

Procesamiento y análisis de imágenes y señales en función de la salud y el bienestar

Alberto Taboada Crispi



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
(UCLV), **Cuba**



Vengo de Cuba/UCLV/FMFC/CII/PAIS



Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV)

- Facultad de Matemática, Física y Computación (FMFC): VDIP
 - Centro de Investigaciones de la Informática (CII): SIP+IA+PAIS
 - Laboratorio de Procesamiento y Análisis de Imágenes y Señales (**PAIS**): tiene entre sus misiones el **procesamiento y análisis de imágenes y señales en función de la salud y el bienestar**



Procesamiento de imágenes

Análisis de imágenes

Visión computacional

Adquisición o generación de imágenes (modalidades)

- Fotografías
 - Directas, ej. de la piel, del pie
 - Fondo de ojo (retina)
 - Microscopía celular, e.g. del cuello uterino, eritrocitos
- Películas radio-crómicas
- Rayos X
 - Tomografía computadorizada
 - Mamografía
 - Radiografías, ej. cadera, tórax
- Patrones 2D, 3D, etc.
 - Video a señales respiratorias
 - Neuronas trazadas
 - "Video" de señales EMG
- Otras: US, RMN, SPECT, PET...

Mejora o análisis de la calidad

- Reducción de ruidos y artefactos
- Mejora del contraste y detalles

Extracción y selección de rasgos

- De intensidad
- De color
- De forma, luego de segmentar
- De textura
- Rasgos locales (esquinas, *blobs*)
- Con descriptores locales

Clasificación

- De lunares, o lesiones en la piel
- De células
- De neuronas

Detección de objetos y estructuras de interés

- Lunares, lesiones, anomalías
- Cabeza u otras partes del cuerpo, puntos sobre cadera
- Estructuras en fondo de ojo
 - Disco y copa óptica
 - Mácula y fovea
 - Vasos sanguíneos
 - Microhemorragias, exudados...

Seguimiento de puntos o estructuras de interés

- Sobre el pecho
- Sobre otras estructuras...

Aplicaciones para salud y bienestar

- Análisis de lesiones de piel (melanoma)
- Prueba (citológica) de Papanicolau
- Estudios de malaria

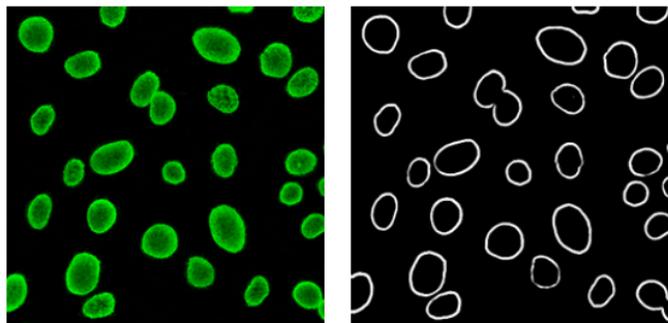
- Generación de mapas iso-dosis
- Estudios de mamografía (CF y clasif.)
- Diagnóstico de la displasia del desarrollo
- Estudios de afecciones respiratorias

- Clasificación de neuronas trazadas
- Control de prótesis mioeléctricas
- Análisis de imágenes de retina y cornea
- Clasificación de úlceras de pie diabético
- Modelac. activ. inhib. aldosa reductasa

PAIS hace procesamiento/análisis de imágenes y VC

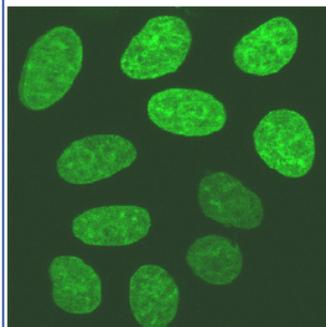
Procesamiento de imágenes

entrada: imagen → salida: imagen



Análisis de imágenes

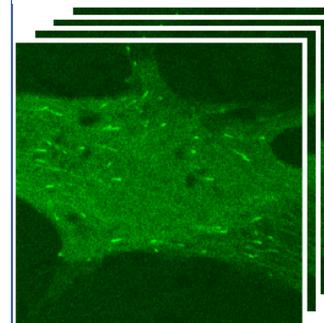
entrada: imagen → salida: rasgos



Obj	Area	Perim
1	324.2	98.5
2	406.7	140.3
3	487.1	159.2
4	226.3	67.8
5	531.8	187.6
6	649.5	203.1
7	582.6	196.4
8	498.0	162.9
9	543.2	195.1

Visión computacional

entrada: imagen → salida: interpretación

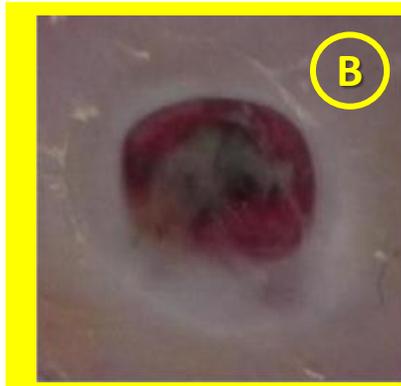


The series shows microtubule growth in a live neuron. The average speed of the distal ends is comparable in the cell body, dendrites, axons, and growth cones.

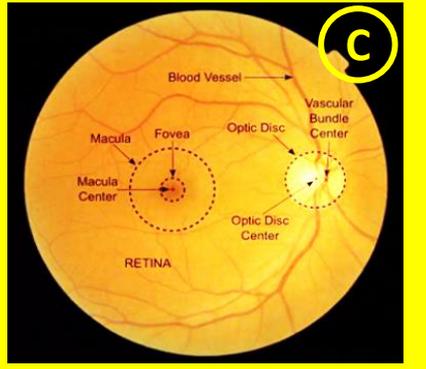
Trabajando con varias modalidades de imágenes



