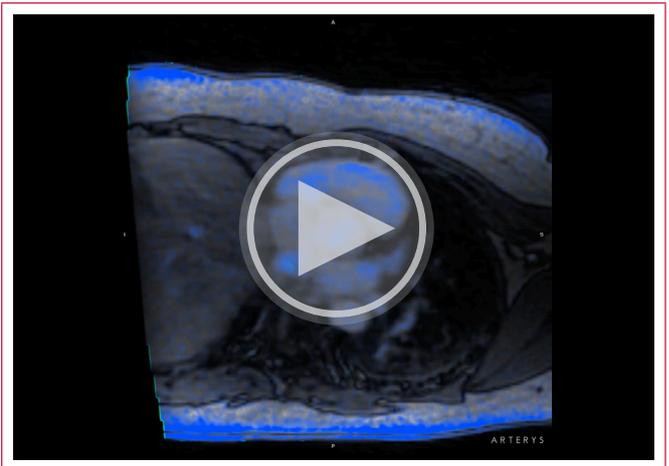
**Video 3.** Insuficiencia aórtica severa (FR 47 %). Reconstrucción volumétrica, IAo severa y flujo con streamlines sobre el flujo en aorta torácica descendente.



**Video 4.** Insuficiencia aórtica severa (FR 47 %). Flujo reverso holodiastólico con FR del 47 %.

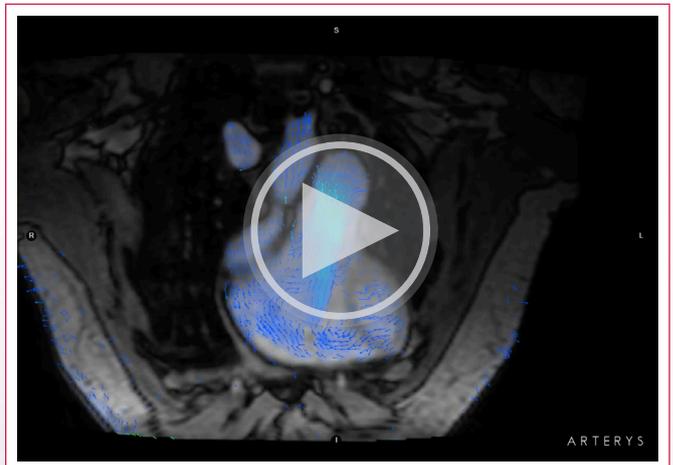


**Video 5.** Válvula aórtica bicúspide morfotipo tipo 1 (fusión CD/CI)

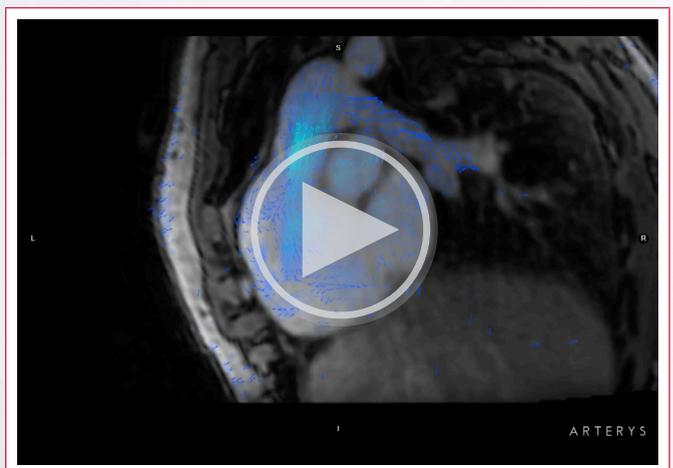


