

Comparación de métodos de registro 3D NM-MRI cerebral: Voxelmorph versus Elastix en la enfermedad de Parkinson

Asmae AHDADI

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Comunicación, Universidad Pública de Navarra

Director: Mikel Ariz Galilea - Subdirectora: Anne Oyarzun Domeño



RESUMEN

La enfermedad de Parkinson afecta a estructuras profundas como el Locus Coeruleus y la Sustancia Negra, cuyo registro preciso en NM-MRI es clave para biomarcadores y seguimiento clínico. Se compararon dos métodos de registro deformable: BSpline y VoxelMorph. BSpline mostró mayor precisión en estructuras pequeñas, aunque con alto coste computacional, mientras que VoxelMorph destacó por su rapidez y escalabilidad, pero con mayor variabilidad. Estos resultados subrayan el potencial de VoxelMorph y la necesidad de optimizar datos y modelos para aplicaciones clínicas.

INTRODUCCIÓN

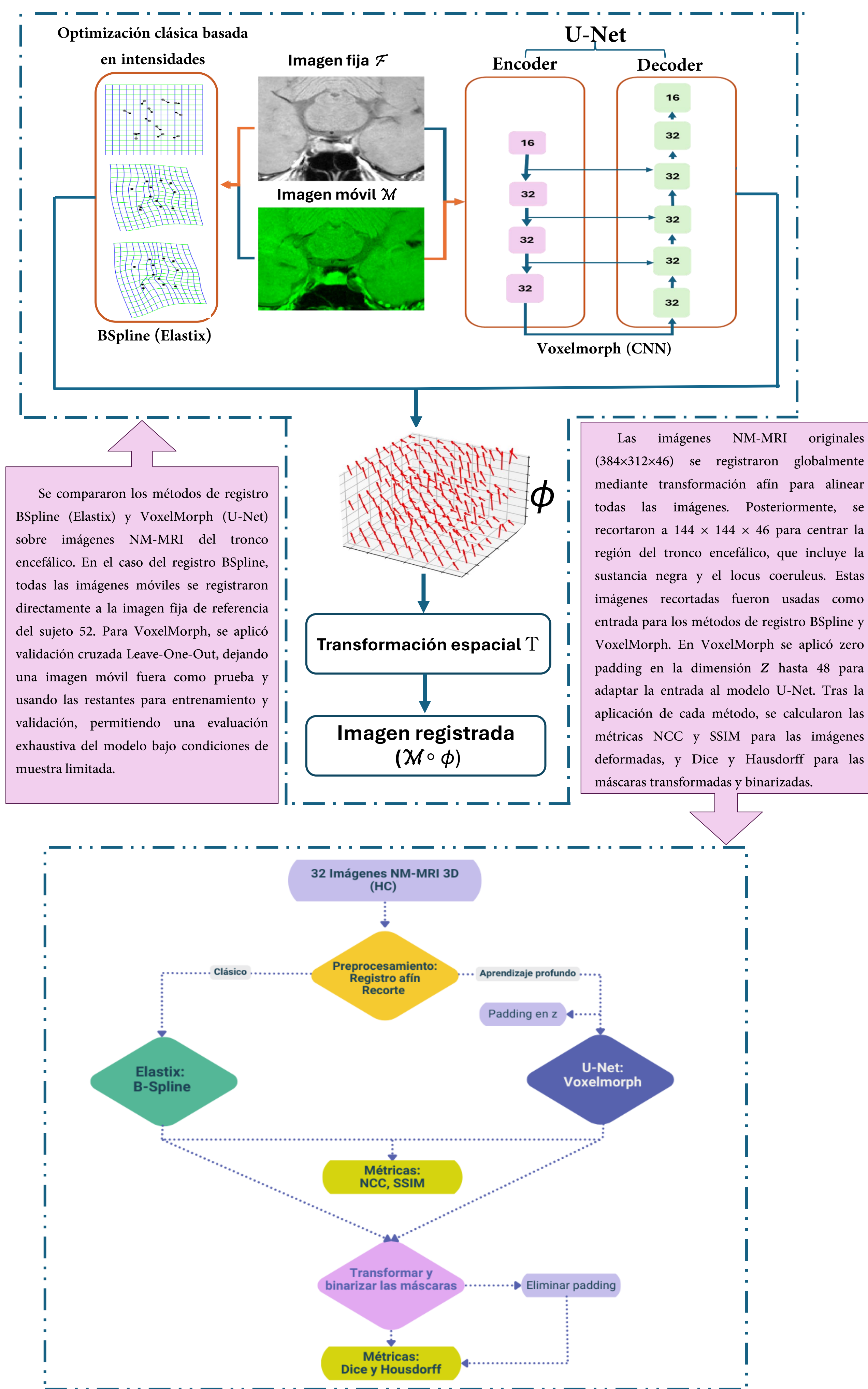
La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo que afecta a millones de personas y supone un reto clínico y social relevante. Su curso se asocia a la degeneración progresiva de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra (SN) y el locus coeruleus (LC), regiones profundas del tronco encefálico cuya evaluación resulta compleja debido a su tamaño y variabilidad anatómica.