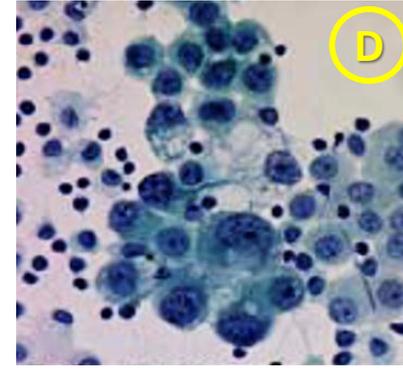
A



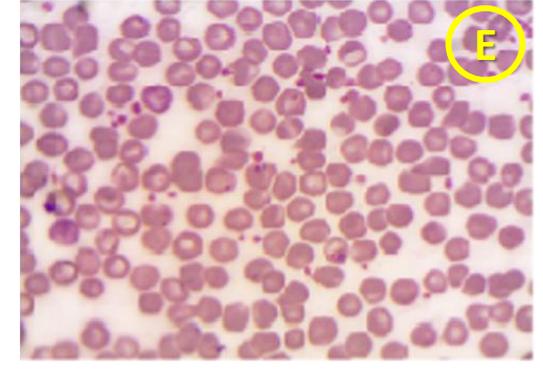
B



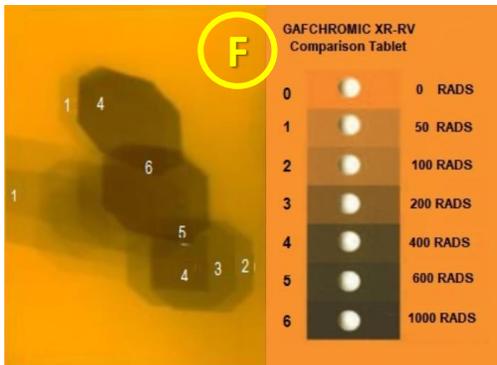
C



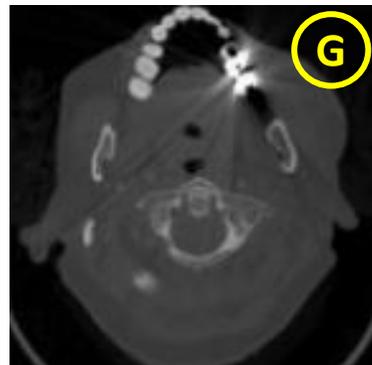
D



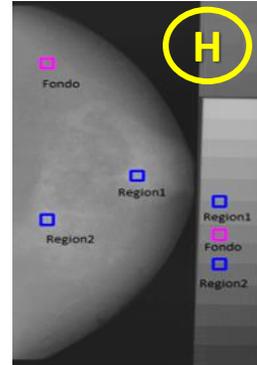
E



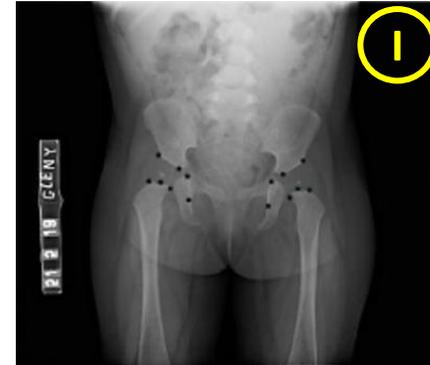
F



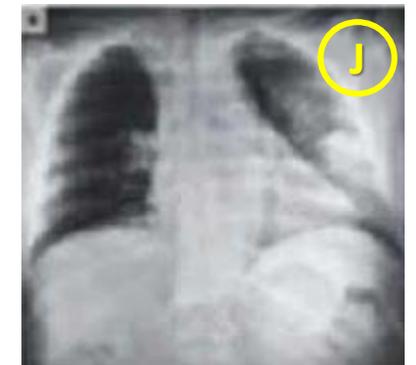
G



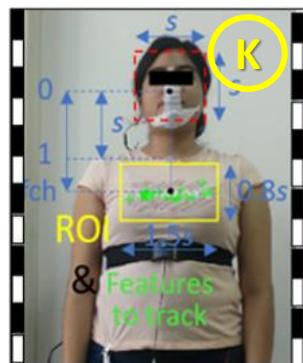
H



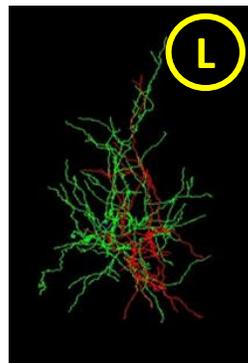
I



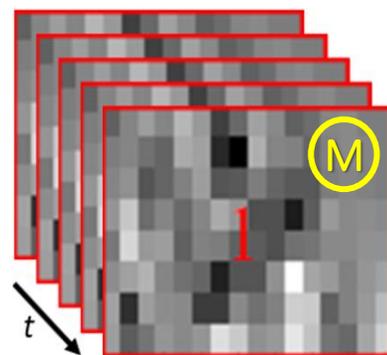
J



K



L

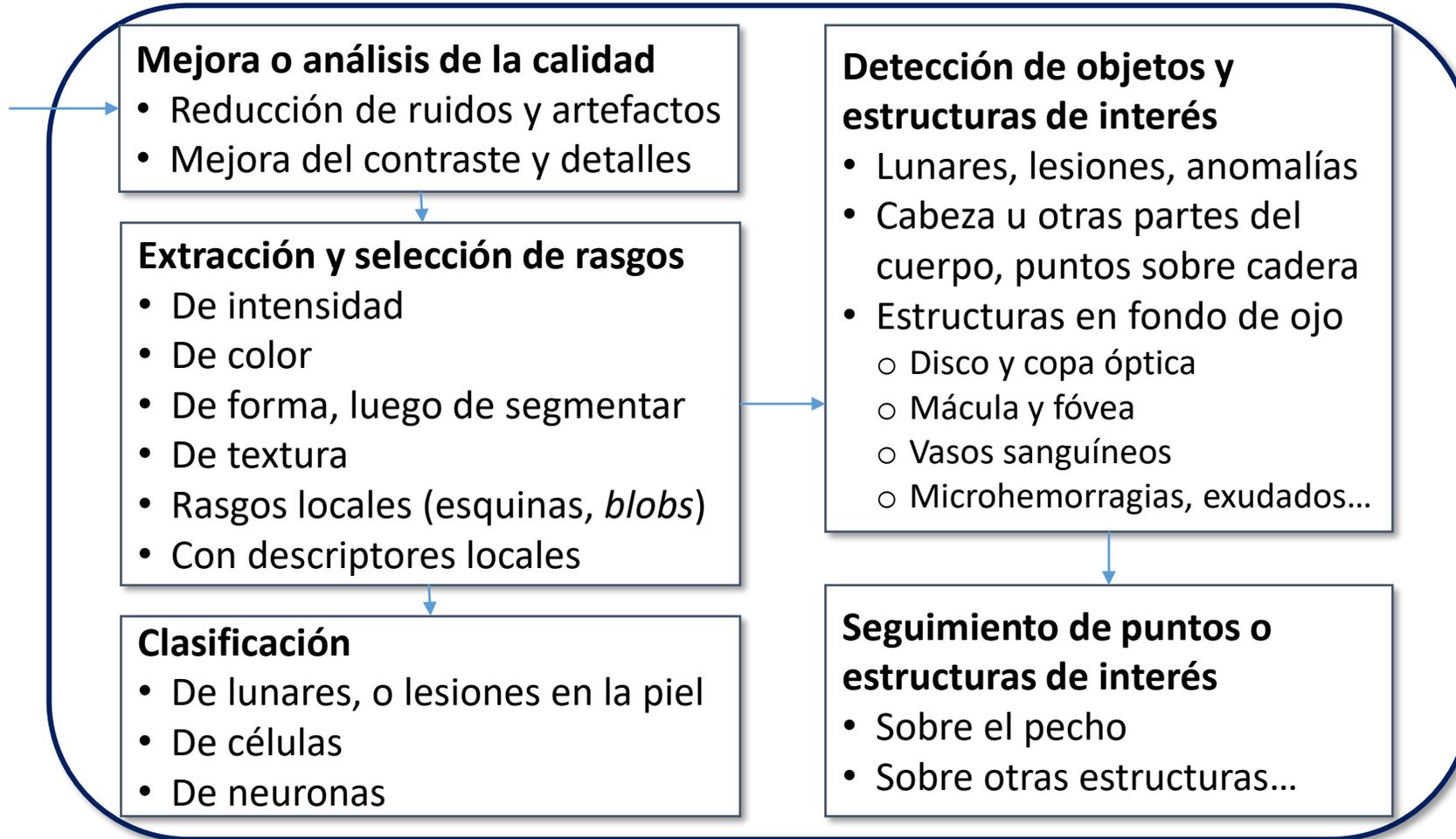


M

Leyenda

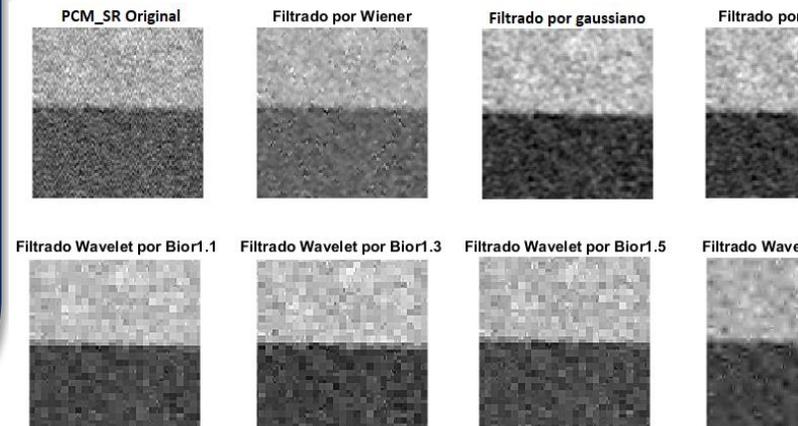
- A. Foto de lunar
- B. Foto de úlcera de pie diabético
- C. Fondo de ojo (retina)
- D. Células del cuello uterino
- E. Eritrocitos contaminados
- F. Película radio-crómica
- G. Tomografía computadorizada
- H. Mamografía de maniquí antrop.
- I. Radiografía de cadera
- J. Radiografía de tórax
- K. Video a señales respiratorias
- L. Neuronas trazadas
- M. "Video" de señales EMG

Aplicando algoritmos diversos de mejora/análisis de calidad



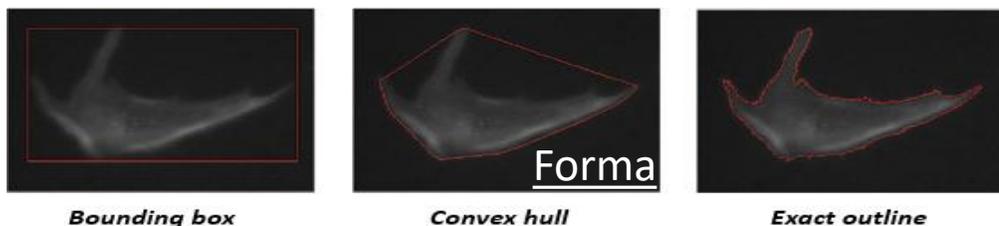
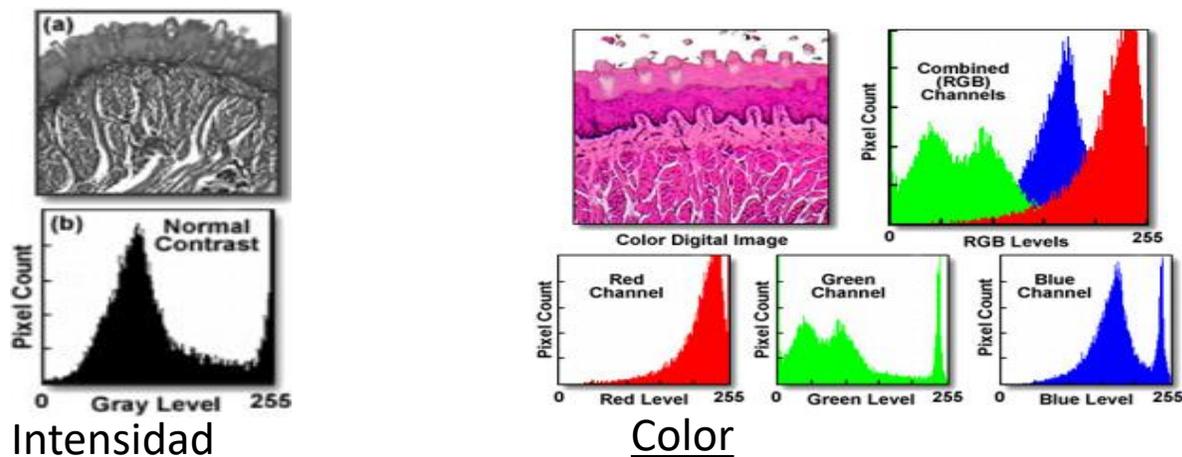
• Mejora o análisis de la calidad

- Filtrado (lineal y no lineal) de ruidos
- *Denosing* con Wavelets y WP
- Eliminación de artefactos metálicos
- Suavizado y énfasis de bordes
- Manipulación de histogramas
- Métricas de calidad
- ...



Aplicando algoritmos diversos de detección/extracción de rasgos, clasificación

• Detección y extracción de rasgos

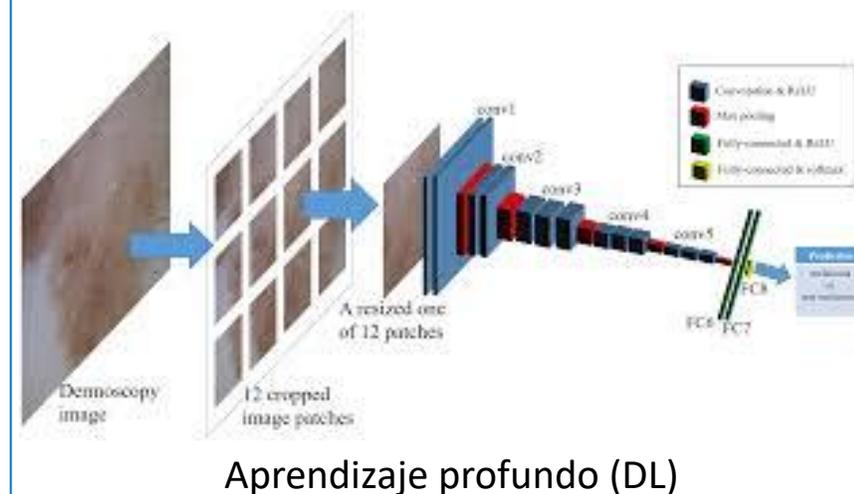
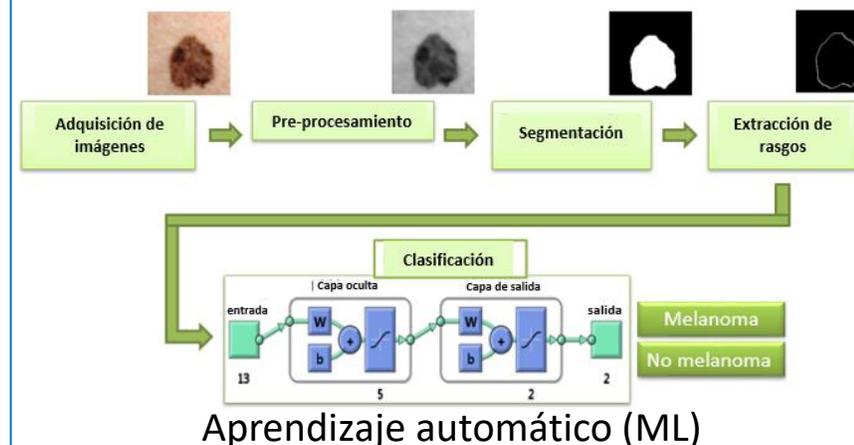


Textura
GLCM, RLM,
WT, GMRF



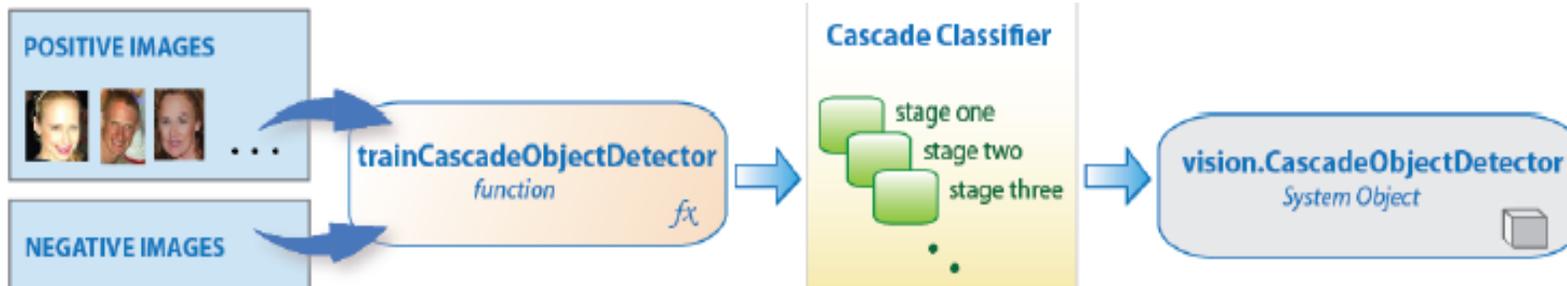
FAST, Harris, ORB, Shi & Tomasi; SURF, KAZE, MSER;
Descriptores: SURF, KAZE, FREAK, BRISK, ORB, HOG.

• Clasificación



Aplicando algoritmos diversos de detección/seguimiento de objetos

- **Detección de objetos** – localiza objeto de interés en una imagen fija



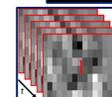
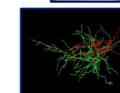
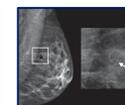
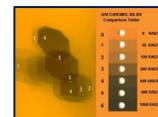
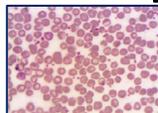
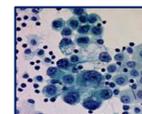
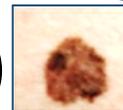
Hitos de los algoritmos de detección de objetos	
año	algoritmos tradicionales
2001	detector de Viola-Jones
2005	det. Histog. gradientes orientados (HOG)
2008	modelo basado en parte deformable (DPM)
2010	DPM + regresión de caja contenedora
2010	algoritmos de aprendizaje profundo
2012	AlexNet
	detectores de dos etapas
2014	regiones con CNN (RCNN)
2014	combinac. pirámides espac. (SPPNet)
2015	RCNN rápida
2015	RCNN más rápida
2016	YOLO (you only look once)
2016	det. multicaja disparo único (SSD)
2017	redes de pirámides de rasgos
2017	YOLO (you only look once)
	detectores de una etapa
2017	Retina-Net
Motores de detección: AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet, DenseNet, SENet, ResNeXt, Xception. Estrategias de rasgos: fusión, alta resolución. Más allá de la ventana deslizante: búsqueda de subregiones, localización de puntos claves. Mejoras de localización: refinamiento de la caja contenedora, y de las funciones de pérdida. Aprendizaje con segmentación semántica, detección robusta de rotación y cambios de escala, entrenamiento de scratch y adversarial...	

- **Seguimiento de objetos** – localiza uno o varios objetos en movimiento en un video. Requiere detección, predicción y asociación de datos. Ej: KLT, Kalman, filtro de partículas, filtro alfa-beta, ...

