EXP Tecnológica 2026

Formar
Servir
Cuidar

Clasificación de lesiones mamarias utilizando aprendizaje profundo en imágenes de resonancia magnética

Erika Alexandra García Barrios, Rubén Darío Fonnegra

Ingeniería de Software · Facultad de Ingeniería
Institución Universitaria Pascual Bravo

VIGILADA Mineducación

XXI SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENERGÍAS

icontec ISO 9001 SC 7134-1

icontec ISO 14001 SA-CER901605

IQNET CERTIFIED MANAGEMENT SYSTEM

Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

El cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en el mundo

2,29
millones de casos nuevos
en el mundo (2022)

666 mil
muertes
en el mundo (2022)

4.572
muertes
en Colombia (2022)

Colombia
30 a 59 años

9.155
casos nuevos

2.016
muertes

Fuente: tesis, p. 9 (Global Cancer Observatory, s. f.; datos de 2022)

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

EXPO Tecnológica 2026

Formar Servir Cuidar

La mamografía tiene límites y en Colombia se diagnostica tarde

ETAPA 1 · SCREENING

1 de 8

cánceres

pueden pasar inadvertidos en la mamografía convencional

ETAPA 2 · POTENCIAL MRI

DCE-MRI

mayor sensibilidad

pero de interpretación compleja y multifásica

ETAPA 3 · DIAGNÓSTICO EN COLOMBIA

7 de cada 10 etapa avanzada

104,5 días (mediana)

hasta la biopsia en Medellín

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

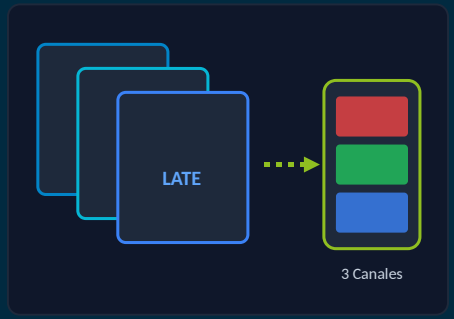
¿Puede el aprendizaje profundo ayudar a clasificar lesiones benignas y malignas en DCE-MRI?

Fuentes (tesis, pp. 10-13): ACS; López Plazas; Martínez-Pérez et al.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL: Implementar y evaluar modelos de aprendizaje profundo para clasificar lesiones mamarias benignas y malignas en DCE-MRI.

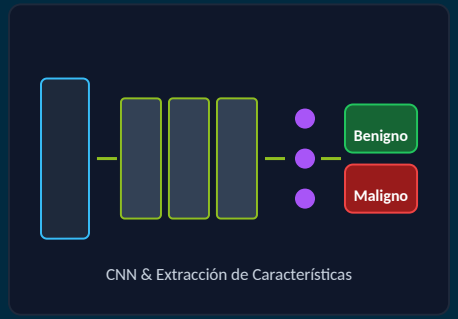
ETAPA 1 · PREPROCESAMIENTO



Preprocesamiento, normalización y representación multicanal

Integración temporal de secuencias de contraste DCE-MRI

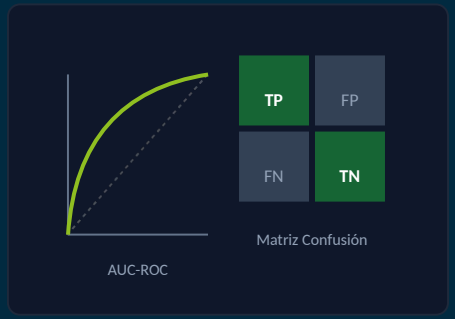
ETAPA 2 · APRENDIZAJE PROFUNDO



Comparación de arquitecturas de DL

Evaluación de ResNet50 y redes neuronales convolucionales

ETAPA 3 · EVALUACIÓN



Métricas cuantitativas

Sensibilidad, especificidad, F1-score y AUC-ROC

Metodología

Partición del Dataset BreastDM

232 PACIENTES (100 %) (85 Ben y 147 Malig)

1.722 SLICES DCE-MRI

Entrenamiento: 162 (69,83 %)	Val: 35 (15,09 %)	Prueba: 35 (15,09 %)

ENTRENAMIENTO

1.178 slices

Benigno (36,4 %) 59

Maligno (63,6 %) 103

VALIDACIÓN

274 slices

Benigno (37,1 %) 13

Maligno (62,9 %) 22

PRUEBA

270 slices

Benigno (37,1 %) 13

Maligno (62,9 %) 22

Sin fuga de datos entre subconjuntos

Hold-out estratificado por paciente · Todos los slices de un paciente pertenecen a una sola partición



Conjunto público BreastDM (Zhao et al., 2023).

