

RADIÓMICA Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO APLICADOS A IMAGEN Cerebrovascular

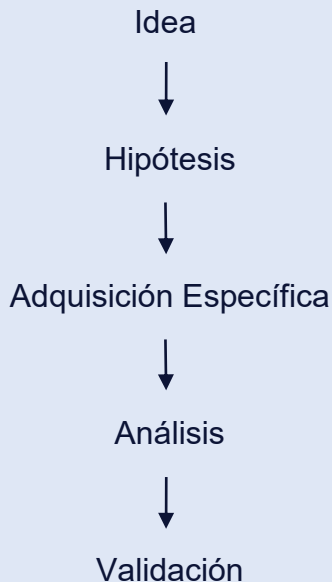
Bárbara Díaz Cañadas

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica.
Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid



CAMBIO DE PARADIGMA: Investigación basada en hipótesis vs. datos

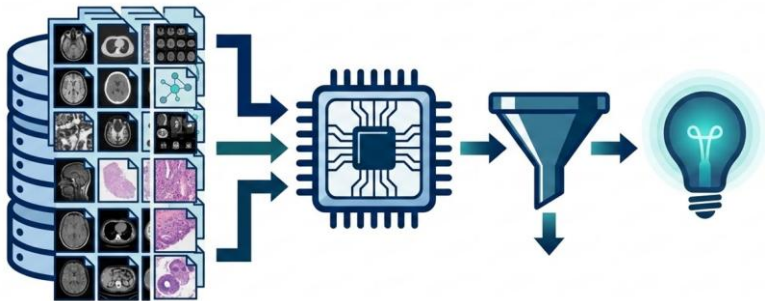
MODELO CLÁSICO



Imágenes = **FENOTIPOS DE ALTA DIMENSIONALIDAD**

→ Alteraciones biológicas modifican las propiedades físicas del tejido

CAMBIO DE PARADIGMA: Investigación basada en hipótesis vs. datos



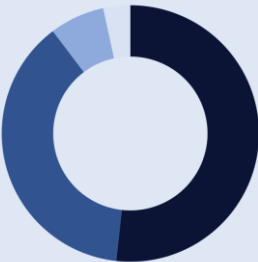
MODELO RADIÓMICO



RADIÓMICA: Definición y estado del arte

Extracción automatizada y masiva de **parámetros cuantitativos** sin hipótesis *a priori*.

ESTADO DEL ARTE



MRI: 51.7 %
CT: 37.9 %
SPECT: 6.9 %
US: 3.4 %

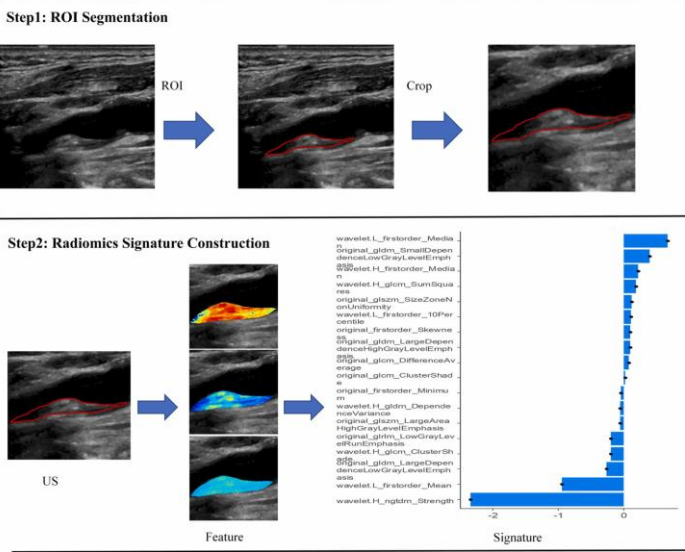
Predicción: 39.5%

Clasificación: 30.2%

Estudio de vulnerabilidad: 16.3%

First author	Year	No. of patients	Clinical utility	Imaging modality
Bretzner	2023	4163	Early detection	T2-FLAIR
Su	2020	148	Early detection	CT
Wen	2021	123	Early detection	CT
Zhang	2022	84	Early detection	MRI
Kuang	2019	257	Early detection	NCCT
Ortiz-Ramón	2019	1800	Early detection	MRI
Oge	2022	63	Early detection	MRI
Ramos	2022	3279	Treatment	MRI
Xiong	2023	256	Treatment	CT
Guo	2022	88	Treatment	DSC-PWI
Qiu	2019	67	Treatment	NCCT
Fu	2020	116	Treatment	CT
Meng	2022	71	Treatment	MRI
Ma	2023	100	Treatment	CT
Chen	2022	101	Treatment	CT
Betrouni	2022	327	Prognosis	T1w
Liang	2023	1716	Prognosis	DWI
Liu	2023	612	Prognosis	DWI