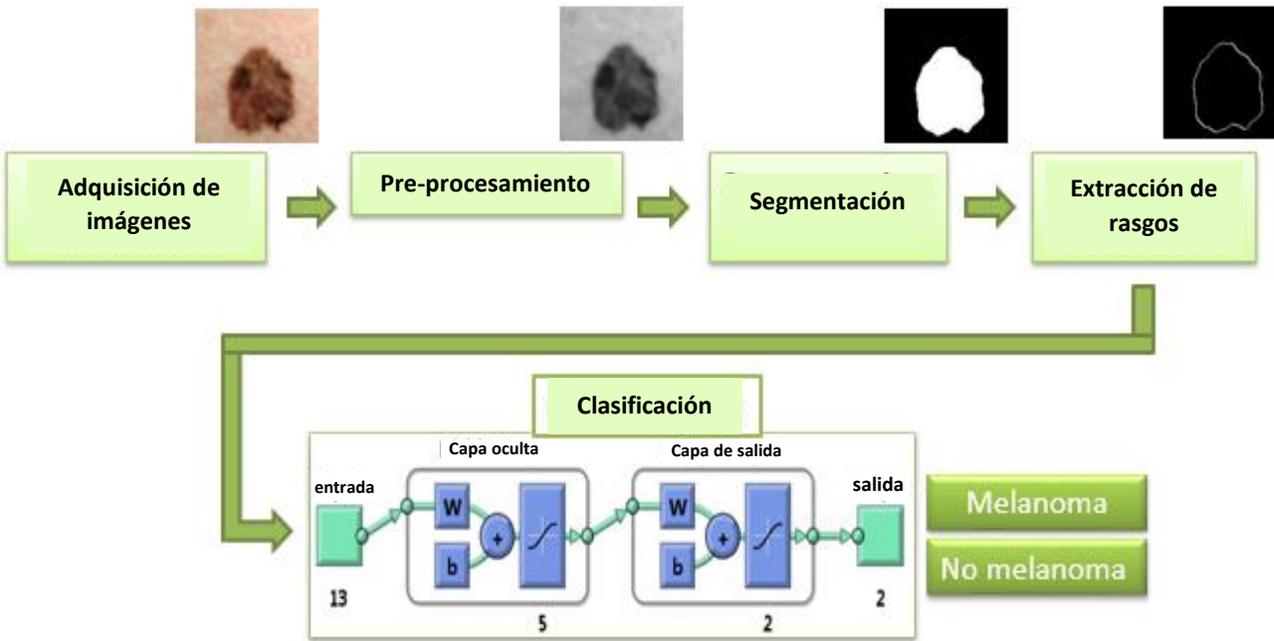


Para obtener aplicaciones para salud y bienestar

- Análisis de lesiones de piel (melanoma)
- Prueba (citológica) de Papanicolau
- Estudios de malaria
- Generación de mapas iso-dosis
- Estudios de mamografía (CF y clasif.)
- Diagnóstico de la displasia del desarrollo
- Estudios de afecciones respiratorias
- Clasificación de neuronas trazadas
- Control de prótesis mioeléctricas
- Análisis de imágenes de retina y cornea
- Clasificación de úlceras de pie diabético
- Modelac. activ. inhib. aldosa reductasa



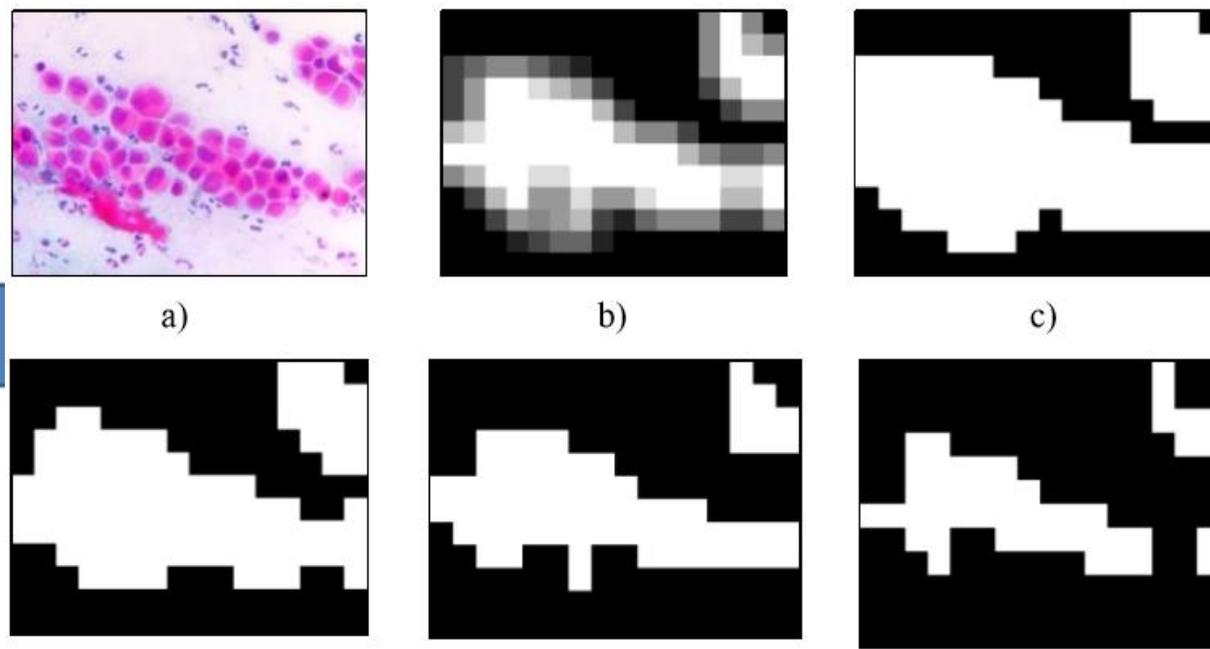
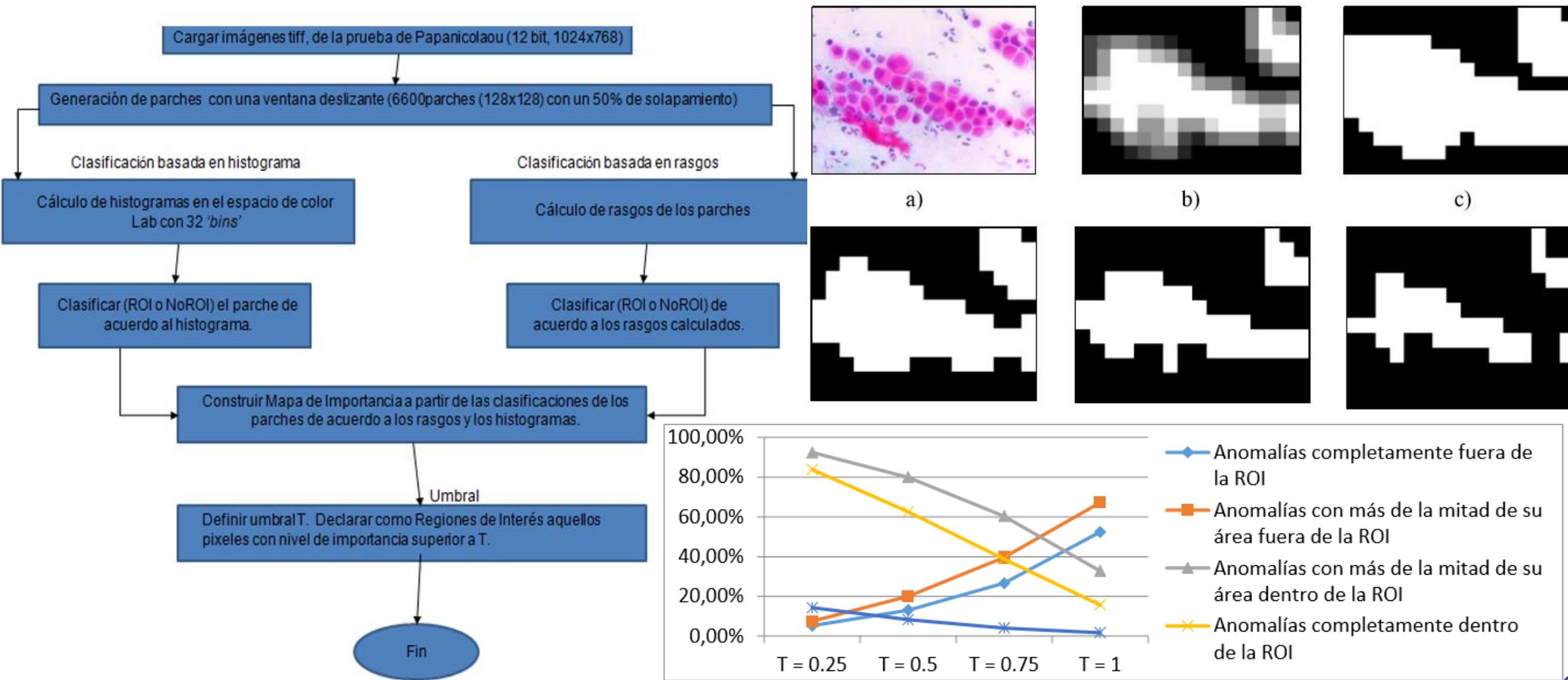
Análisis de lesiones de piel (melanoma)



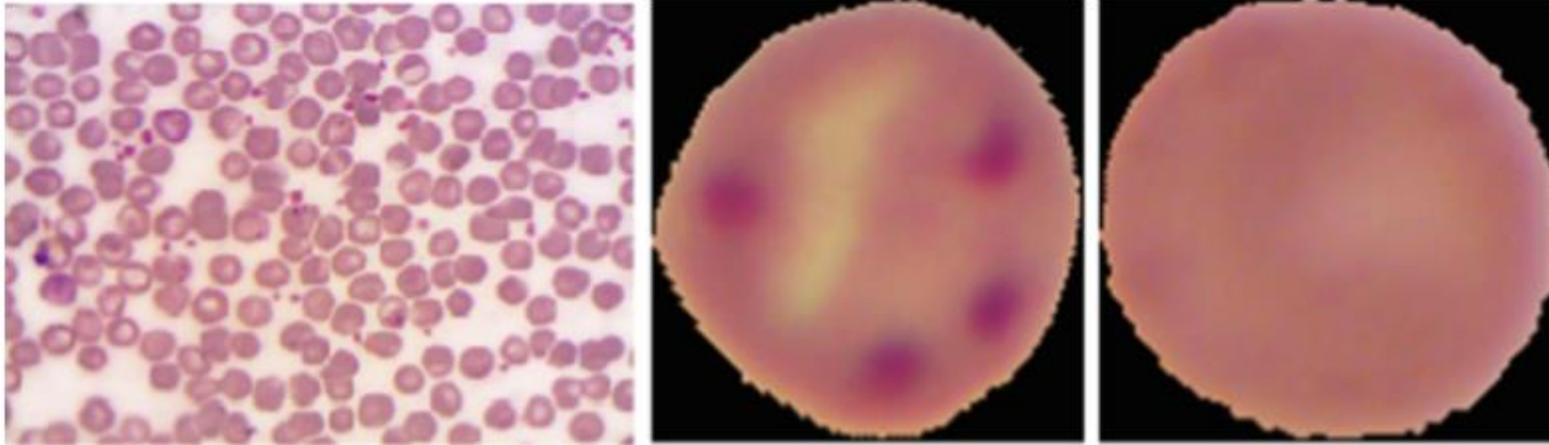
Asimetría, Bordes, Color, y Dimensión

- p of lesion
- A of lesion
- $pa=1000 \cdot p/A$
- $Abb=m \cdot n$
- $pbb=2 \cdot (m+n)$
- variance of lesion, varlun
- median of lesion, medlun
- $sdu=100 \cdot (\max(sdu,sdd)/\min(sdd,sdu)-1)$
- $sdlr=100 \cdot (\max(sdl,sdr)/\min(sdl,sdr)-1)$
- $mud=100 \cdot (\max(mu,md)/\min(mu,md)-1)$
- $mlr=100 \cdot (\max(ml,mr)/\min(ml,mr)-1)$
- $Aud=100 \cdot (\max(Au,Ad)/\min(Au,Ad)-1)$
- $Alr=100 \cdot (\max(Al,Ar)/\min(Al,Ar)-1)$

Prueba (citológica) de Papanicolau



Estudios de malaria



<i>CfsSubsetEval</i> method		<i>InfoGainAttributeEva</i> , first 20 ranked features,			
1	Pixels fraction HSI	1	Pixels fraction HSI	11	Variance, H
2	Pixels fraction La*b*	2	Pixels fraction RGB	12	Variance, R
3	Pixels fraction RGB	3	Pixels fraction La*b*	13	Skewness, R
4	Variance, G	4	Skewness, G	14	Skewness, L
5	Skewness, R	5	Skewness, a*	15	Skewness, H
6	Skewness, B	6	Skewness, S	16	Kurtosis, H
7	Mean, R	7	Variance, S	17	Kurtosis, R
8		8	Variance, a*	18	Kurtosis, L
9		9	Variance, G	19	Skewness, B
10		10	Variance, L	20	Skewness, b

Classifier	CCR	Sp	Se	F-measure	AUC
SVM	95.13	0.85	0.99	0.97	0.93
RF	99.95	1.00	1.00	1.00	1.00
J48	100.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LDA	94.27	0.84	0.99	0.96	0.96
KNN, K = 1	96.20	0.91	0.97	0.97	0.95
KNN, K = 3	96.18	0.90	0.98	0.97	0.96
NB	98.50	0.95	0.98	0.99	0.99

clasificación con 7 mejores rasgos seleccionados por InfoGainAttributeEva

Classifier	CCR	Sp	Se	F-measure	AUC
SMO, con Puk	94.78	0.84	1.00	0.96	0.92
Random Forest	99.93	1.00	1.00	1.00	1.00
J48	100.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LDA	91.45	0.74	1.00	0.94	0.97
KNN, K = 1	93.80	0.87	0.97	0.95	0.92
KNN, K = 3	94.82	0.86	0.99	0.96	0.95
Naive Bayes	98.67	0.96	1.00	0.99	0.99

