

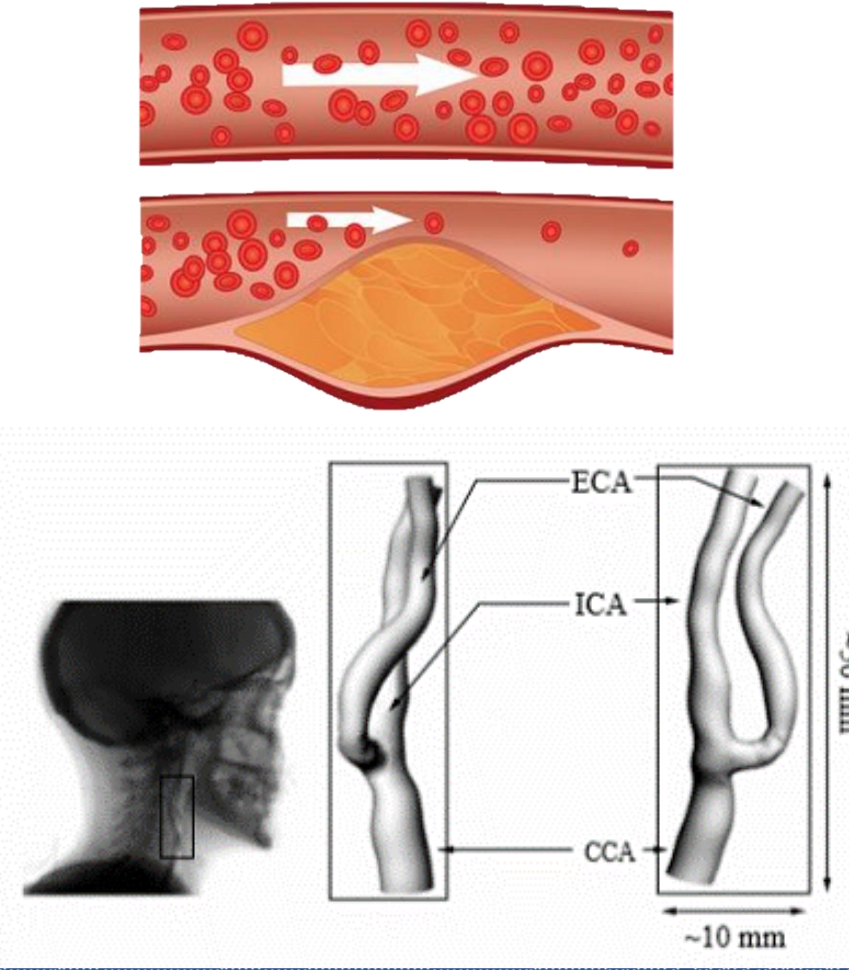
Modelo de crecimiento de placa de ateroma con interacción fluido-estructura

P. Hernández¹, M. Cilla^{1,2,4}, M. Malvè^{1,3,4}, M.A Martínez^{1,4}, E. Peña^{1,4}

1. Applied Mechanics and Bioengineering (AMB). Instituto de Investigación en Ingeniería en Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain. Tel. +34 976762707, e-mail: phernand@unizar.es
2. Centro Universitario de la Defensa Zaragoza - Academia General Militar, Spain
3. Universidad Pública de Navarra, Pamplona, Spain
4. Centro de Investigación Biomédica en Red de Bioingeniería Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), Spain

Motivación

- 🔥 **Aterosclerosis** = Millones de muertes anuales
- 🔥 Crecimiento de placas de ateroma
- 🔥 **Consecuencias** = Infartos, isquemias, ictus
- 🔥 Placas modifican flujo sanguíneo → Interacción fluido-estructura