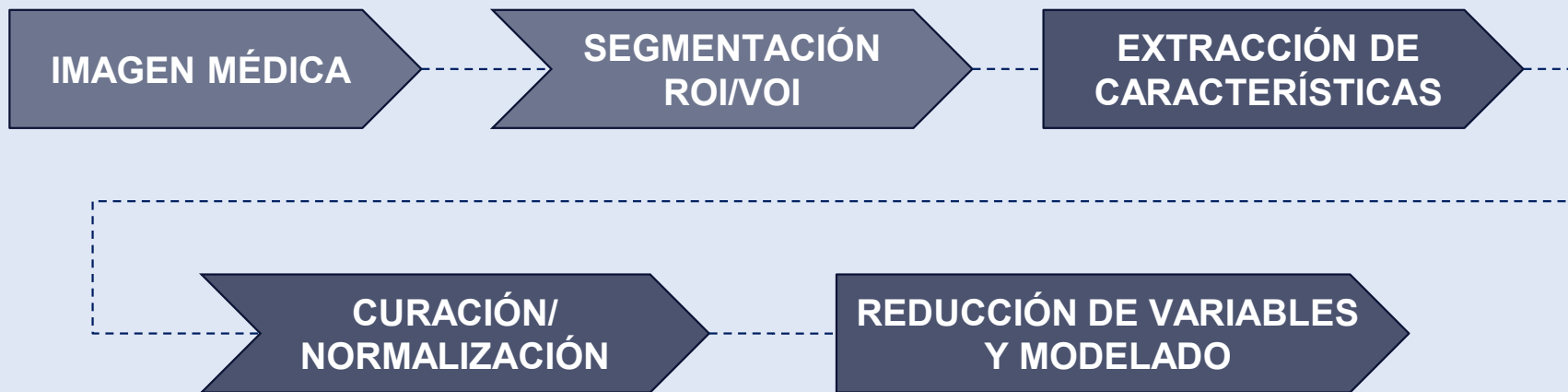
Yang J, Cai H, Liu N, Huang J, Pan Y, Zhang B, Tong M, Zhang Z. Application of radiomics in ischemic stroke. J Int Med Res. 2024 Apr;52(4):3000605241238141. doi: 10.1177/03000605241238141. PMID: 38565321; PMCID: PMC10993685.



Z. Huang *et al.*, "A Radiomics-Based Nomogram Using Ultrasound Carotid Plaque Evaluation For Predicting Cerebro-Cardiovascular Events In Asymptomatic Patients," *Acad Radiol*, vol. 31, no. 12, pp. 5204–5216, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.acra.2024.05.030.

RADIÓMICA: Flujo de trabajo

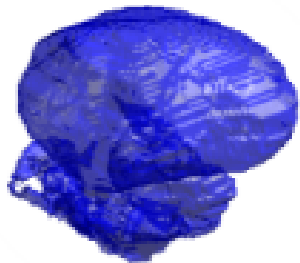
“RECETA” RADIÓMICA



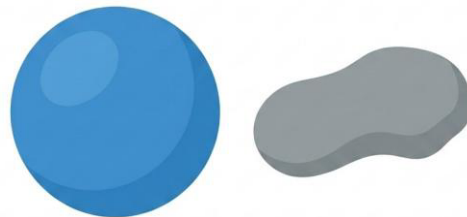
EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS RADIÓMICAS

FORMA

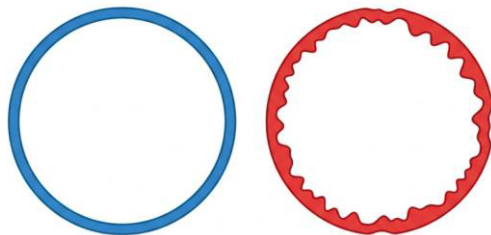
VOLUMEN, SUPERFICIE,
ESFERICIDAD



Shape



ESFERICIDAD/COMPACIDAD



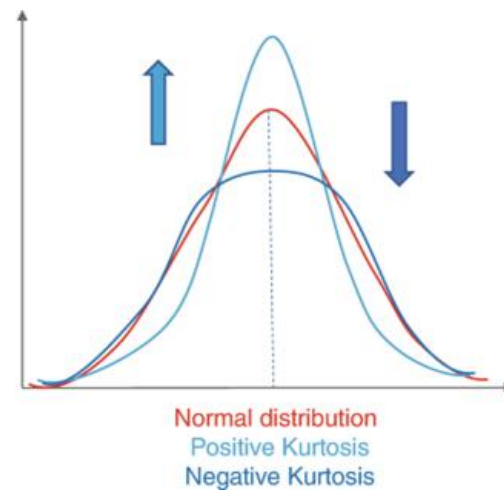
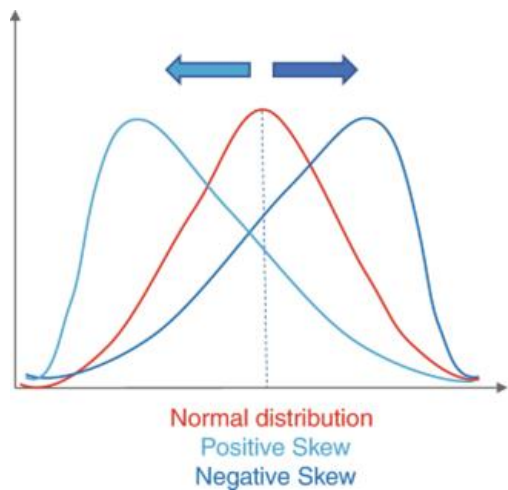
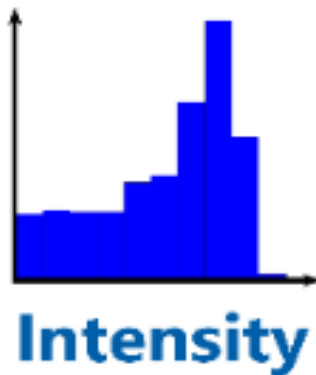
REGULARIDAD DE LOS
CONTORNOS