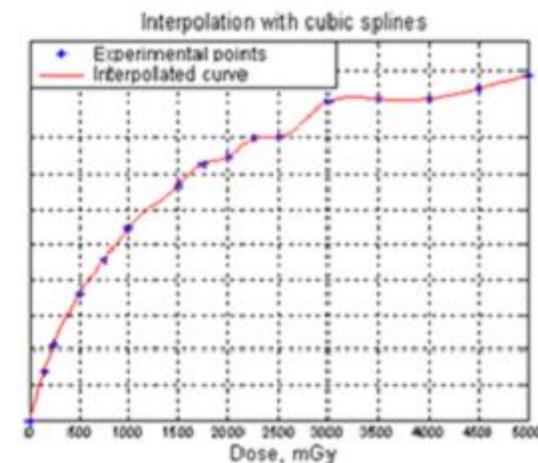
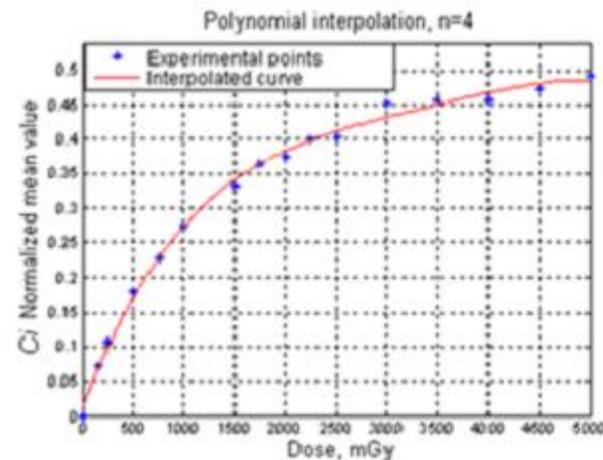
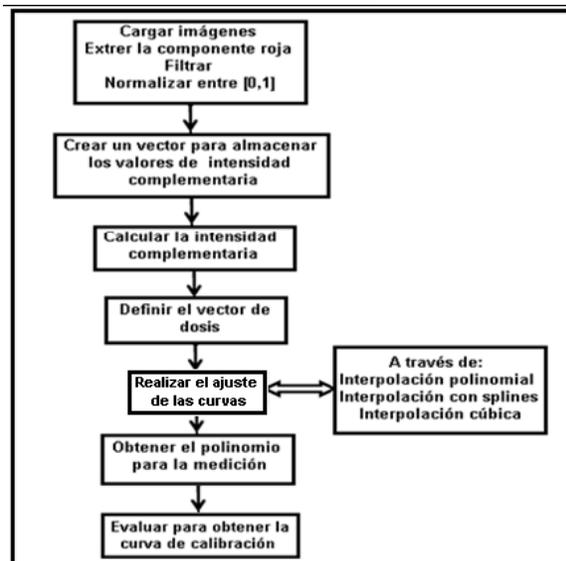
clasificación con rasgos seleccionados por CfsSubsetEval (Greedy Stepwise)



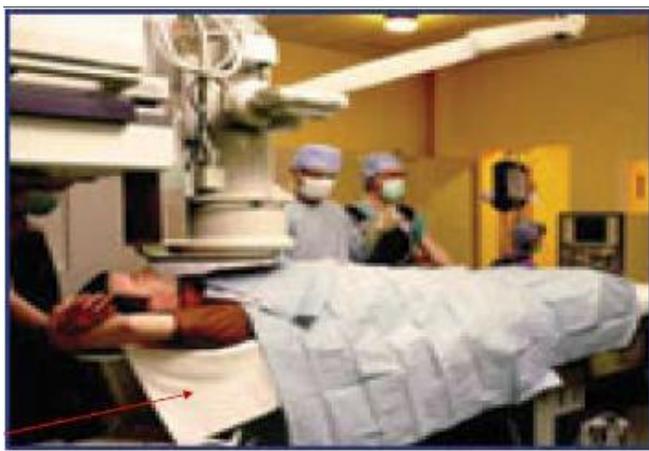
Generación de mapas iso-dosis



Imágenes para calibración



Curvas Ci vs. dosis para ambos métodos de interpolación



Posicionamiento de la película

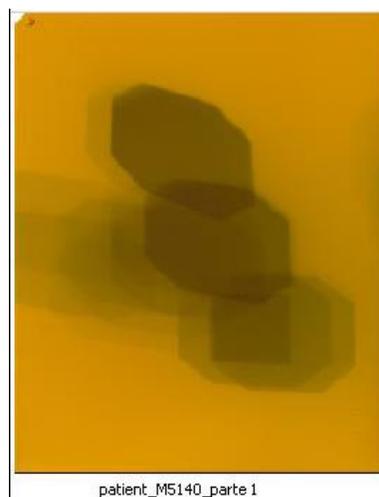
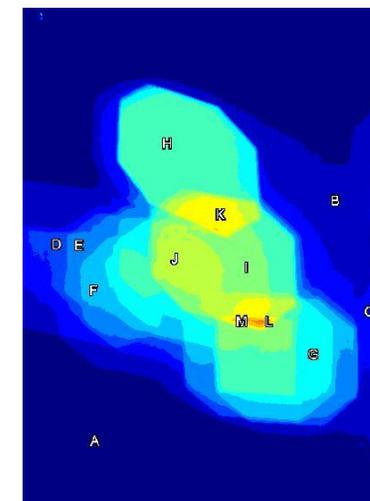
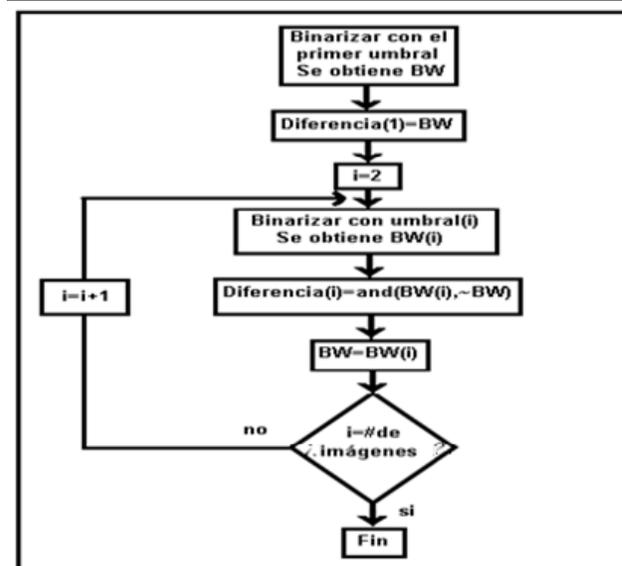
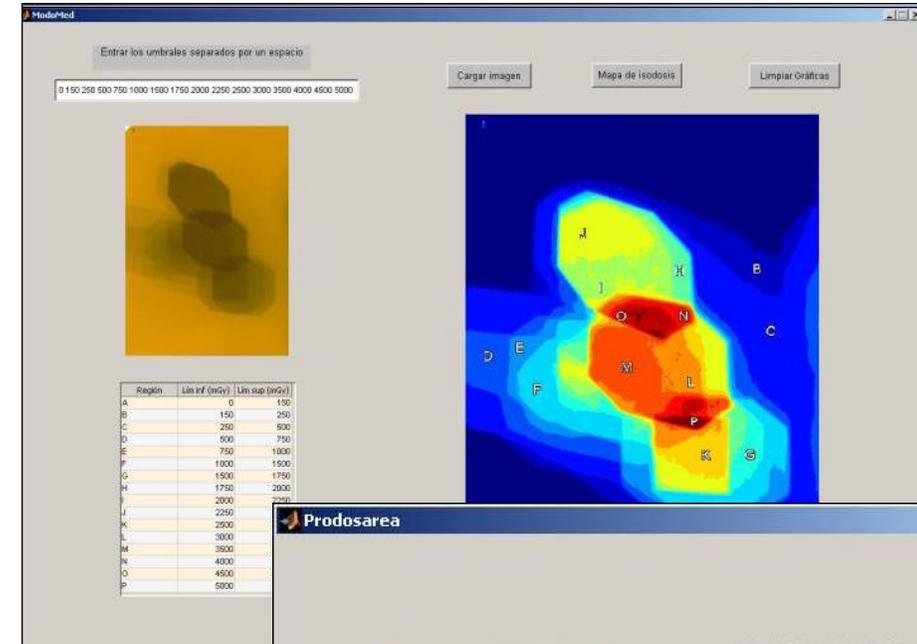
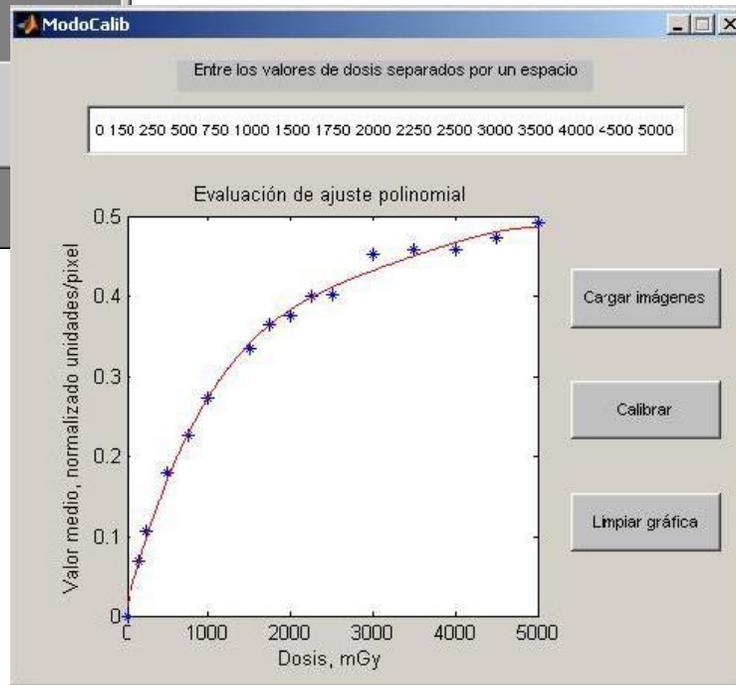
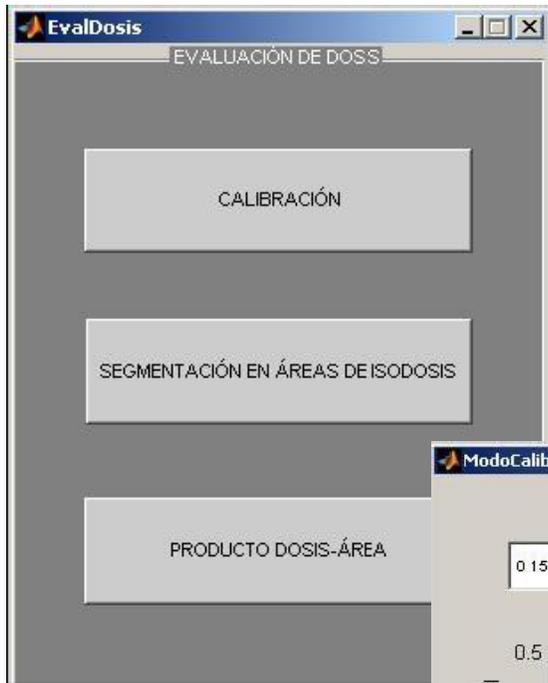