Objetivo

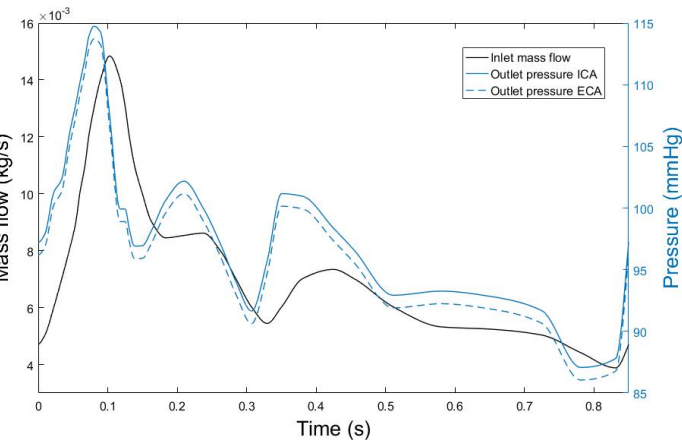
Modelo computacional desarrollo placa de ateroma

Mejora de la capacidad de predicción mediante Acoplamiento flujo sanguíneo – proceso inflamatorio - crecimiento

Modelo matemático

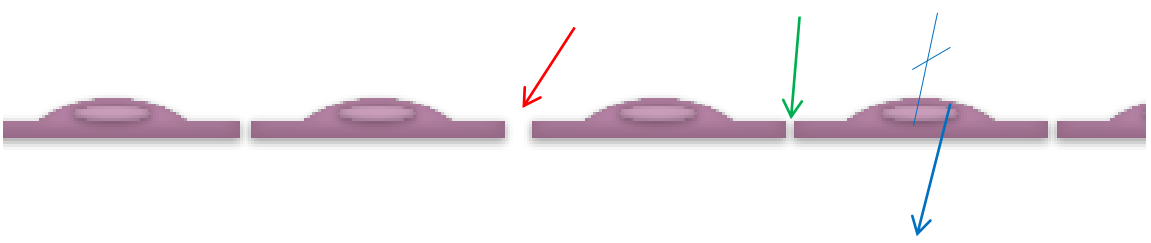
Flujo sanguíneo