Bogowicz, M., Leijenaar, R. T. H., Tanadini-Lang, S., Riesterer, O., Pruschy, M., Studer, G., Unkelbach, J., Guckenberger, M., Konukoglu, E., & Lambin, P. (2017). Post-radiochemotherapy PET radiomics in head and neck cancer – The influence of radiomics implementation on the reproducibility of local control tumor models. *Radiotherapy and Oncology*, 125(3), 385–391. <https://doi.org/10.1016/J.RADONC.2017.10.023>

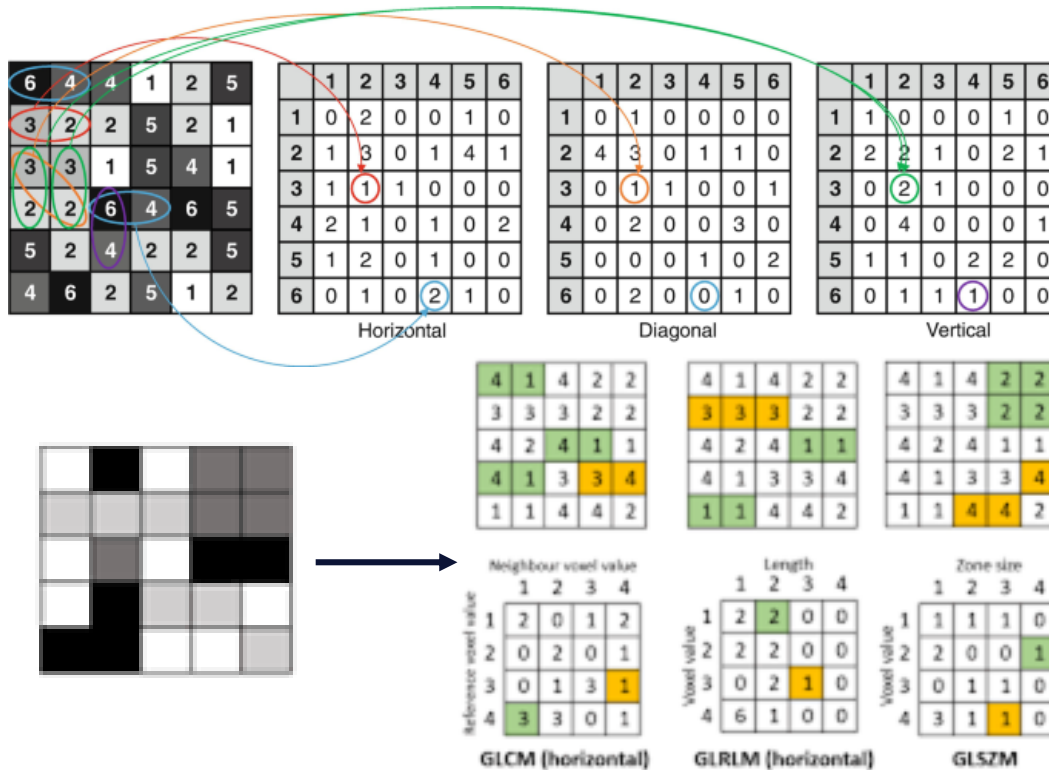
EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS RADIÓMICAS

HISTOGRAMA

ASIMETRÍA, CURTOSIS,
ENTROPÍA

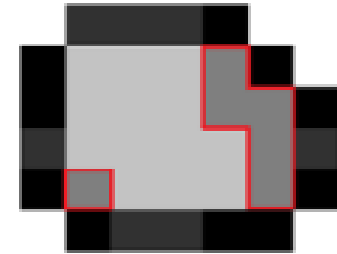


EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS RADIÓMICAS



TEXTURA

GLCM, GLRLM, GLSZM



Texture

Cheng, Kevin & Lin, Andrew & Yuvaraj, Jeremy & Nicholls, Stephen & Wong, Dennis. (2021). Cardiac Computed Tomography Radiomics for the Non-Invasive Assessment of Coronary Inflammation. Cells. 10. 879. 10.3390/cells10040879.