**Video 6.** Válvula aórtica bicúspide morfotipo tipo 2 (fusión CD/NC).

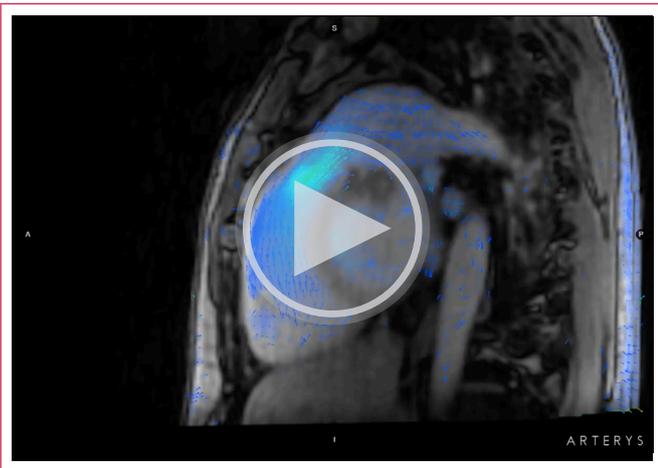
### Análisis con CRM-4DFlow en insuficiencia pulmonar



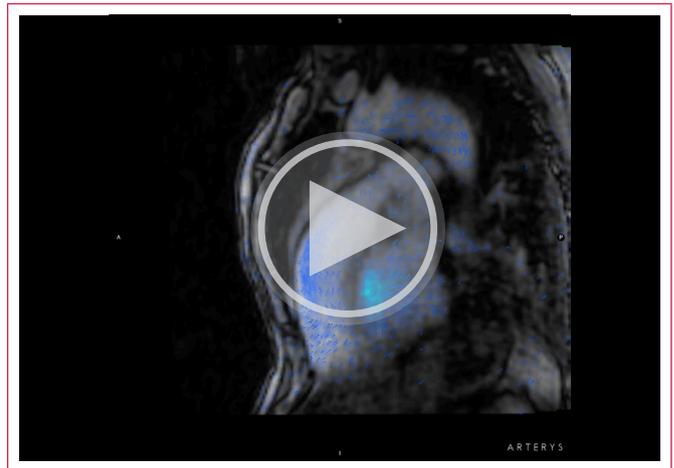
**Video 7.** Insuficiencia pulmonar moderada, FR 25 %. MPR 3-cámaras VD modificado.



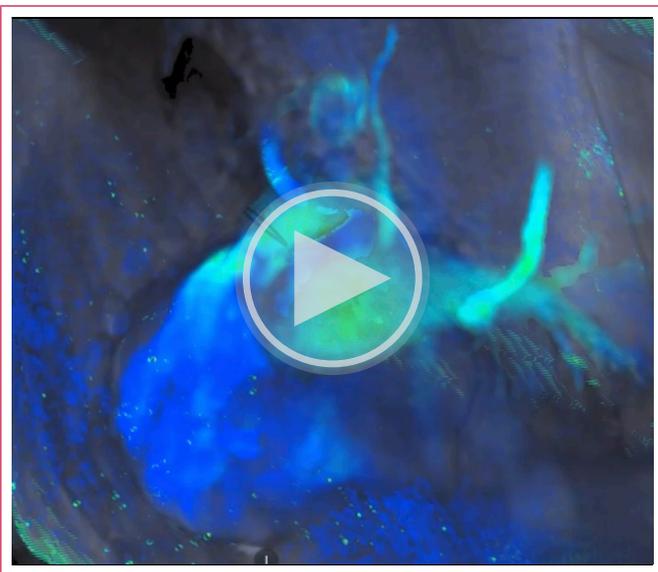
**Video 8.** Insuficiencia pulmonar moderada, FR 25 %. MPR 3-cámaras VD.



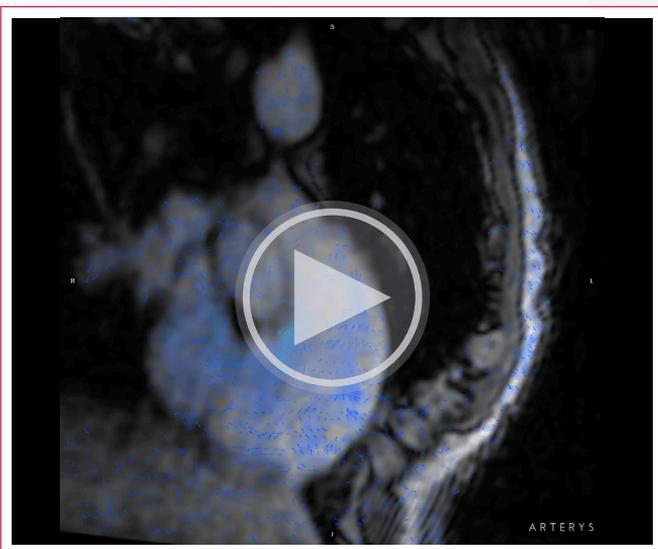
**Video 9.** Insuficiencia pulmonar moderada, FR 25%.MPR TSVD.