La neuroimagen sensible a neuromelanina (NM-MRI) facilita la visualización in vivo de estas áreas, pero su análisis cuantitativo y comparativo requiere técnicas robustas de alineación intersujeto. El registro deformable de imágenes, mediante enfoques clásicos como BSpline y herramientas de aprendizaje profundo como VoxelMorph, permite mejorar la precisión y comparabilidad en los estudios de EP.

OBJETIVOS

- Evaluar y comparar la precisión del registro deformable de imágenes NM-MRI del tronco encefálico mediante dos enfoques avanzados: BSpline (clásico) y VoxelMorph (aprendizaje profundo).
- Analizar el impacto de ambos métodos en la alineación anatómica de la sustancia negra y el locus coeruleus, regiones clave en la progresión de la EP.
- Valorar el potencial de estas herramientas para optimizar el análisis automatizado y la investigación clínica en la enfermedad de Parkinson.

METODOLGÍA

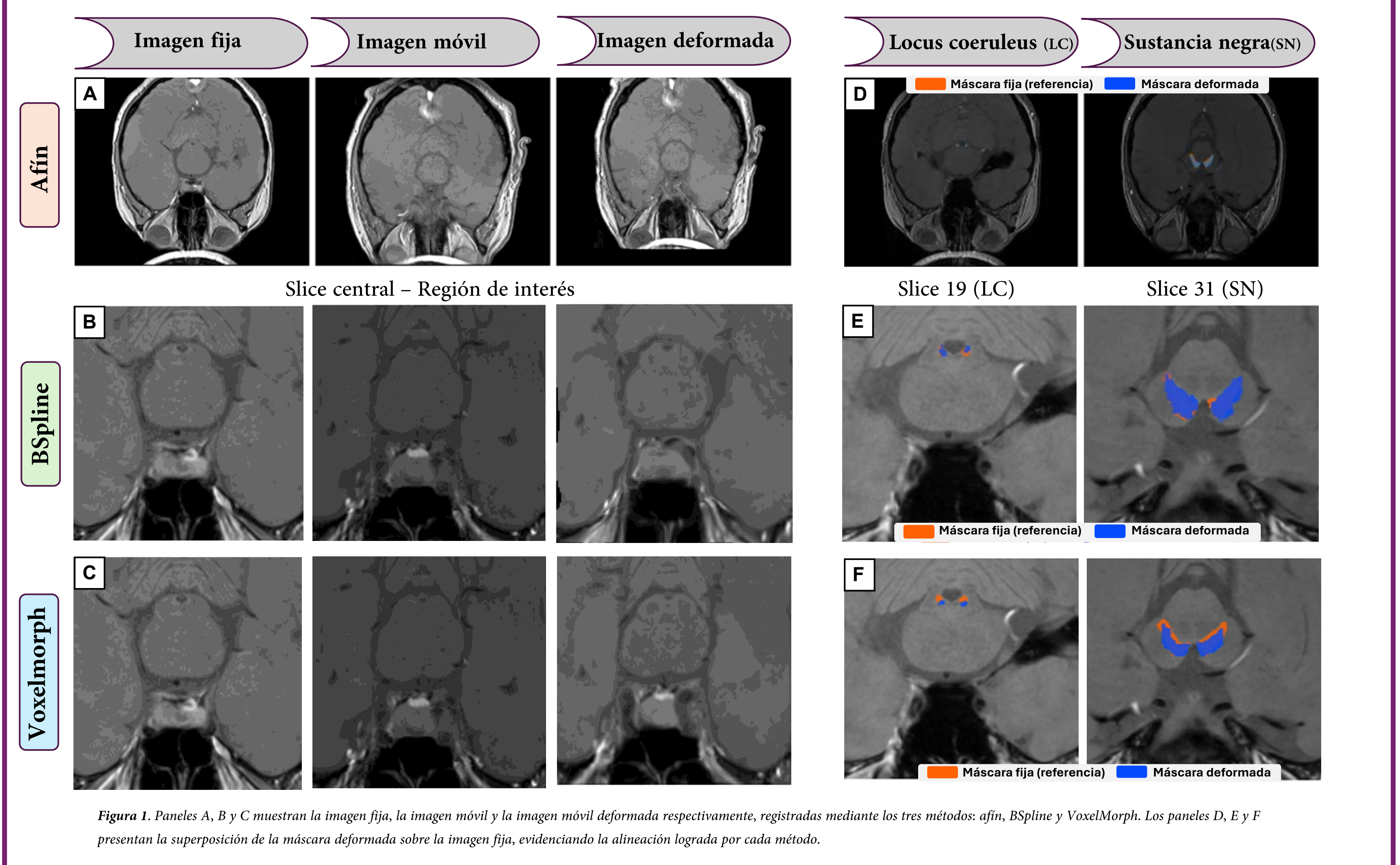


AGRADECIMIENTOS

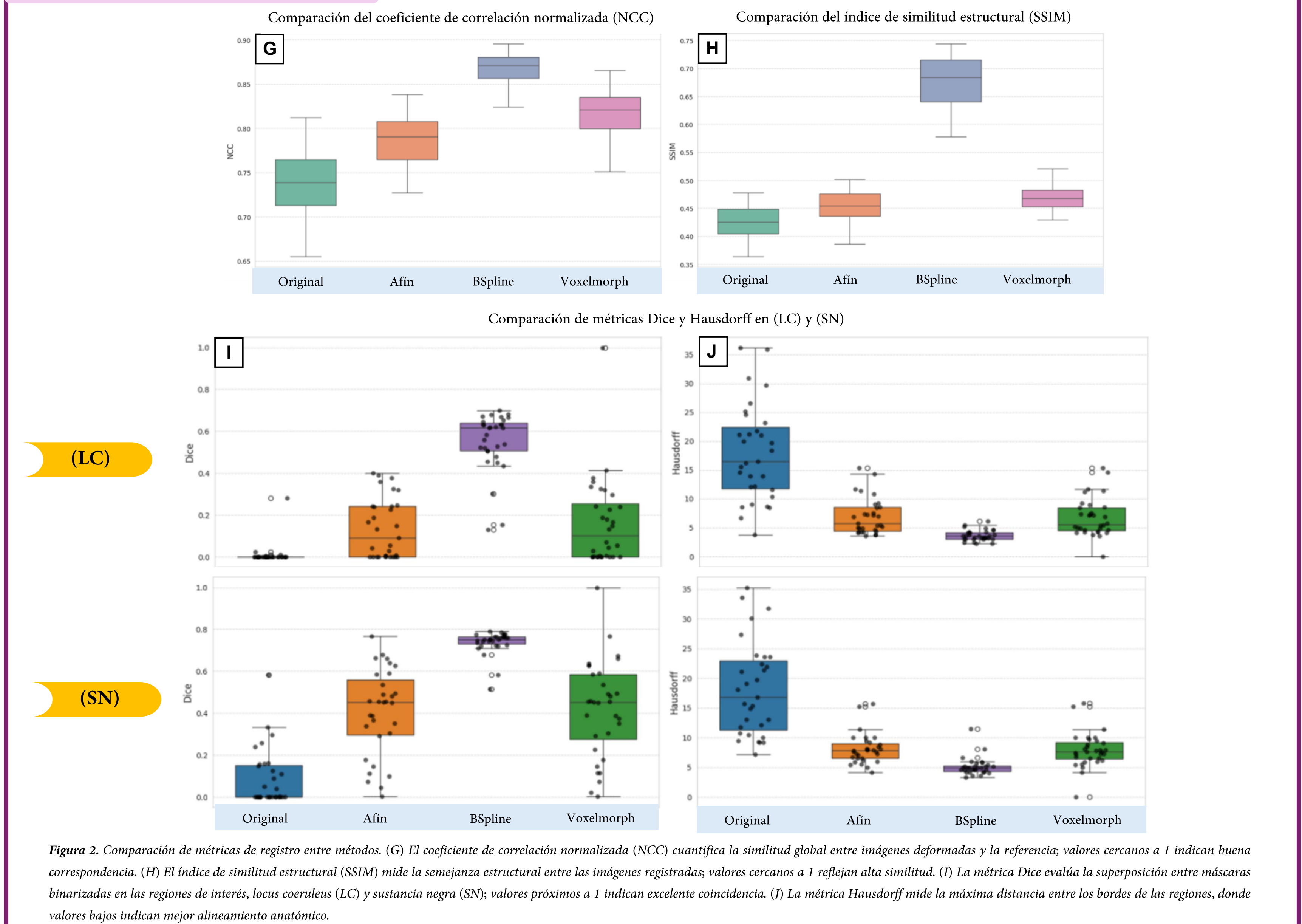
Agradezco sinceramente a mis directores, Dr. Mikel Ariz y Dra. Anne Oyarzun, por su guía, apoyo y valiosos consejos durante todo el desarrollo de este trabajo. También al Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicación por los recursos brindados para esta investigación.