Baessler, B. (2022). Radiomics: Technical Background. In: De Cecco, C.N., van Assen, M., Leiner, T. (eds) Artificial Intelligence in Cardiothoracic Imaging. Contemporary Medical Imaging. Humana, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92087-6_7

DIMENSIONALIDAD: Riesgo de *overfitting*

Miles de variables por paciente = **RIESGO DE OVERFITTING**

└→ FALSOS DESCUBRIMIENTOS DEBIDOS AL AZAR

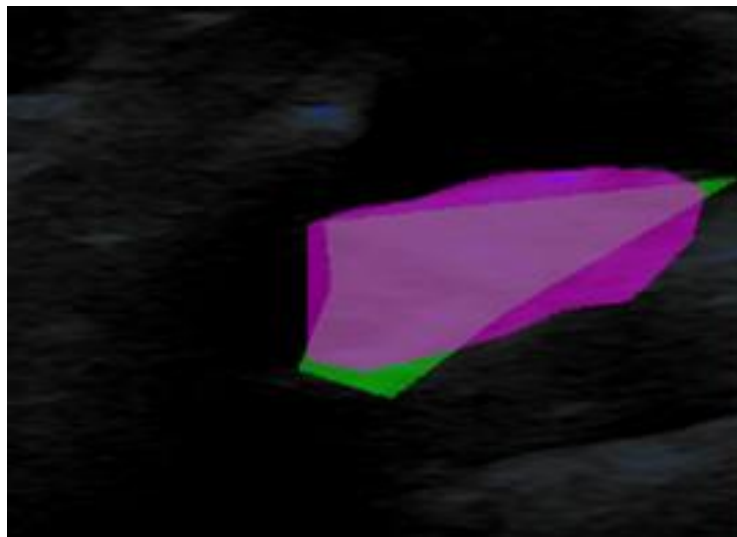
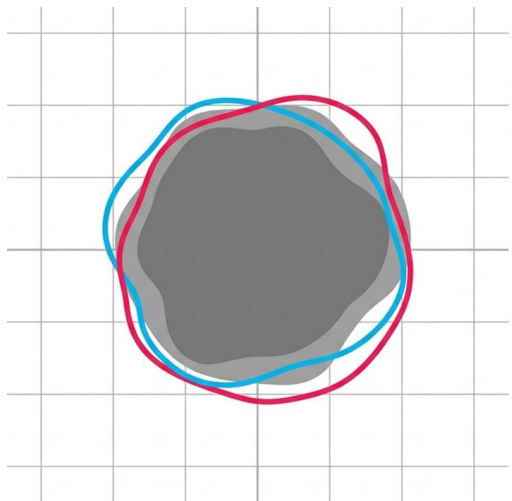


Hist_Mean	GLCM_C_Max	GLSZM_SZE	GLDZM_SDE
Hist_Perc10	GLCM_C_Entropy	GLSZM_LZE	GLDZM_SDHGLE
Hist_Perc90	GLCM_C_Diff_Avg	GLSZM_LGLE	GLDZM_LDHGLE
Hist_Mode	GLCM_C_Diff_Var	GLSZM_HGLE	GLDZM_ZD_NU
Hist_Med_abs_dev	GLCM_C_Sum_Entropy	GLSZM_SZLGLE	GLDZM_ZD_Entropy
Hist_CoV	GLCM_C_Energy	GLSZM_SZHGLE	NGTDM_Coarseness
Hist_Entropy	GLCM_C_Inv_Var	GLSZM_LZHGLE	NGTDM_Contrast
Hist_Max_Grad	GLCM_C_Corr	GLSZM_GL_NU	NGTDM_Busyness
Hist_Max_Grad_GL	GLCM_C_Cluster_prom	GLSZM_GL_NU_norm	NGTDM_Complexity
Hist_Min_Grad_GL	GLRLM_C_SRE	GLSZM_ZS_NU	NGTDM_Strength
IVH_Vol_frac_at_090_intens	GLRLM_C_GL_NU	GLSZM_Zone_perc	NGLDM_LDHGLE
IVH_V90_minus_V10	GLRLM_C_GL_NU_norm	GLSZM_GL_Var	NGLDM_HDHGLE
IVH_I90minusI10	GLRLM_C_RL_NU	GLSZM_ZS_Entropy	NGLDM_DC_NU
	GLRLM_C_Run_entropy		NGLDM_DC_Entropy

DIMENSIONALIDAD: Filtrado de variables (I)