**Video 12.** Insuficiencia pulmonar ligera, fracción regurgitante del 13%.



**Video 10.** Paciente con Tetralogía de Fallot intervenido en la infancia, con IP severa "libre" en la edad adulta



**Video 11.** Insuficiencia pulmonar ligera, fracción regurgitante del 13%.

La tecnología CRM 4D-Flow a través de su amplia visión de campo adquirido, además de permitirnos valorar la regurgitación de válvulas semilunares, nos otorga la posibilidad de un rápido y fácil descarte de patología congénita asociada como los shunts intracardiacos<sup>(13)</sup>. La seguridad que nos otorga en desecher la duda que nos siembra el desbalance de volúmenes latidos mediante planimetría volumétrica en el escenario de valvulopatías significativas, a la hora de descartar un shunt, es absolutamente definitiva mediante 4D-Flow. Además de permitirnos cuantificar el flujo sistémico (Qs) y pulmonar (Qp) a diversos niveles, y con ello la relación Qp:Qs, que determine la presencia/ausencia de un shunt hemodinámicamente significativo, nos cede la libertad de un sólido análisis visual en las tres dimensiones del espacio en el que rápidamente es factible detectar la existencia de una comunicación interauricular, un ductus arterioso persistente, un drenaje venoso anómalo parcial u otra patología congénita concomitante.

Por si no fuese suficiente, en la mayoría de los casos, la presencia de material protésico no representa una limitante en el escenario de la valoración de regurgitaciones aórticas y/o pulmonares en pacientes con recambio valvular protésico de semilunares. Según nuestra experiencia personal, la tecnología aporta y mucho en estos casos, donde de una forma no invasiva, es posible definir la regurgitación como intra o periprotésica, así como la evaluación del flujo a lo largo de la extensión de la aorta/pulmonar evitando regiones de turbulencia en la proximidad protésica, fuente de imprecisiones en nuestras mediciones.

Si bien es verdad, que como bien me dijo un gran maestro, en el mundo actual de la imagen cardíaca, la diferencia se marca cuantificando, consideramos que el aspecto visual cualitativo, es, y siempre será, determinante a la hora de realizar nuestros análisis. Por aquello de que, "ver para creer", no deberíamos concebir que no vayan siempre de la mano, una valoración cuali y cuantitativa de una regurgitación valvular. La CRM 4D-Flow, nos concede la enorme ventaja de tener las dos premisas previas, ver y cuantificar, lo que, aunado al sentido común, nos permitirá, en una misma línea de valoración una adecuada determinación de la severidad de la insuficiencia de válvulas semilunares.

### Ideas para recordar

- La CRM 4D-Flow permite la valoración cuali-cuantitativa de la insuficiencia de válvulas semilunares.
- Un preciso análisis de la regurgitación aórtica/pulmonar mediante reconstrucción multiplanar en las tres dimensiones del espacio, con color, a lo largo del ciclo cardíaco, es factible a través de esta tecnología.

## Conclusiones

La CRM 4D-Flow es una técnica relativamente novedosa en práctica clínica, que ha llegado para ayudarnos, y fuera de toda duda, para quedarse entre nosotros. Nos permite una excelente visualización cuali-cuantitativa de cualquier flujo dentro del volumen tridimensional adquirido, y dentro de este, una excelente valoración del grado de regurgitación de las válvulas semilunares. Mediante la cuantificación a diversos niveles aórtico/pulmonar, así como la visualización de la magnitud de la insuficiencia valvular es posible un preciso análisis de la valvulopatía en cuestión.