Transitorio – Ciclo cardiaco

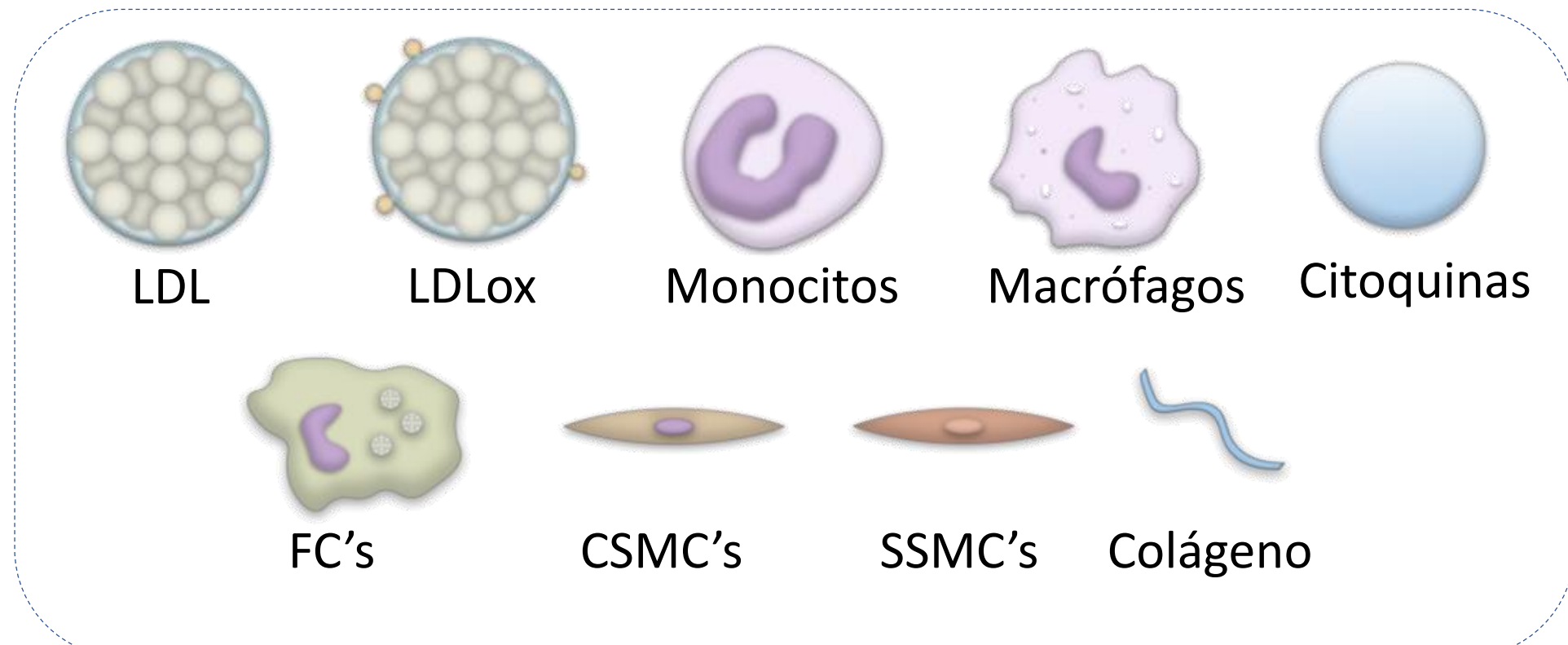


Flujo de plasma

Modelo de los 3 poros



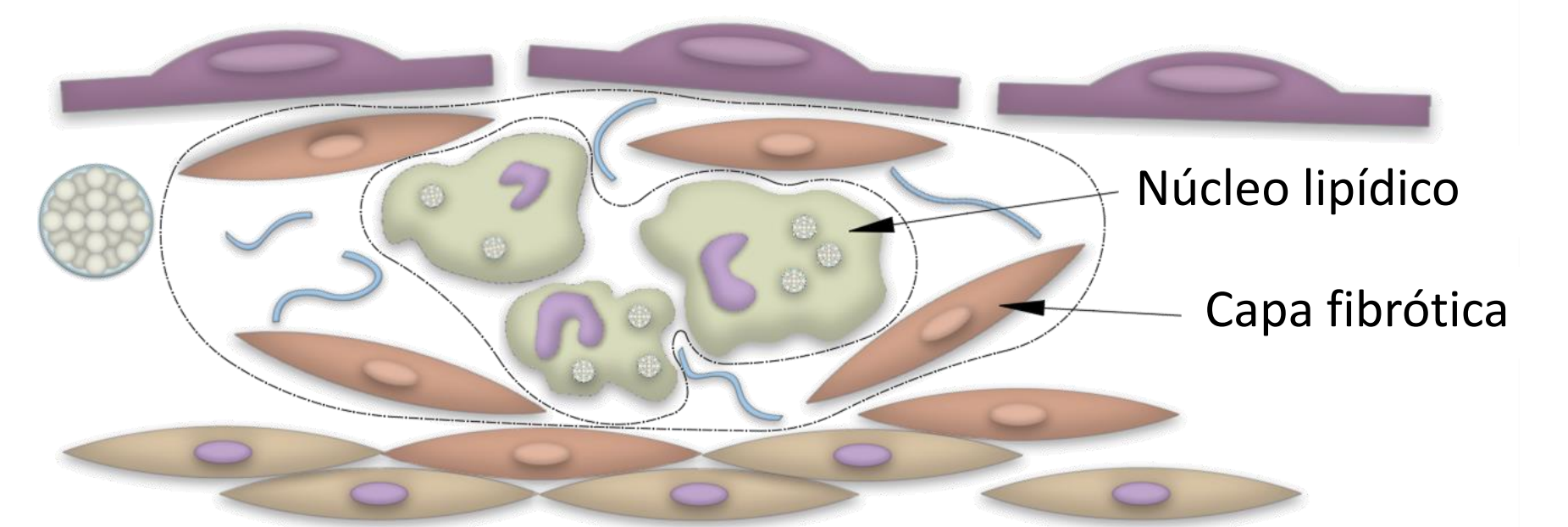
Proceso inflamatorio



$$\frac{\partial x_i}{\partial t} + \nabla \cdot (-Dx_i \nabla x_i) + K_{lag} \cdot u_w \cdot \nabla x_i = \text{Término reactivo}$$