Imagen para medición



Mapa de iso-dosis

Generación de mapas iso-dosis

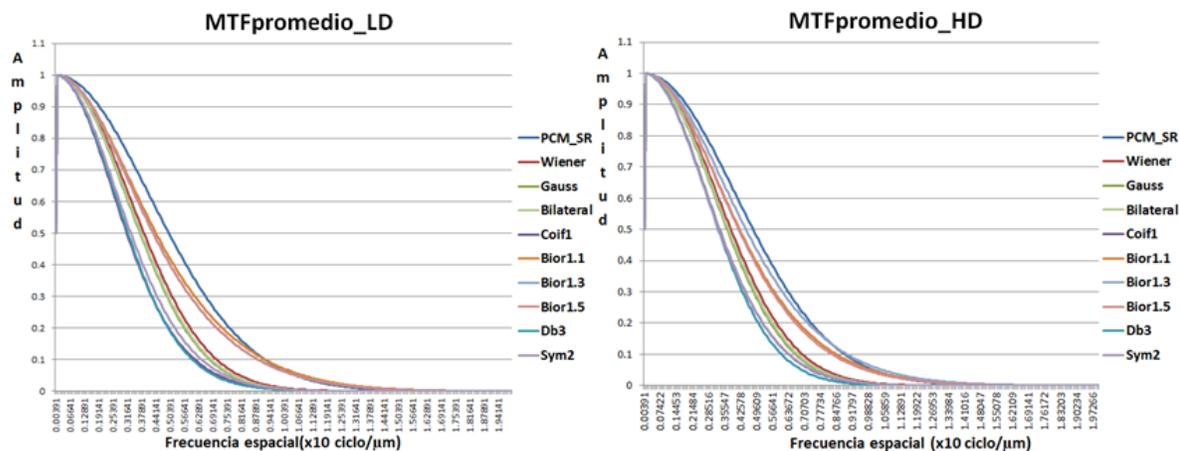
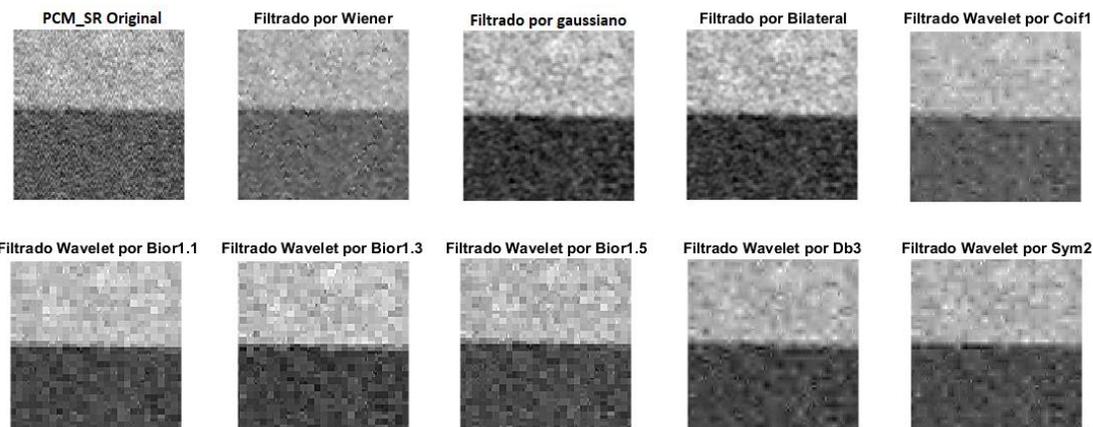
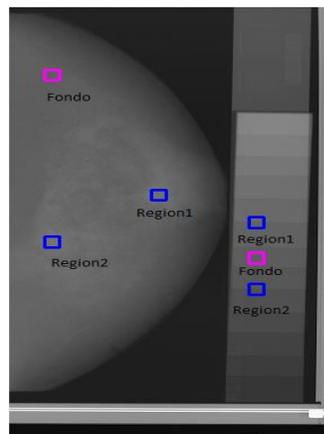


- Ruiz González Y, Rodríguez Ledesma S, Paz Viera JE, Lorenzo Ginori JV. [Iso-dose map generation and dose-area product calculation through digital image processing of scanned irradiated radiochromic films](#). *Rev Cuba de Fis.* 2020;38(2):101-7

Mamografía por contraste de fase



Maniquí antropomórfico RMI 165



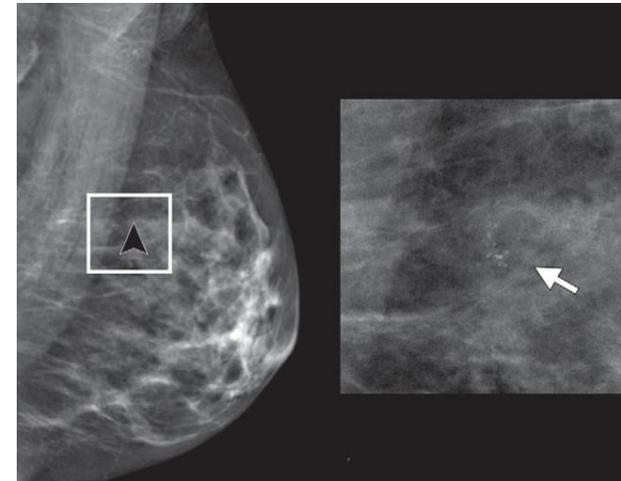
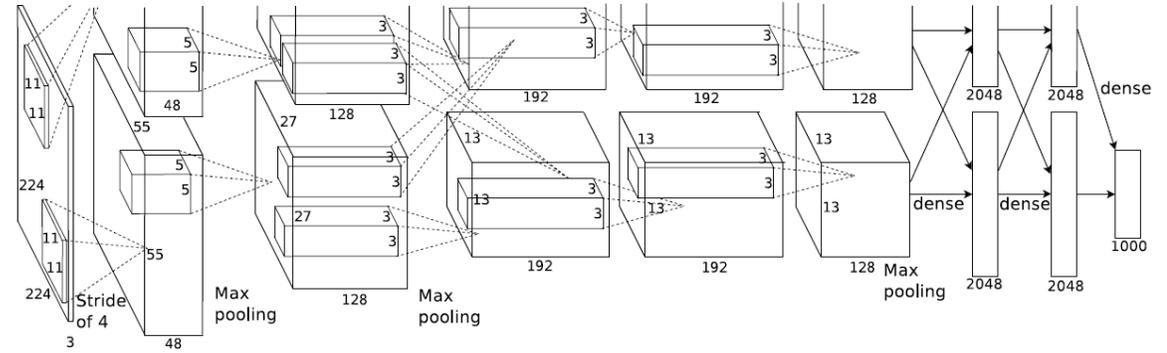
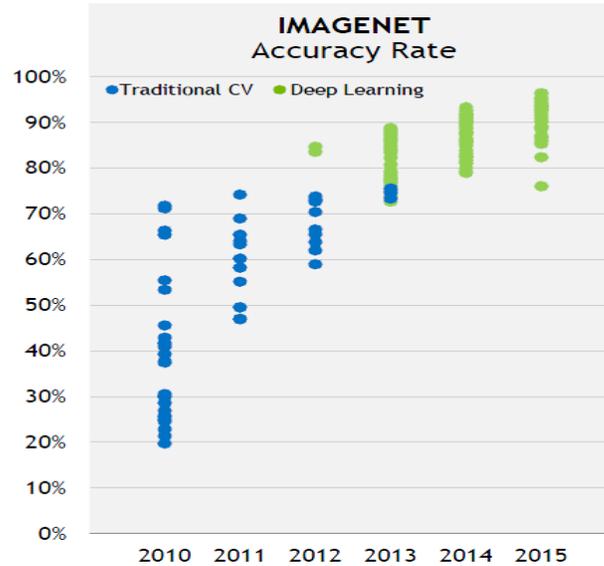
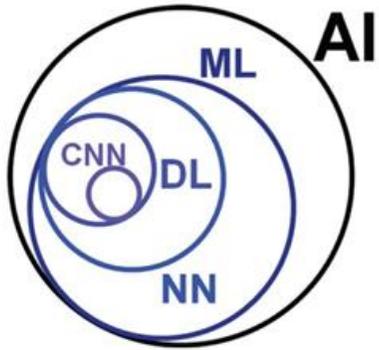
Gráficas de las curvas MTF promedio para imágenes filtradas y sin filtrar

El contraste de fase (CF) utiliza los rayos X, aprovechando sus propiedades ondulatorias (onda coherente que no solo se atenúa, sino que puede interferir, difractarse y cambiar de fase).

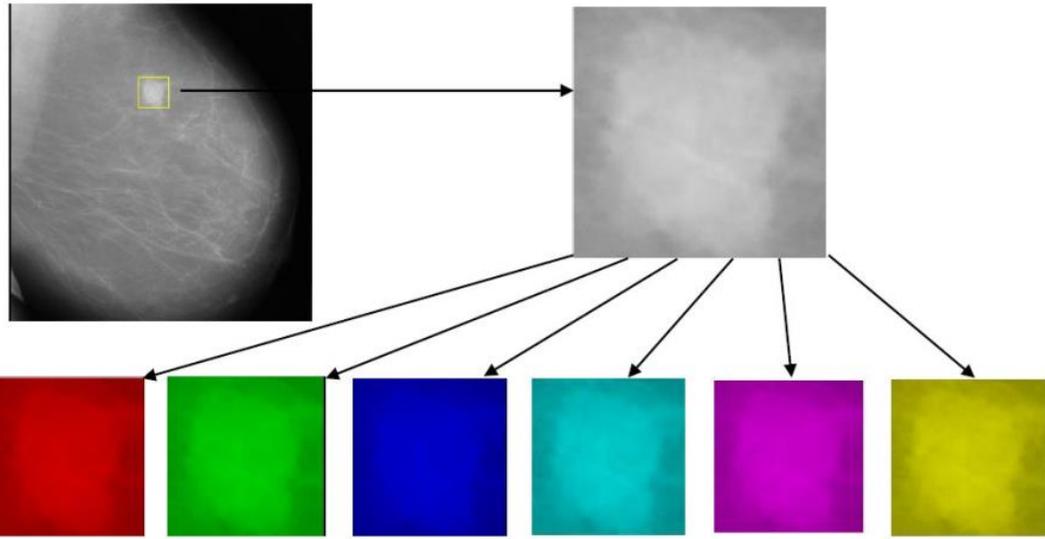
Las imágenes de CF son superiores en contraste y detección de pequeños detalles, pero muestran más ruido aleatorio que las actuales equipos de mamografía.

- Ruiz González Y, Brizuela-Cardoso, J.D., Pérez Díaz M. [Noise Reduction in Phase-Contrast Mammography Images with Synchrotron Radiation](#). *IFMBE Proc.* 2019;75(1):361-6.
- Márquez Díaz JG, Orozco Morales R, Lorenzo Ginori JV, Pérez Díaz M. [Evaluación de calidad de imagen tomografía computarizada con contraste de fase usando haces de sincrotrón y reconstruida por métodos iterativos](#). *Rev Cuba de Fis.* 2020;37(2):88-94

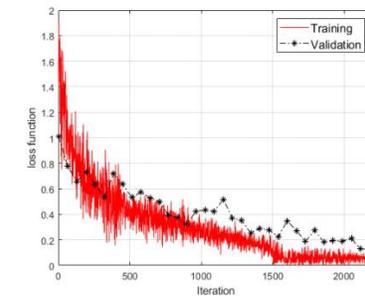
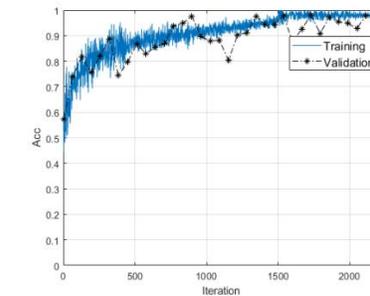
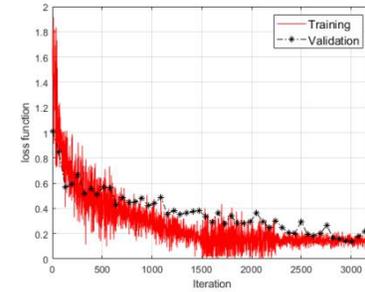
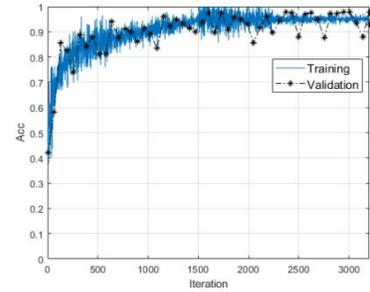
Clasificación de cáncer de mamas



Clasificación de cáncer de mamas



Aumento de datos
Aprendizaje por transferencia
Inception v3



Clasificación en tres clases
Precisión = 96,7%, Sensibilidad = 88,6%, Especificidad = 98,0%,
AUC = 93,3% en la detección de lesiones en 138 de imágenes de prueba.

Clasificación binaria (maligno y benigno)
Precisión = 91,3% en conjunto de prueba, Sensibilidad = 93,3%,
Especificidad = 90,3%, AUC = 91,8% en la detección de lesiones en 46 imágenes.



Diagnóstico de la displasia del desarrollo

Displasia del desarrollo de la cadera = afección más frecuente del desarrollo del sistema músculo-esquelético. El éxito de su tratamiento depende del **diagnóstico radiográfico precoz**.