Ustedes se preguntarán, ¿pero es en realidad un "cuento de hadas"?, o es sencillamente un mero "fuego artificial" más (parafraseando a nuestro maestro) destinado a sucumbir en la imagen cardíaca. Tras cinco años de experiencia personal, apoyándonos en esta tecnología, y logrando concluir casos, difícilmente valorables por tecnología bidimensional, tenemos la certeza, que a medida que la accesibilidad de la técnica se amplíe, será el "pan nuestro de todos los días" en este campo. Si bien, como hemos podido presenciar en el presente artículo, "todo entra por los ojos", tiempo al tiempo y "bienaventurados los que no vieron, y creyeron".

## Fuente de Financiación

Los autores declaran que no existió ningún tipo de financiamiento.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen relaciones de interés comercial o personal dentro del marco de la investigación que condujo a la producción del artículo.

## Bibliografía

1. Azarine A, Garçon P, Stansal A *et al*. Four-dimensional flow MRI: principles and cardiovascular applications. *Radiographics*. 2019;39:632-648. <https://doi.org/10.1148/rg.2019180091>.
2. Didier D, Ratib O, Lerch R, Friedli B. Detection and quantification of valvular heart disease with dynamic cardiac MR imaging. *Radiographics*. 2000;20:1279-1299. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.5.g00j111279>.
3. Dall'Armellina E, Hamilton C, Hundley G. Assessment of blood flow and valvular heart disease using phase-contrast cardiovascular magnetic resonance. *Echocardiography*. 2007;24:207-216. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8175.2007.00377.x>
4. Myerson SG, d'Arcy J, Mohiaddin R *et al*. Aortic regurgitation quantification using cardiovascular magnetic resonance. Association with clinical outcome. *Circulation*. 2012;126:1452-60. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.083600>
5. Lee JC, Branch KR, Hamilton-Craig C, Krieger EV. Evaluation of aortic regurgitation with cardiac magnetic resonance imaging: a systematic review. *Heart*. 2018;104:103-110. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2016-310819>.
6. Chaturvedi A, Hamilton-Craig C, Cawley PJ *et al*. Quantitating aortic regurgitation by cardiovascular magnetic resonance: significant variations due to slice location and breath holding. *Eur Radiol*. 2016;26:3180-9. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4120-6>
7. Truedsson F, Polte CL, Gao SA *et al*. Importance of complex blood flow in the assessment of aortic regurgitation severity using phase contrast magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021;37:3561-3572. <https://doi.org/10.1007/s10554-021-02341-w>
8. Chelu RG, Wanambiro KW, Hsiao A *et al*. Cloud-processed 4D CMR flow imaging for pulmonary flow quantification. *Eur J Radiol*. 2016;85:1849-1856. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.07.018>
9. Vasanaawala SS, Hanneman K, Alley MT, Hsiao A. Congenital heart disease assessment with 4D flow MRI. *J Magn Reson Imaging*. 2015;42:870-86. <https://doi.org/10.1002/jmri.24856>
10. Calvacante JL, Knobelsdorff Fv, Myerson S (2018). Valve disease. En Lombardi M, Plein S, Peterssen S *et al*. The EACVI textbook of Cardiovascular Magnetic Resonance (pp. 443-459)
11. Puchalski MD, Askovich B, Sower CT. Pulmonary regurgitation: determining severity by echocardiography and magnetic resonance imaging. *Congenit Heart Dis*. 2008;3:168-75. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0803.2008.00184.x>
12. Alvarez A, Martínez V, Pizarro G, Recio M, Cabrera JÁ. Clinical use of 4D flow MRI for quantification of aortic regurgitation. *Open Heart*. 2020;7:e001158. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2019-001158>.
13. Horowitz MJ, Kupsy DF, El-Said HG *et al*. 4D Flow MRI Quantification of Congenital Shunts: Comparison to Invasive Catheterization. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021 ;3:e200446. <https://doi.org/10.1148/ryct.2021200446>