RESULTADOS

Evaluación cualitativa

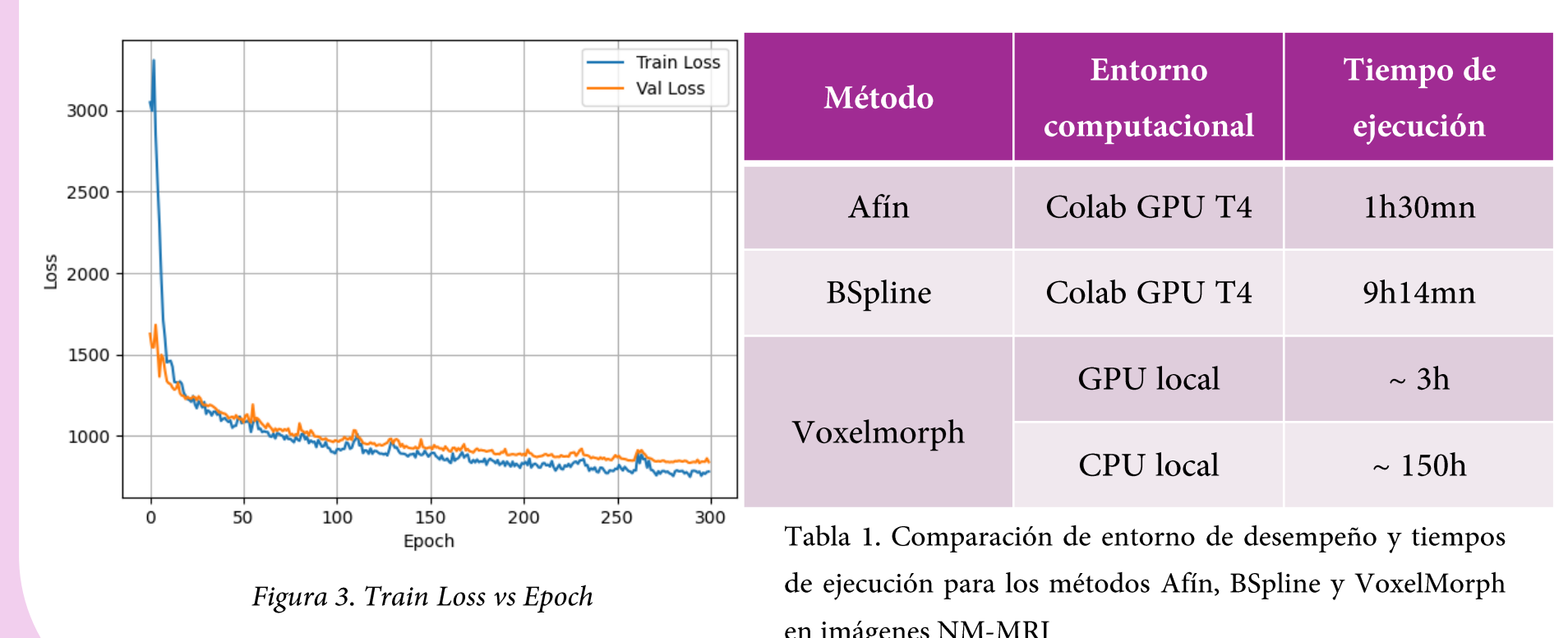


Evaluación cuantitativa



CONCLUSIÓN

VoxelMorph mostró capacidad para registros anatómicos complejos con buena eficiencia computacional, aunque con variabilidad en estructuras pequeñas y profundas como el locus coeruleus. Frente a BSpline, ofrece mayor rapidez y flexibilidad. Futuras mejoras en datos, preprocesamiento y arquitectura podrían incrementar su robustez para aplicaciones clínicas.



REFERENCIAS

- Shalby Multispeciality Hospital. Managing parkinson's disease: Understanding symptoms, causes and treatment, 2024.
- Guha Balakrishnan, Amy Zhao, Mert R. Sabuncu, John Guttag, and Adrian V. Dalca. VoxelMorph: A learning framework for deformable medical image registration. IEEE Transactions on Medical Imaging, 38(8):1788–1800, 2019.
- M. Martínez, M. Ariz, I. Álvarez, G. Castellanos, M. Aguilar, J. Hernández-Vara, N. Caballol, A. Garrido, A. Bayés, D. Vilas, M. J. Martí, Catalanian Neuroimaging Parkinson's disease Consortium, P. Pastor, C. O. de Solórzano, and M. A. Pastor. Brainstem neuromelanin and iron mri reveals a precise signature for idiopathic and lrrk2 parkinson's disease. NPJ Parkinson's Disease, 9(1):62, April 15 2023.