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

Metodología

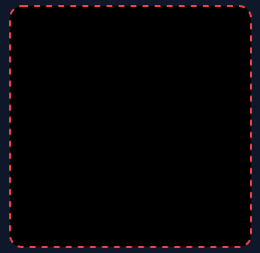
EXP Tecnológica 2026

Formar Servir Cuidar

Tres Fases de Contraste Combinadas como Imagen RGB Multicanal

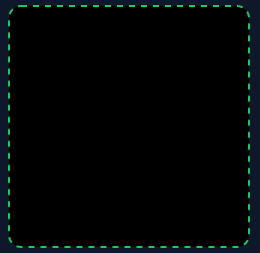
FUSIÓN TEMPORAL DCE-MRI · ASIGNACIÓN DE CANALES R, G, B

CANAL R · PRE



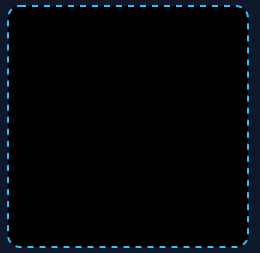
Precontraste
256 × 256

CANAL G · EARLY



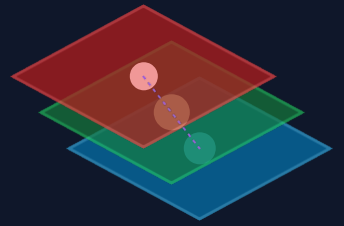
Contraste temprano
256 × 256

CANAL B · LATE



Contraste tardío
256 × 256

Representación de 3 canales



Tensor Multicanal RGB
256 × 256 × 3 (Entrada DL)

PIPELINE DE PREPROCESAMIENTO



Z-score
Normalización



Recorte p1–p99
Percentiles

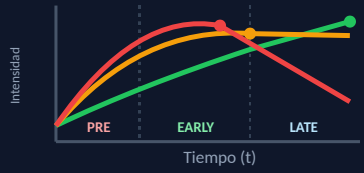


Redimensionado
300×300 → 256×256



Aumento
Rotación (12) / Volteo (H) / Translación (5)

Patrones de realce (esquema conceptual)



Persistente (Tipo I)
Meseta (Tipo II)
Lavado (Tipo III)

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

Metodología

EXPO Tecnológica 2026

Formar Servir Cuidar

Tres Arquitecturas Entrenadas para Reducir Falsos Negativos

ResNet50
Conexiones Residuales Skip



50 capas · Bloques cuellos de botella

EfficientNet-B3
Escalado Compuesto (d · w · r)



MBConv1 / MBConv6 + SE Blocks
Coeficiente compuesto α · β^γ = 1.8

Balance óptimo de precisión y parámetros

MobileViT-S
Híbrido CNN + Transformer



Captura de relaciones globales y contextuales

Transfer Learning
Pesos preentrenados + ajuste fino progresivo

Optimización
AdamW (CosineAnnealingLR clipping 1,0)

Focal Loss
α = 0,6 · γ = 2,0
Enfoque en casos difíciles

Calibración
isotónica + Umbral de decisión

AUC-ROC | Sensibilidad (TPR) | Especificidad (TNR) | F1-Score | Grad-CAM (Explicabilidad)

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

EXPO Tecnológica 2026

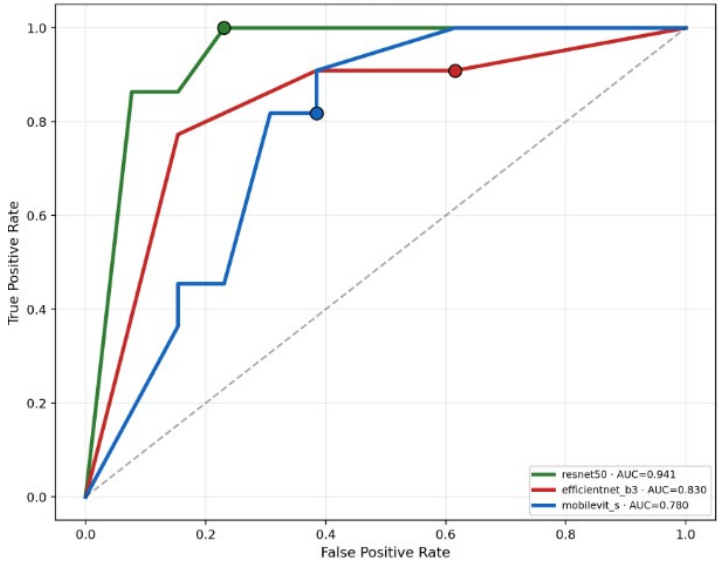
Formar Servir Cuidar

Resultados

DESEMPEÑO GLOBAL DE CLASIFICACIÓN (AUC-ROC)



CURVAS ROC DE CADA ARQUITECTURA



Mayor capacidad discriminativa: **ResNet50 (AUC-ROC de 0,941)**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