Variabilidad en la ROI = SESGO INTEROBSERVADOR

└→ ELIMINACIÓN DE MÉTRICAS INESTABLES

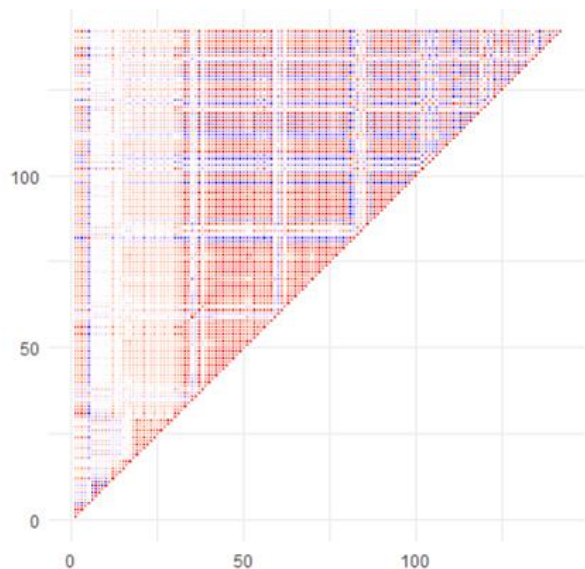


Ejemplo de sesgo interobservador en ecografía carotídea

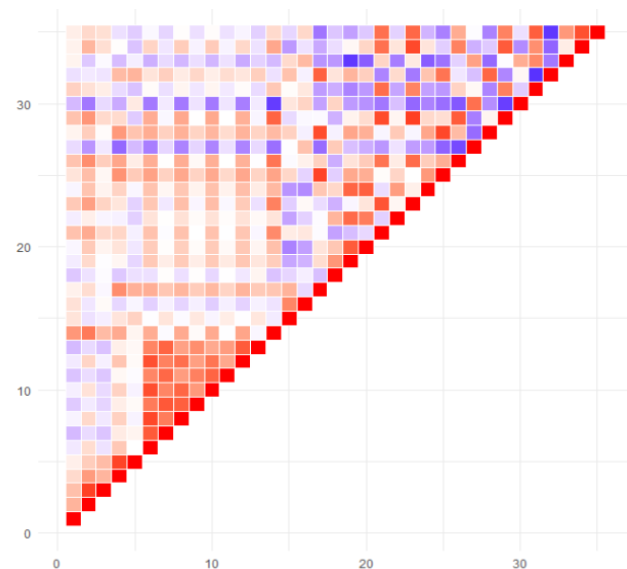
DIMENSIONALIDAD: Filtrado de variables (II)

Miles de variables radiómicas = INFORMACIÓN REPETIDA

└→ SATURACIÓN DEL MODELO



Correlación
cruzada
(Spearman)

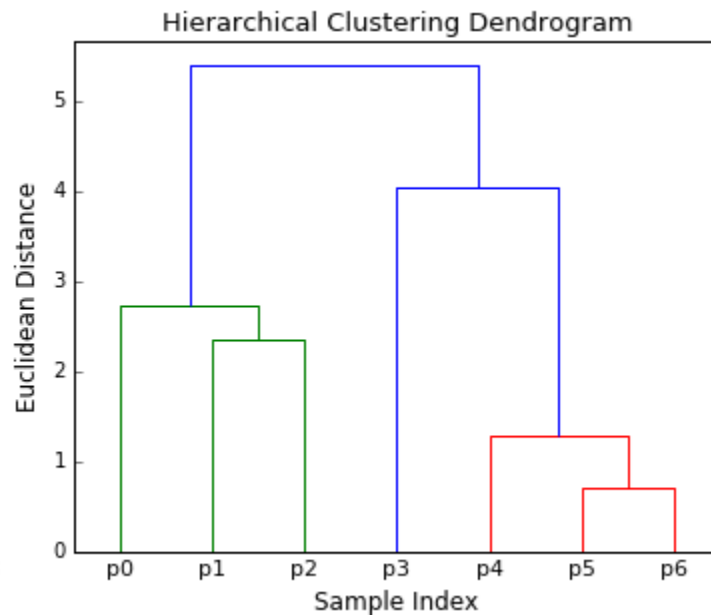
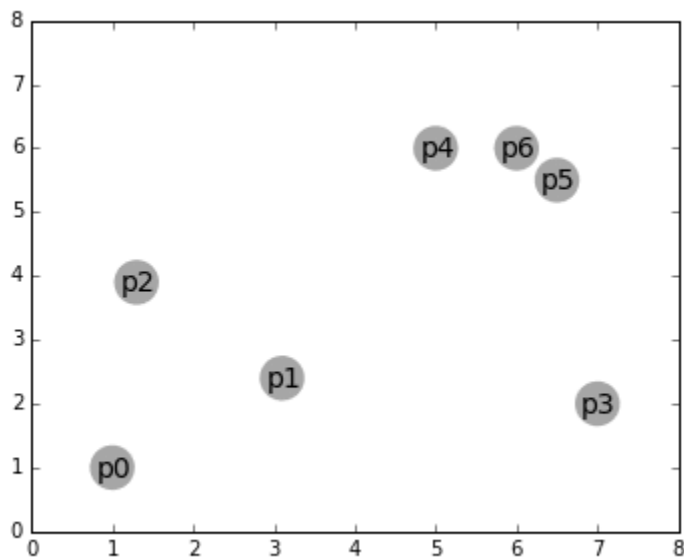


Embudo analítico: Reducción de miles de variables iniciales a un set óptimo de **10-15 variables independientes**.