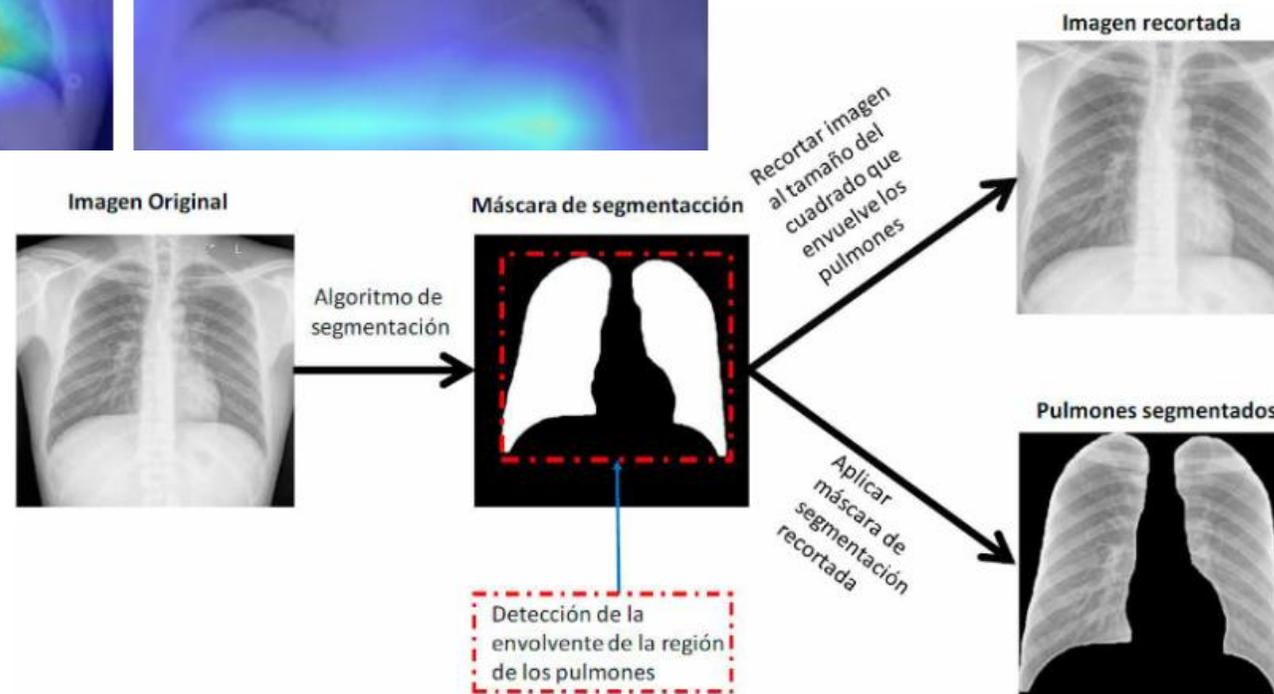
1. se implementa algoritmo de **coincidencia de plantillas** para encontrar la **escala** en las imágenes digitalizadas.
2. se utiliza **Viola-Jones** para detectar automáticamente la **zona de la metáfisis**, en la región derecha e izquierda.
3. se ubican los puntos de interés y se realiza el **trazado de las líneas** necesarias: línea de Hilgenreiner (h), techo acetabular (t), Perkins (p), V, CE, B, 1B, 2B.
4. se **mide**: índice acetabular, migración de Reimers, cuadrantes de Ombredanne, ángulo CE de Wiberg y primera y segunda bisectriz.
5. A partir de los resultados de las mediciones, se implementa un **sistema experto** basado en reglas, que el especialista puede tomar en cuenta por para el diagnóstico.
6. estos procedimientos se implementaron en **ddc-CALC**



Identificación de COVID-19 a partir de CXR



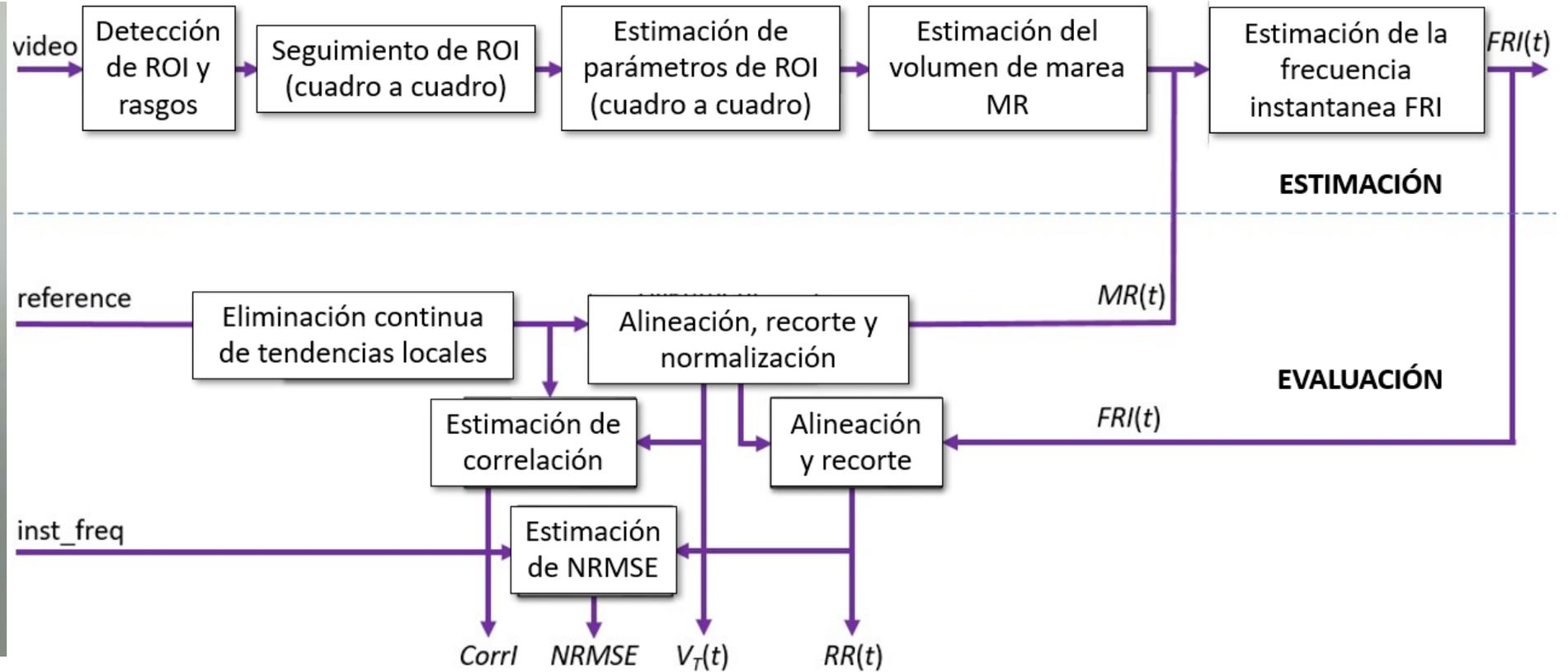
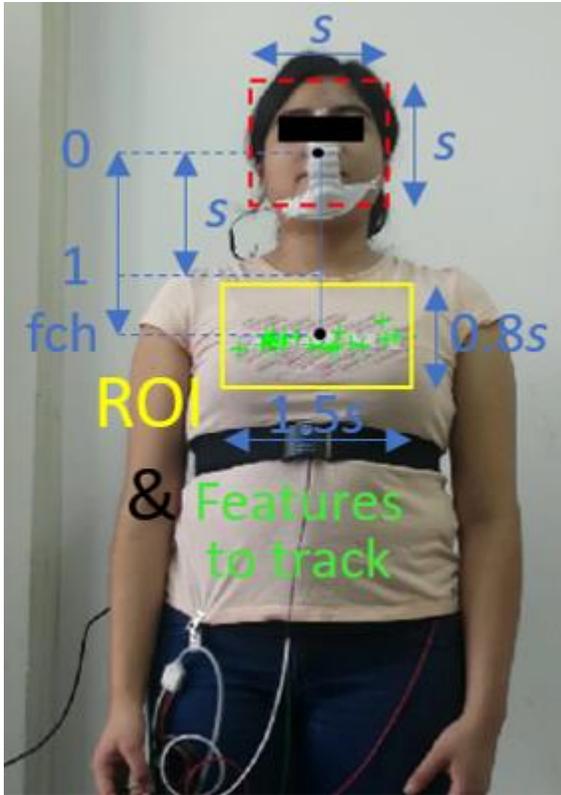
Existe limitado conjunto público de imágenes CXR positivas a COVID-19 en Internet. La mayoría de los estudios completan los datos con imágenes negativas de otras fuentes, con marcadas diferencias \Rightarrow muy buenos resultados en clasificación, poco o ningún poder de generalización, modelos que aprenden características propias de los conjuntos donde fueron entrenados y escaso valor en ambientes clínicos.



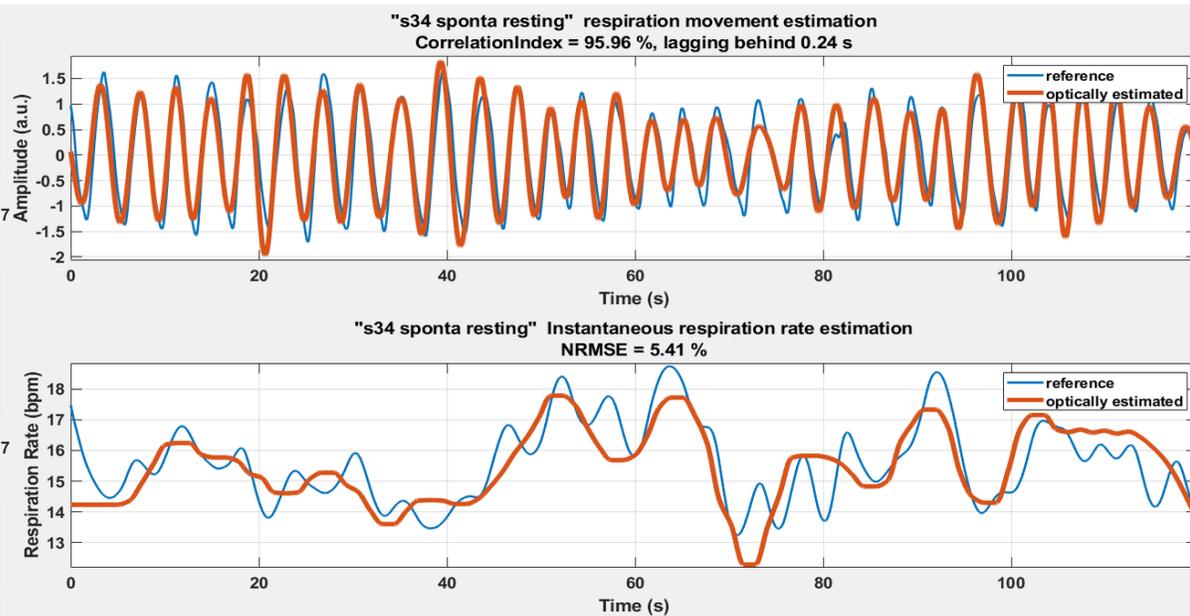
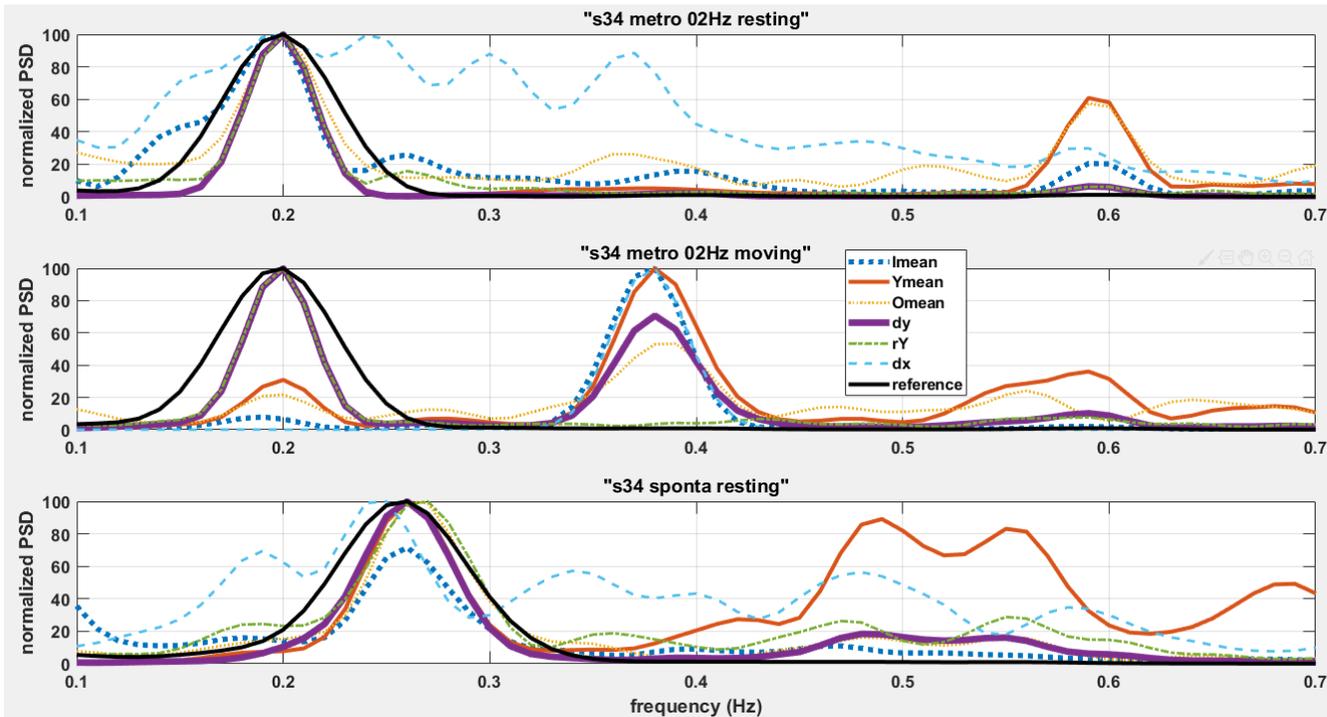
- López-Cabrera JD, Portal-Díaz JA, Orozco-Morales R, Pérez-Díaz M. [Revisión crítica sobre la identificación de COVID-19 a partir de imágenes de rayos x de tórax usando técnicas de inteligencia artificial](#). *Rev. Cuba. Transform. Digit.* 2020;1(3):Art. No. 3.
- López-Cabrera JD, Orozco-Morales R, Portal-Díaz JA, Lovelle-Enríquez O, Pérez-Díaz M. [Current limitations to identify COVID-19 using artificial intelligence with chest X-ray imaging](#). *Health Technol.* 2021;11(2):411-24.