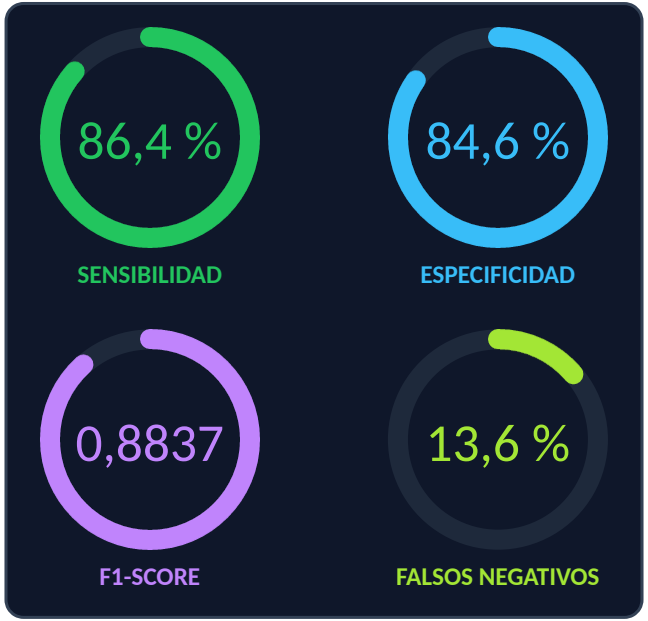
Resultados

EXP Tecnológica 2026

Formar Servir Cuidar

ResNet50 identificó 19 de 22 casos malignos en prueba

	Pred. maligno	Pred. benigno
Real maligno	**19** verdaderos positivos	**3** falsos negativos
Real benigno	**2** falsos positivos	**11** verdaderos negativos

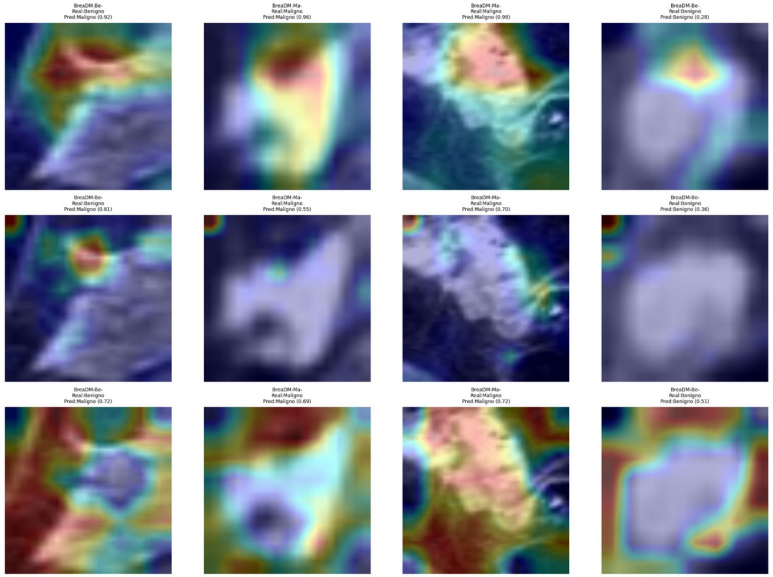


35 pacientes | AUC calibrado: **0,897** | IC 95 %: [0,766; 0,992]

Resultados

ResNet50 se enfoca sobre la lesión

Grad-CAM en imágenes de prueba, experimento 4 (tesis, Fig. 19)



ResNet50

Activaciones concentradas en regiones de la lesión

EfficientNet-B3

Activaciones localizadas con variabilidad espacial

MobileViT-S

Activaciones más extendidas y menos focalizadas

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Acreditados en Alta Calidad

EXP Tecnológica 2026

Formar Servir Cuidar

Conclusiones

El aprendizaje profundo es una aproximación viable en DCE-MRI

- ResNet50 fue la arquitectura más consistente
- PRE-EARLY-LATE aporta información temporal del contraste
- Normalización por estudio, calibración y Grad-CAM complementan la evaluación

Limitación
No es una validación clínica ni una herramienta diagnóstica autónoma; dataset pequeño

Trabajo futuro
Validación multicéntrica con bases de datos más grandes

XXI SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENERGÍAS

Alcaldía de Medellín
Distrito de Ciencia, Tecnología e Innovación

Referencias

(Zhao et al., 2023). BreastDM: A DCE-MRI Dataset for Breast Tumor Image Segmentation and Classification, Xiaoming Zhao; Yuehui Liao; Jiahao Xie; Xiaxia He; Shiqing Zhang*; Guoyu Wang*; Jiangxiong Fang; Hongsheng Lu; Jun Yu. Computers in Biology and Medicine, Doi:10.1016/j.compbiomed.2023.107255, 2023.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®
Acreditados en Alta Calidad

Formar
Servir
Cuidar

EXP Tecnológica 2026

¡ GRACIAS !

XXI SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENERGÍAS

Contacto!

Más de mi

e.garcia1565@pascualbravo.edu.co

ortafolio: https://pandorariot.github.io
MiPortafolio/

Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

10. Anexos

Anexo A. Repositorio del proyecto y código fuente desarrollado en GitHub
Link:
https://github.com/PandoraRiot/MRI_BreastCancer_Classification/blob/main/experimentos/experimento5/figuras/gradcam_outputs/fig_gradcam_clinical_final.png

Anexo B. Base de datos pública BreastDM (ROI) utilizada durante el desarrollo experimental.
Link: https://drive.google.com/file/d/1rKps09z1DEkfiICZlpIBOFek-LZ1vFAC/view