DIMENSIONALIDAD: Análisis no supervisado

Estratificación matemática de la población en fenotipos homogéneos

→ DESENLACES CLÍNICOS DIFERENTES



APLICACIÓN CLÍNICA: Proyecto LUNABRAIN-CM

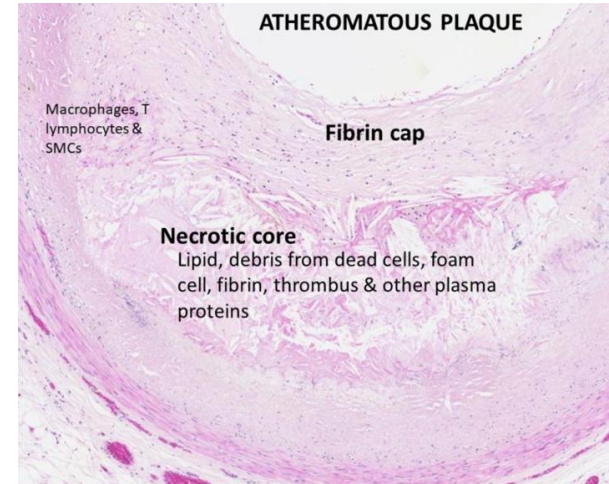
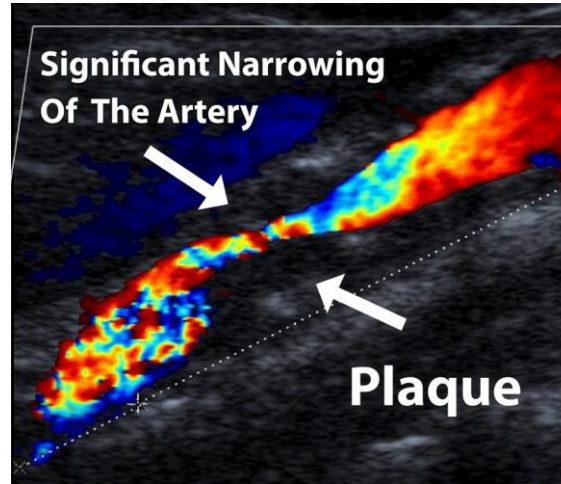
PROBLEMA CLÍNICO

¿REQUIERE
ENDARTERECTOMÍA?



ESTENOSIS > 60%
(IN VIVO)

COMPOSICIÓN DE LA PLACA
= HISTOLOGÍA

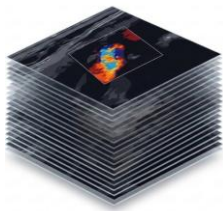
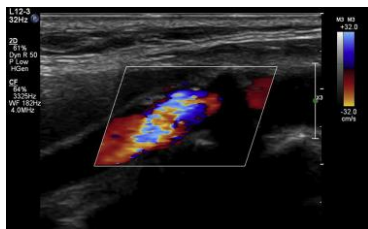


“Carotid Doppler: Early Detection Of Arterial Diseases.” Accessed: Jun. 06, 2026. [Online]. Available: <https://londonsono.com/carotid-doppler-in-detecting-arterial-diseases/>

“Pathology of Atherosclerosis - Pathology Made Simple.” Accessed: Jun. 06, 2026. [Online]. Available: <https://ilovepathology.com/pathology-of-atherosclerosis/>

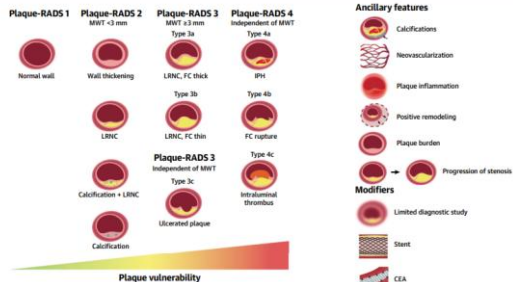


APLICACIÓN CLÍNICA: Proyecto LUNABRAIN-CM



Casos clasificados en 4 categorías RADS

CENTRAL ILLUSTRATION Schematic Representation of the Different Plaque-RADS Categories 1 to 4



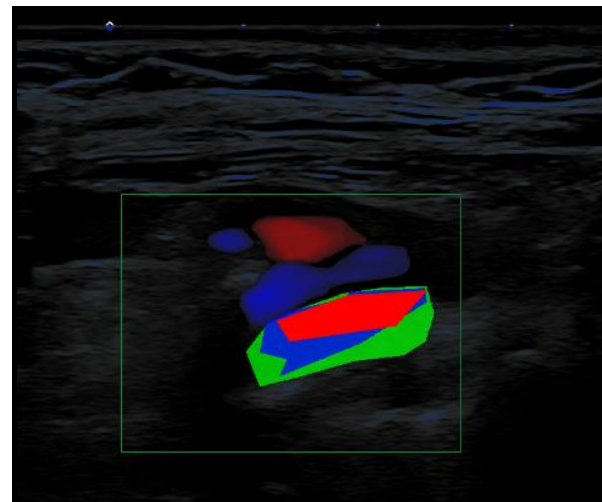
Saba L, et al. J Am Coll Cardiol Img. 2024;17(7):62-75.