Estimación de las señales de respiración



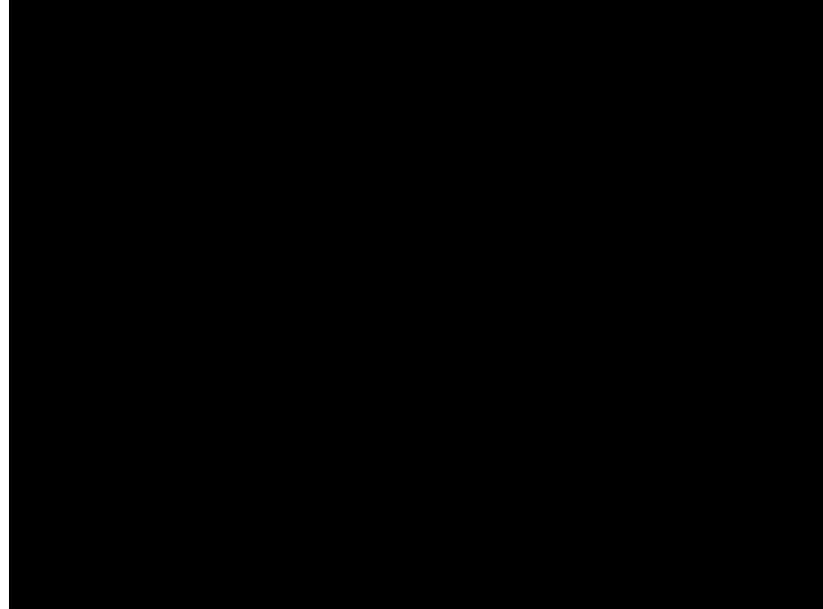
Estimación de las señales de respiración



El algoritmo de **Viola-Jones** puede usarse para detectar la ROI sobre el pecho. Los detectors de rasgos locales (como **Harris-Stephens**) puede usarse para detectar los rasgos a seguir con el algoritmo **KLT**. El desplazamiento en la dirección vertical (**dy**) contiene la componente principal del movimiento respiratorio, a partir del que se puede derivar.

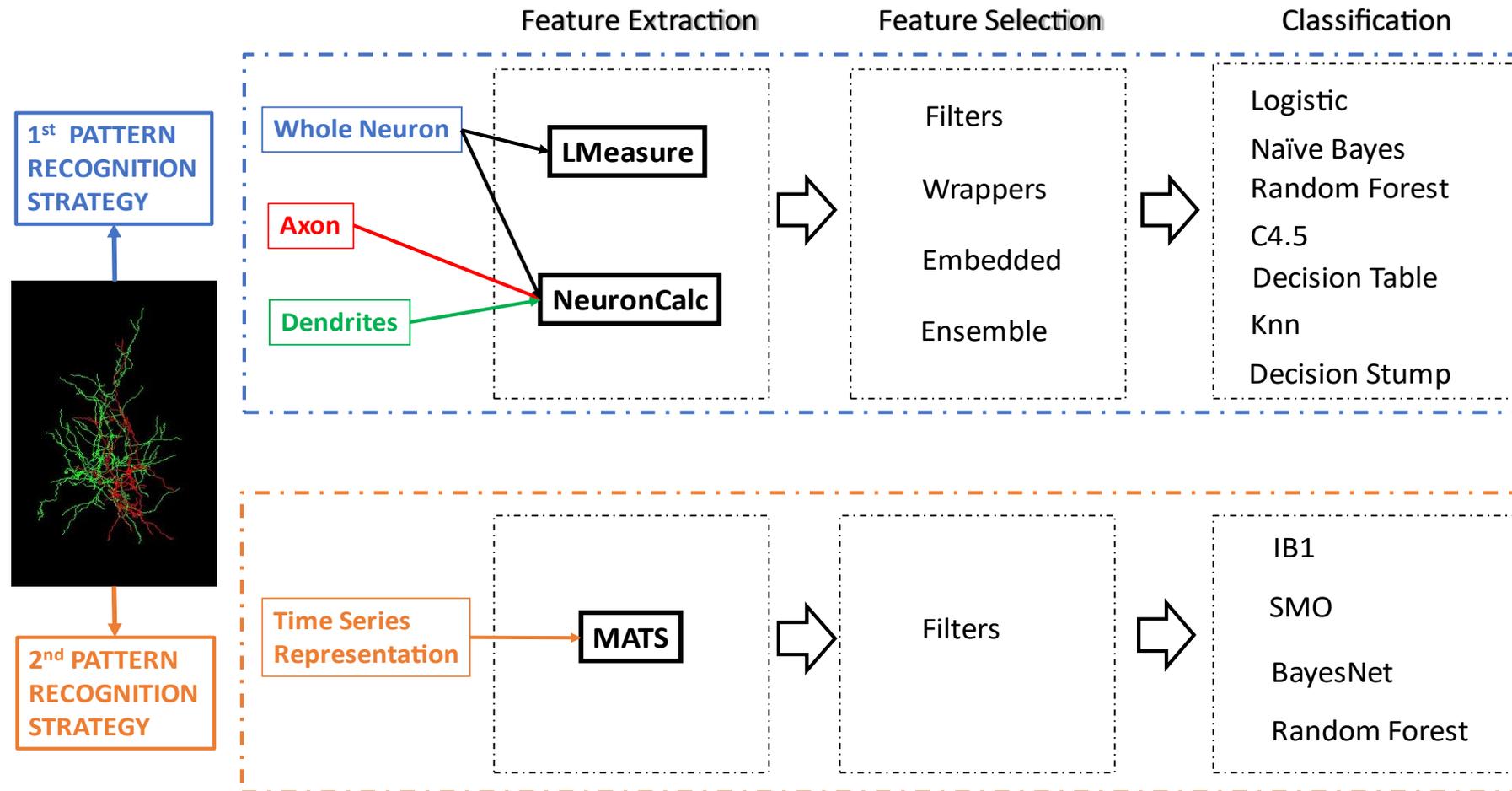


Clasificación de neuronas trazadas



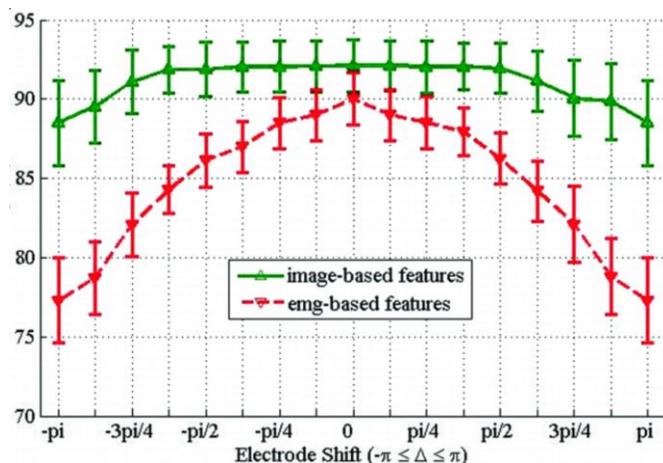
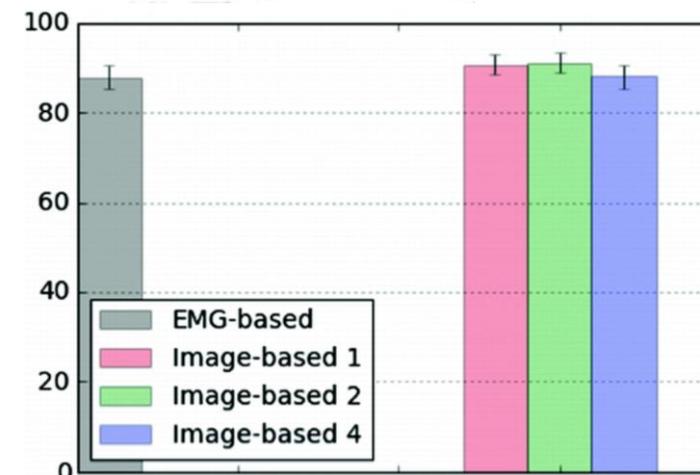
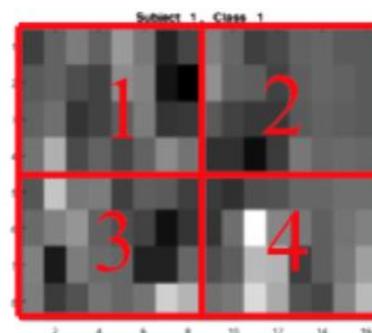
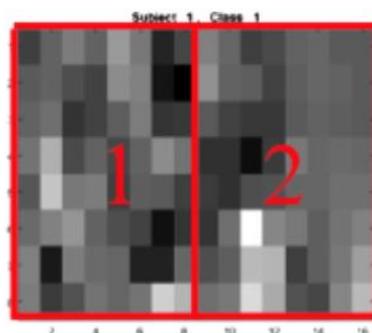
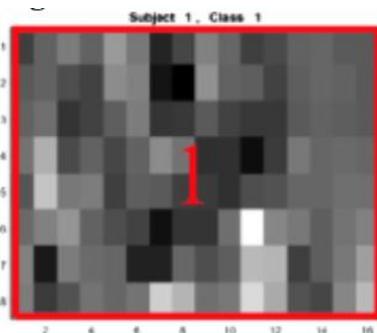
- López-Cabrera JD, Lorenzo-Ginori JV. [Automatic Classification of Traced Neurons Using Morphological Features](#). *Comput. Sist.* 2017;21(3):537-44.
- López-Cabrera JD, Lorenzo-Ginori JV. [Feature selection for the classification of traced neurons](#). *J. Neurosci. Methods* 2018;303:41-54.
- López-Cabrera JD, Hernández-Pérez LA, Orozco-Morales R, Lorenzo-Ginori JV. [New morphological features based on the Sholl analysis for automatic classification of traced neurons](#). *J. Neurosci. Methods* 2020;343:108835.
- López-Cabrera JD, Hernández-Pérez LA, Lorenzo-Ginori JV. [Pattern Recognition Strategies to Classify Traced Neurons](#). *Progress in Artificial Intelligence & Pattern Recognition* 2021;13055:145-54.

Clasificación de neuronas trazadas



- López-Cabrera JD, Lorenzo-Ginori JV. [Automatic Classification of Traced Neurons Using Morphological Features](#). *Comput. Sist.* 2017;21(3):537-44.
- López-Cabrera JD, Lorenzo-Ginori JV. [Feature selection for the classification of traced neurons](#). *J. Neurosci. Methods* 2018;303:41-54.
- López-Cabrera JD, Hernández-Pérez LA, Orozco-Morales R, Lorenzo-Ginori JV. [New morphological features based on the Sholl analysis for automatic classification of traced neurons](#). *J. Neurosci. Methods* 2020;343:108835.
- López-Cabrera JD, Hernández-Pérez LA, Lorenzo-Ginori JV. [Pattern Recognition Strategies to Classify Traced Neurons](#). *Progress in Artificial Intelligence & Pattern Recognition* 2021;13055:145-54.

Control de prótesis mioeléctricas

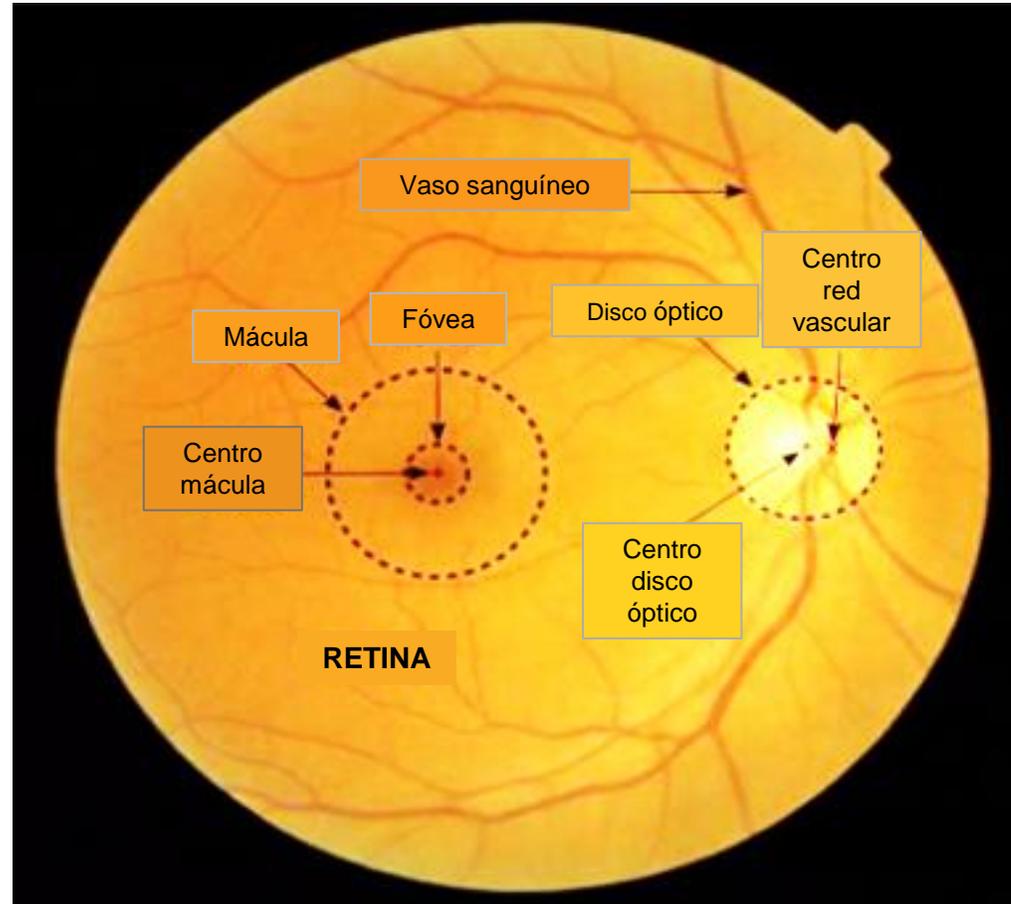


Los rasgos basados en PDI son superiores en cuanto a:

- Reconocimiento de gestos.
- Desplazamiento de los electrodos.
- Variabilidad entre sesiones.