Temporal Difusión Convección Reacciones

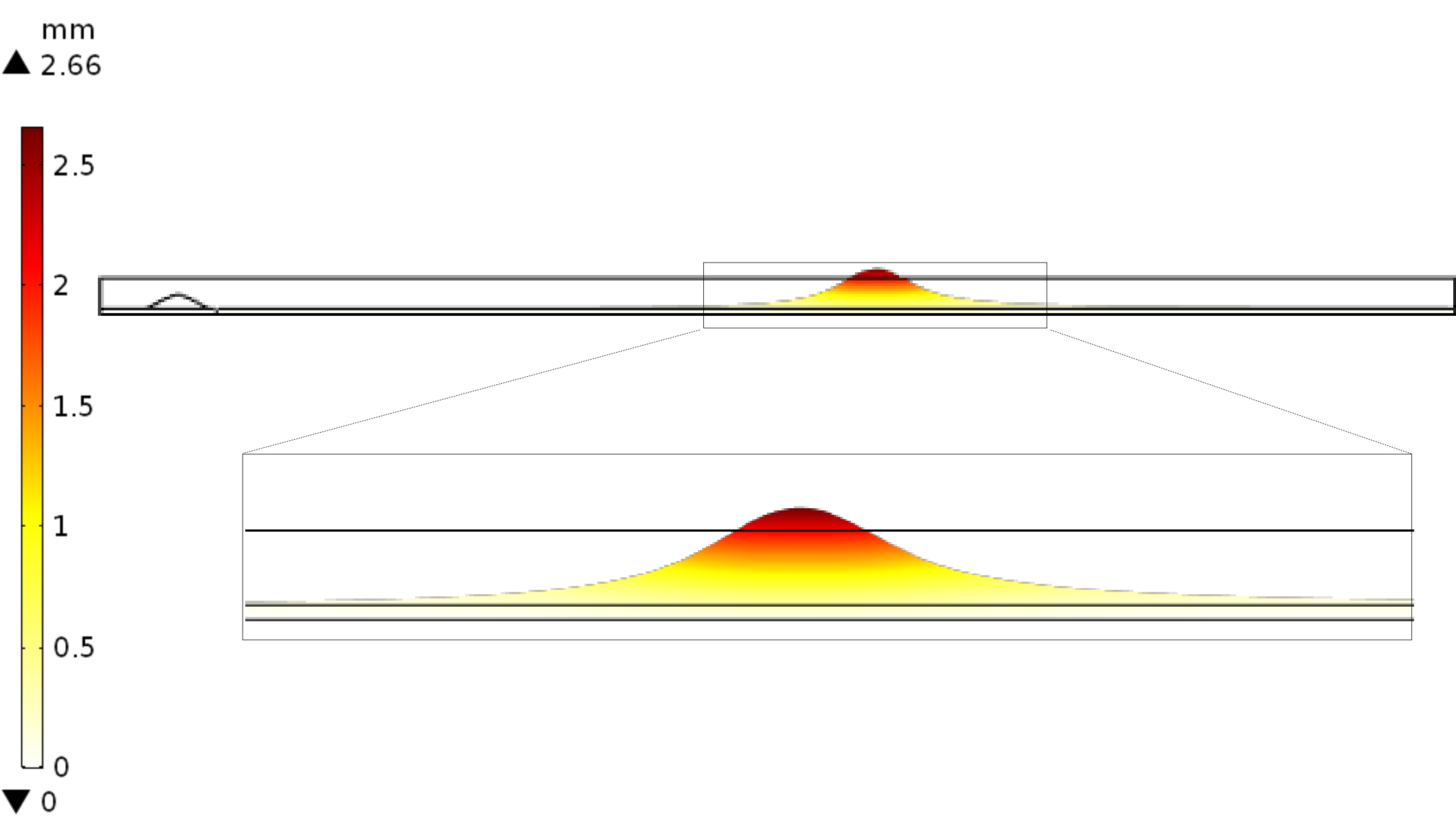
Crecimiento



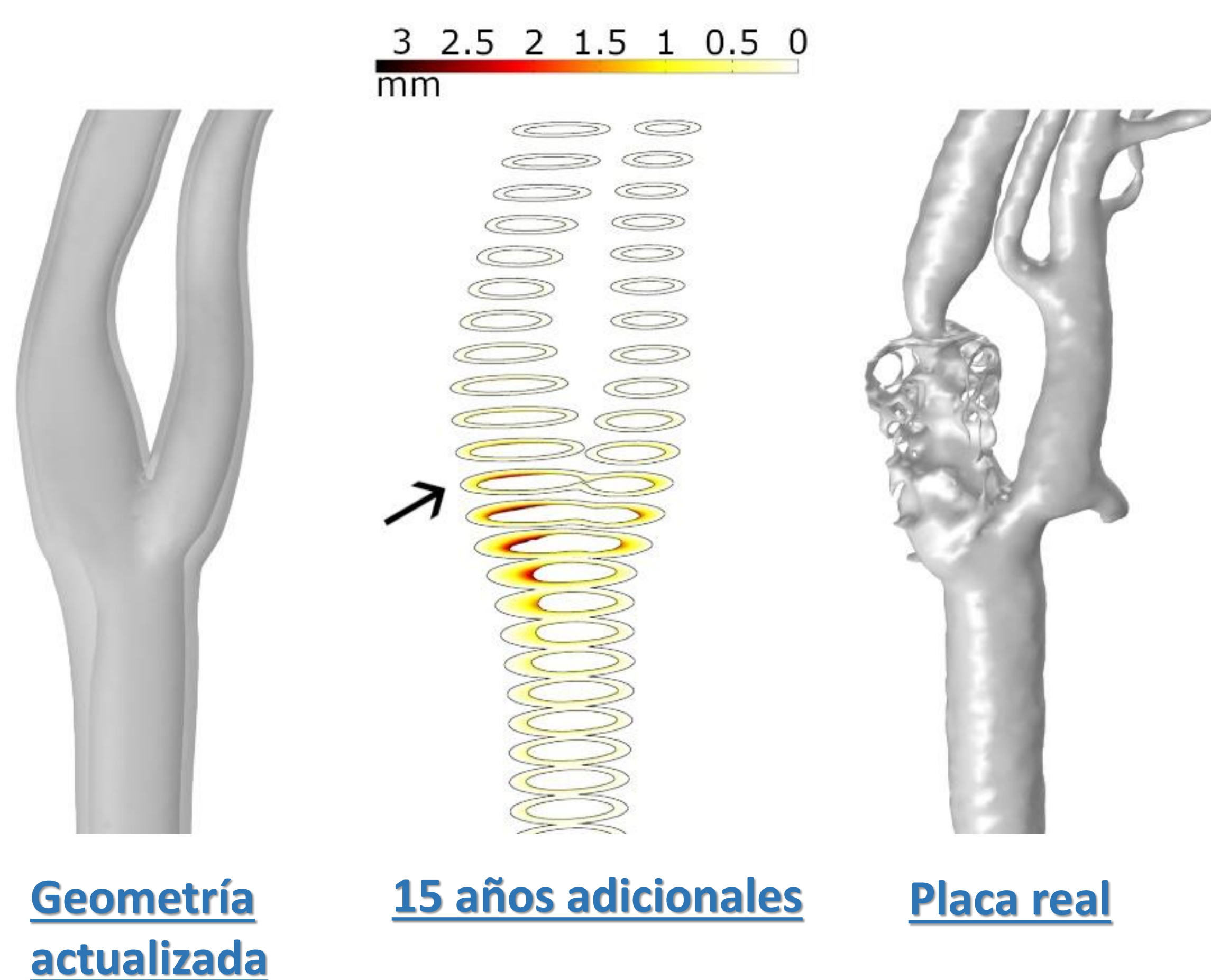
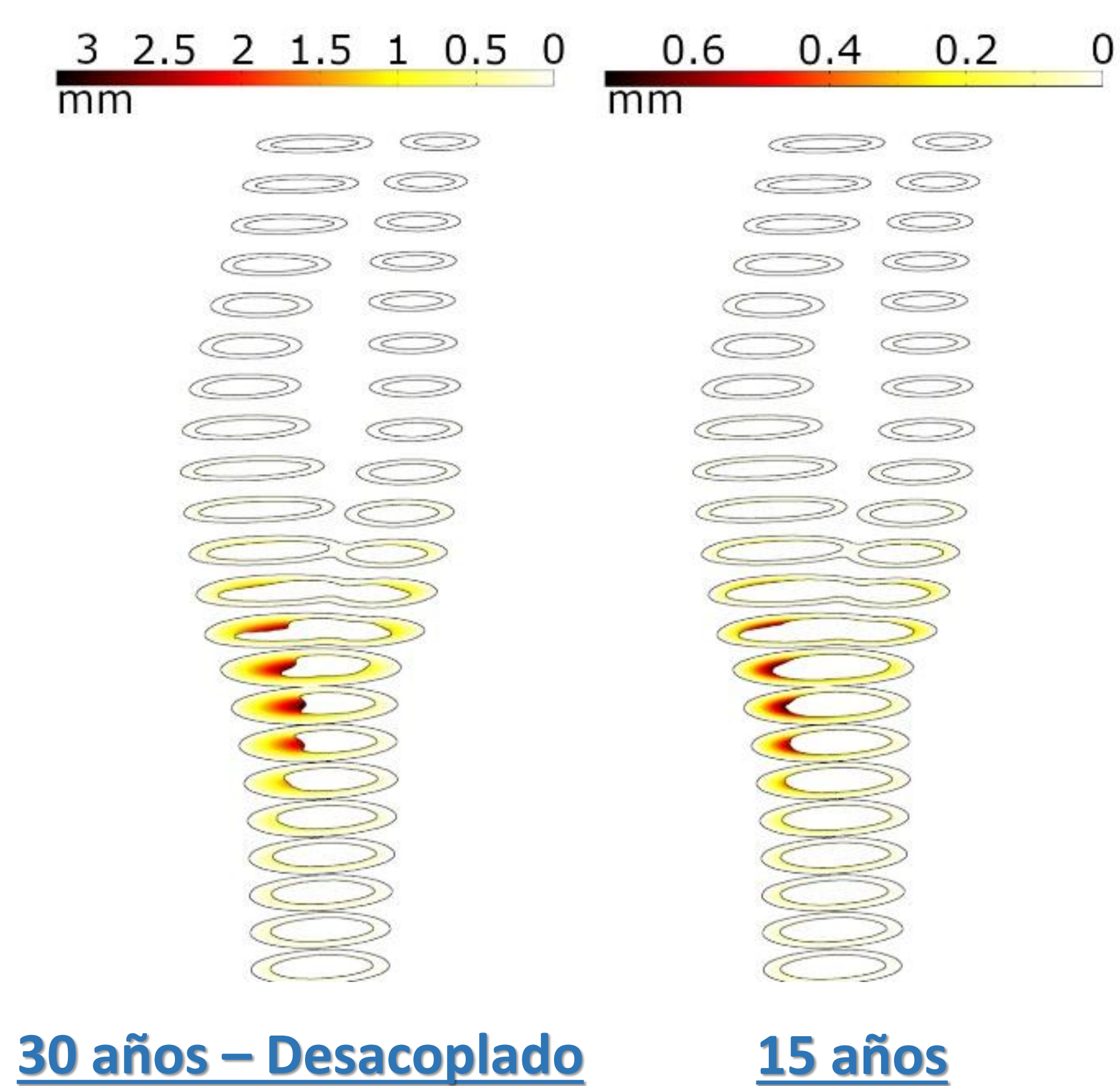
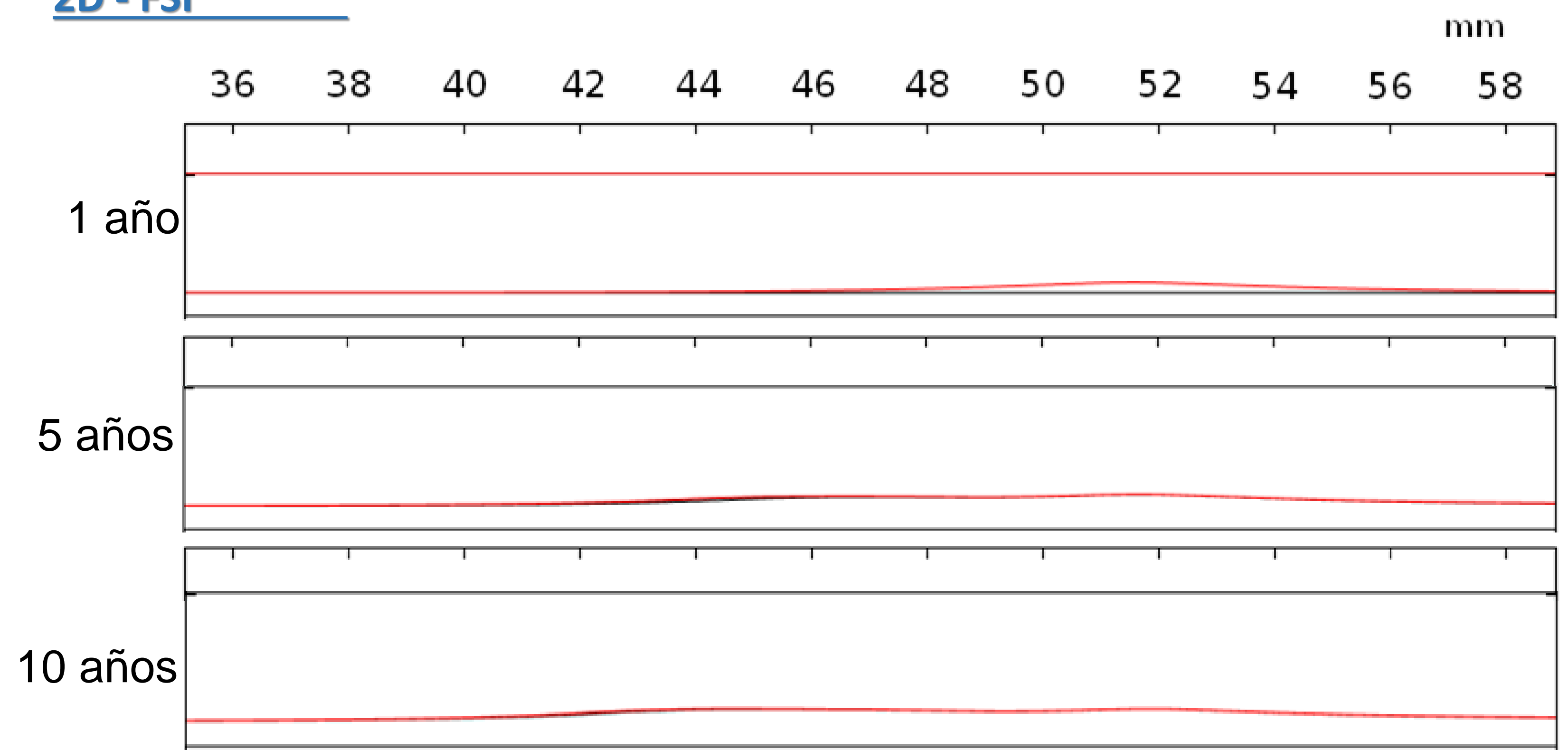
$$\nabla \cdot v = \frac{\partial \Delta C_{F,w}}{\partial t} \cdot Vol_{foam\ cell} + \frac{\partial \Delta C_{SSMC,w}}{\partial t} \cdot Vol_{SSMC} + \frac{\partial \Delta C_{G,w}}{\partial t} \cdot \frac{1}{\rho_G}$$

Resultados

2D – Desacoplado



2D - FSI



Conclusiones

- ✓ Placas más realistas con interacción fluido-estructura
- ✓ Interacción fluido-estructura mejora la predicción de las placas
- ✓ Altos requerimientos computacionales para acoplamiento total en geometrías reales

Referencias

- [1] Cilla M., Peña E. and Martínez M.A. . Mathematical modeling of atheroma plaque formation and development in coronary arteries. Journal of the Royal Society Interface, 11(90): 20130866, 2013.
- [2] Cilla M., Peña E. and Martínez M.A. Effect of transmural transport properties on atheroma plaque formation and development. Annals of Biomedical Engineering, 43(7):1516-30, 2015.
- [3] Olgac U., Kurtcuoglu V. and Poulidakos D. Computational modeling of coupled blood-wall mass transport of LDL: Effects of local wall shear stress. American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology, 294(2):909-919, 2008.
- [4] M. Malve, S. Chandra, A. García, A. Menab, M.A. Martínez, E.A. Finol and M. Doblare. Impedance-based outflow boundary conditions for human carotid haemodynamics. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 2014 Vol. 17, No. 11, 1248-1260.