FLUJO DE DATOS

BASE DE DATOS DE **IMAGEN**
IN VIVO + PERFIL CLÍNICO
(DPTO. ULTRASONOGRAFÍA,
HULP)

3 SEGMENTADORES
INDEPENDIENTES

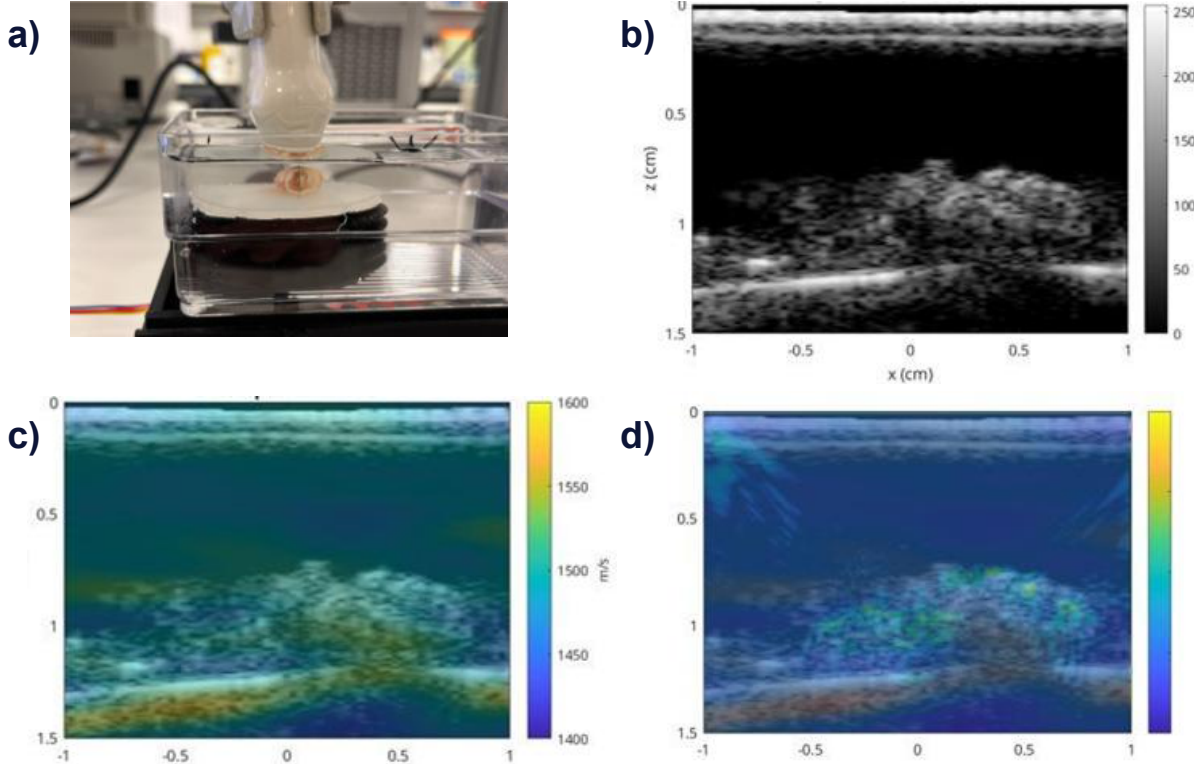
CORRELACIÓN CON
GROUND TRUTH (ANÁLISIS
HISTOLÓGICO)



REFERENCIA TEC-2024/TEC-43



APLICACIÓN CLÍNICA: Proyecto LUNABRAIN-CM



ANÁLISIS AVANZADO

TÉCNICAS ACÚSTICAS AVANZADAS

- MAPAS DE REFLECTIVIDAD DE ALTA DEFINICIÓN
- MAPAS DE VELOCIDAD DEL SONIDO

IMPLEMENTACIÓN *IN VIVO*

a) Montaje de adquisición, b) imagen en modo B, c) mapa de velocidad del sonido, d) imagen fotoacústica.



APLICACIÓN CLÍNICA: Proyecto LUNABRAIN-CM

VALIDACIÓN POR ICC, CCC, Spearman

Regresión LASSO + FDR

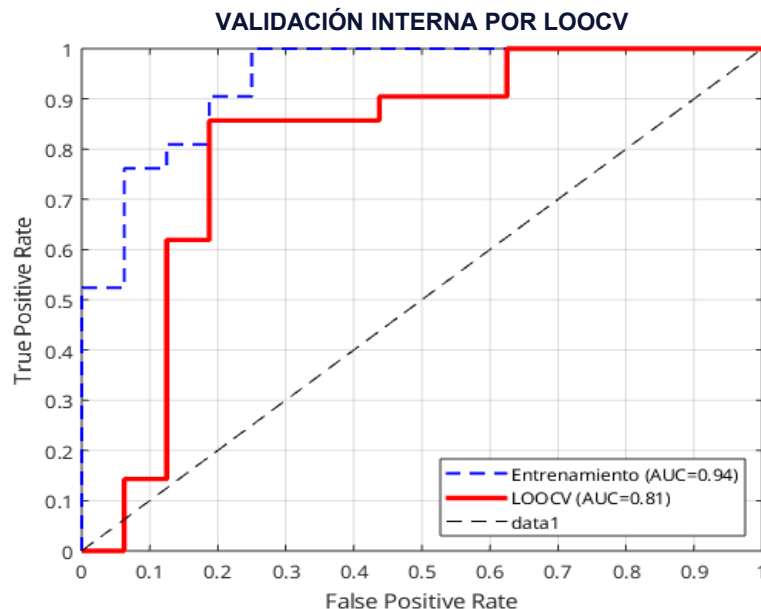
FIRMA RADIÓMICA DE 3 CARACTERÍSTICAS ROBUSTAS

GLSZM ZonePercentage IBSI P30P (Peso: 2.331)

INTENSITY BASED IntensityBasedEnergy IBSI N8CA (Peso: 0.932)

GLSZM SmallZoneEmphasis IBSI 5QRC (Peso: 0.764)

- BOOTSTRAPPING: **AUC = 0.938**
(IC 95%: 0.831 - 0.997)
- VALIDACIÓN INTERNA POR LOOCV
 - ◆ **AUC = 0.807**, sensitivity = 85.7%,
specificity = 81.2%
- CLUSTERING BASADO EN LA FIRMA
RADIÓMICA = PUREZA DEL 86.49%



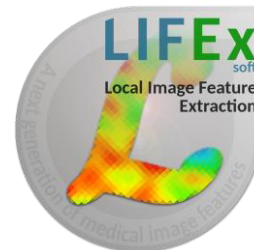
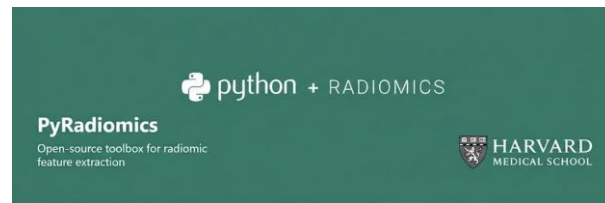
DESAFÍOS EN LA TRASLACIÓN CLÍNICA

ESTANDARIZACIÓN

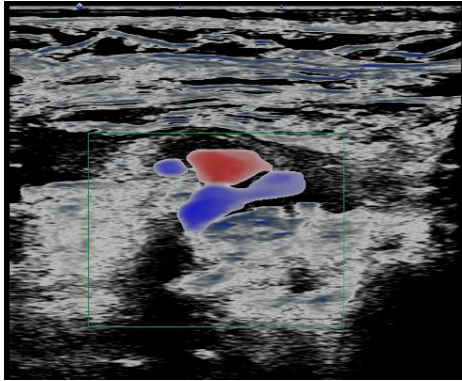
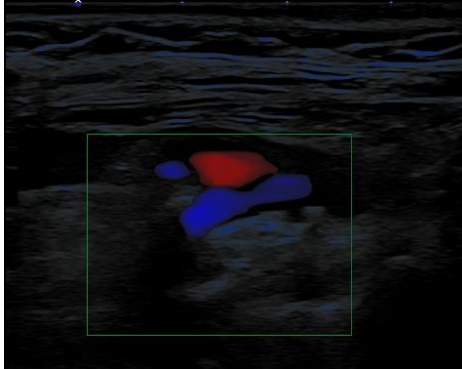
IMAGE BIOMARKER
STANDARDIZATION
INITIATIVE (IBSI)



MARCO NORMATIVO DE
PARÁMETROS RADIÓMICOS



DESAFÍOS EN LA TRASLACIÓN CLÍNICA

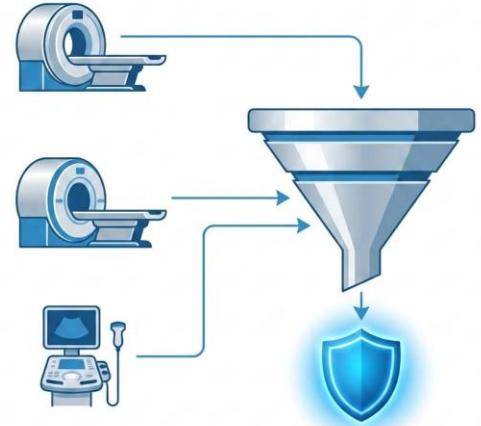


HARDWARE

RUIDO PROCEDENTE DE:

- ESCÁNER
- VOLTAJE
- RECONSTRUCCIÓN

EFFECTO NOTABLE SOBRE
CARACTERÍSTICAS DE
TEXTURA



DESAFÍOS EN LA TRASLACIÓN CLÍNICA

GLCM_JointEntropyLog10(IBSI:No)

GLCM_NormalisedInverseDifferenceMoment(IBSI:1QCO)

GLSZM_SmallZoneEmphasis(IBSI:5QRC)



PARÁMETROS ABSTRACTOS

NOMBRES COMPLEJOS
(GLSZM_LargeZoneHighGreyLevelEmphasis(IBSI:J17V))

VS

SIGNIFICADO FÍSICO,
BIOLÓGICO Y CLÍNICO
(bloques grandes, continuos y
homogéneos de alta
intensidad)

CONCLUSIONES



EXTRACCIÓN DE DATOS

Transformación de imágenes de rutina en matrices cuantitativas explotables.



CONTROL DE CALIDAD

El control exhaustivo del preprocesamiento y normalización es crítico para evitar falsos descubrimientos.



MULTIDISCIPLINAR

Sinergia entre perfiles técnicos (rigor estadístico) y clínicos (coherencia y accionabilidad).