- Díaz Amador R, Ferrer Riesgo CA, Lorenzo Ginori JV. [Using image processing techniques and HD-EMG for upper limb prosthesis gesture recognition](#). *LNCS*. 2019;11401:913-21.
- Díaz Amador R, Mendoza Reyes MA, Ferrer Riesgo CA. [Improving Myoelectric Pattern Recognition Robustness to Electrode Shift Using Image Processing Techniques and HD-EMG](#). *IFMBE Proc*. 2019;75(1):344-50.
- Díaz Amador R, Mendoza Reyes MA, Ferrer Riesgo CA. [Representación basada en imágenes para el reconocimiento de patrones mioeléctricos ante variabilidad inter-sesiones](#). *Rev Cuba Ciencias Informáticas*. 2020;14(4):123-33.

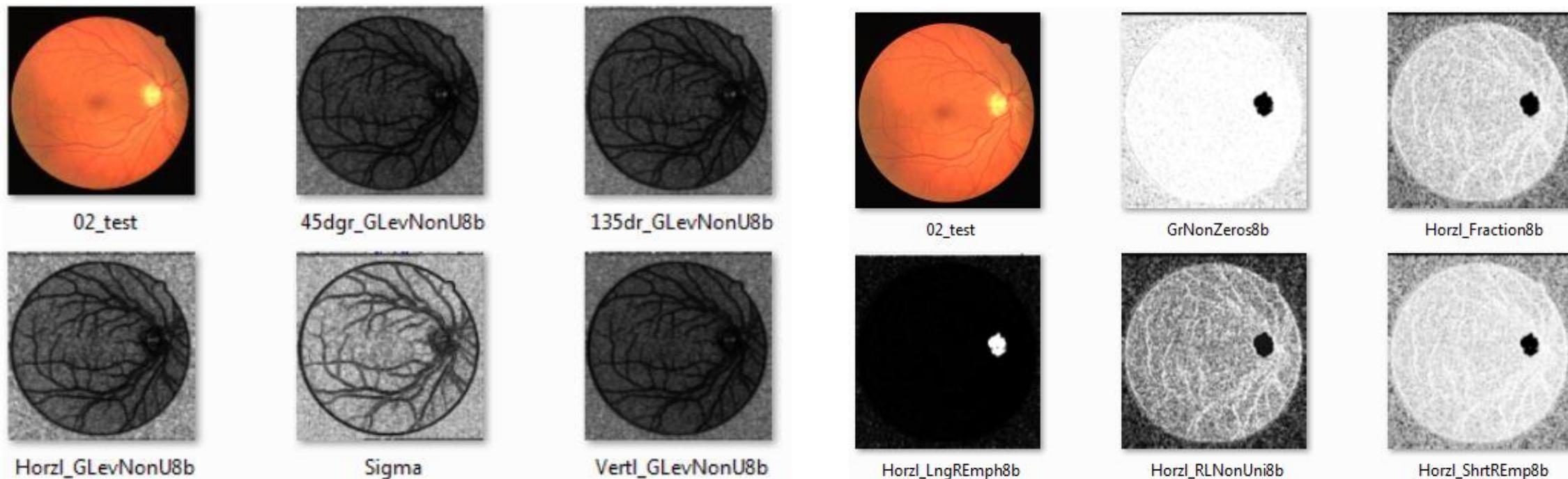
Detección de estructuras en fondo de ojo y cornea



estructuras en fondo de ojo



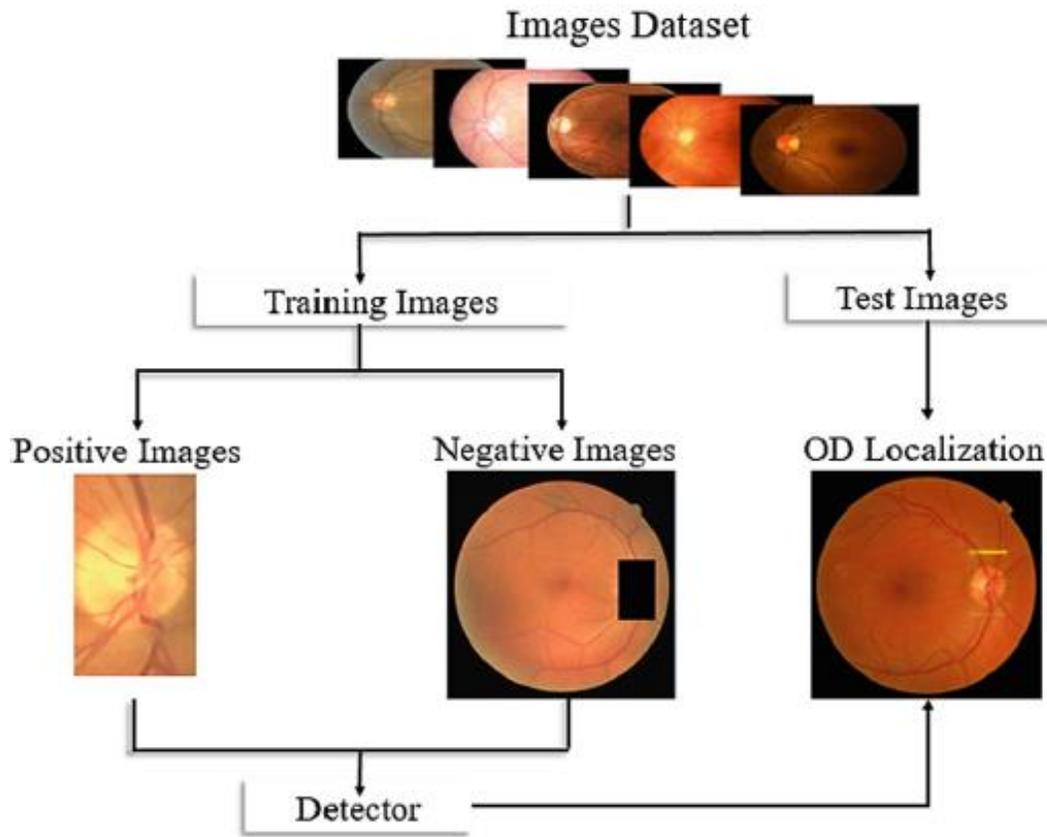
Detección de estructuras en fondo de ojo



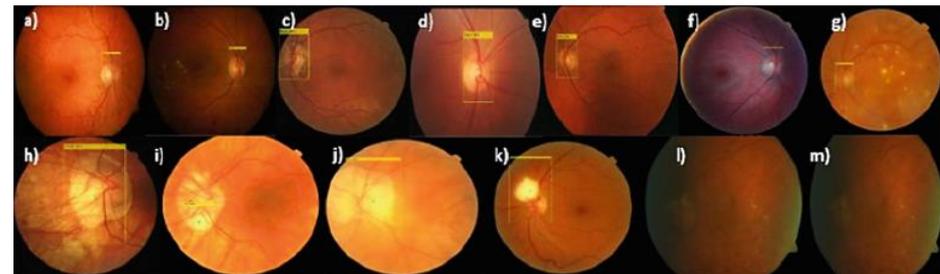
Rasgos de textura para detectar estructuras del fondo de ojo (vasos sanguíneos y disco óptico)

DRIVE	40	39	1	97.5
DIARETDB0	110	110	0	100
Total	150	149	1	99.3

Detección de estructuras en fondo de ojo

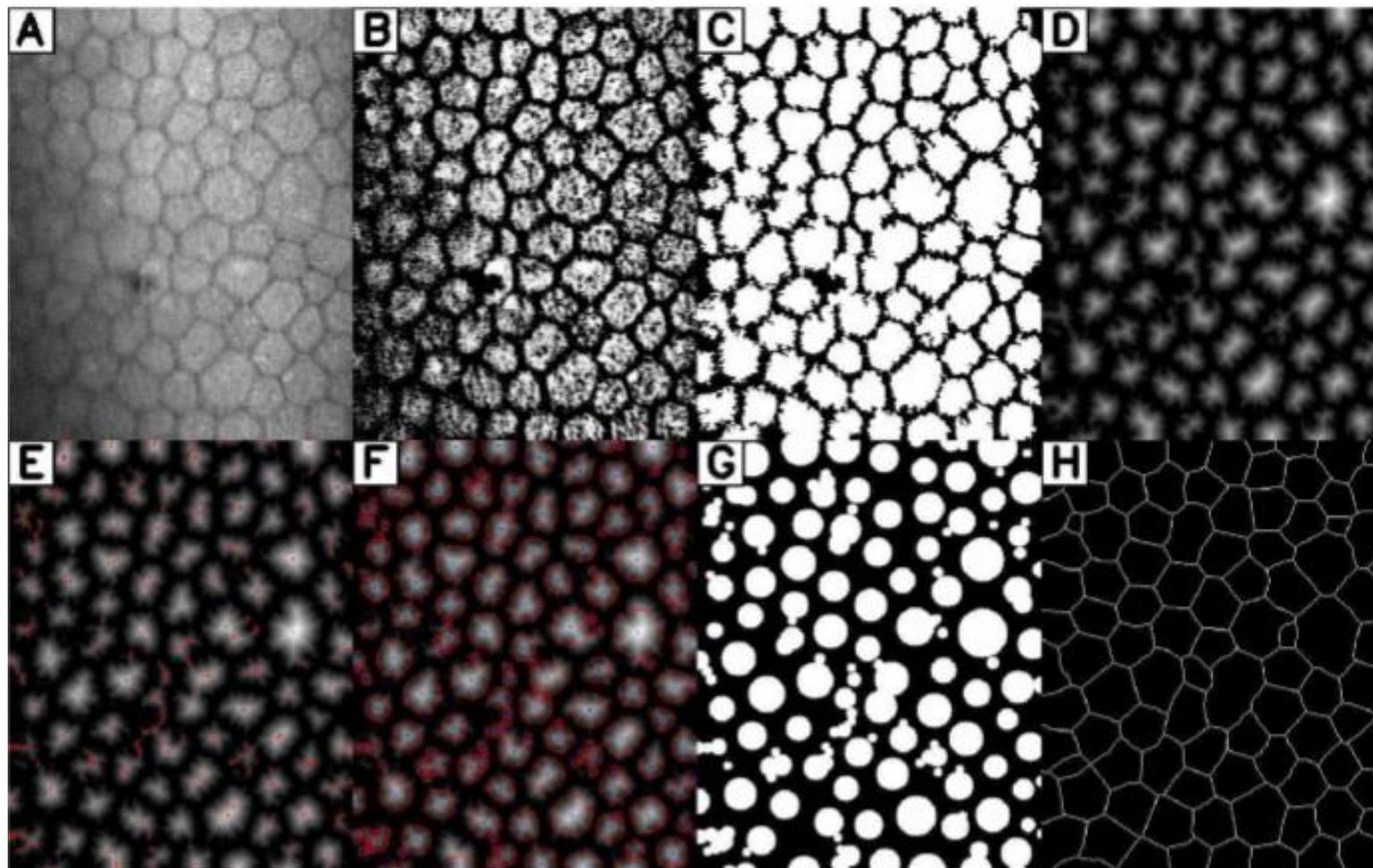


conjunto de datos	Métodos (% de detección)					
	Meng	WenLin	Gui	Jacob	Kamble	PAIS
DRIVE (40)	100,0	97,5	100,0	95,0	100,0	95,0
DIARETB0 (130)	98,5			96,9	97,7	97,1
DIARETB1 (89)	100,0	96,9		96,6	97,8	100,0
MESSIDOR (1200)		99,3	99,2		99,8	99,7
DRIONS-DB (110)				100,0		100,0
HRF (45)				93,3	100,0	100,0
ROC (100)						100,0
STARE	98,8		86,4		95,1	
ONHDS (99)					99,0	
HEIMED					98,8	
Promedio detec.	99,1	99,1	98,5	97,3	99,2	99,6
Tiempo (ms)	15000,0	1080,0	980,0	536,0		474,0



- García García Y, Rodríguez Guillén R, García Y, Taboada Crispi A. [Fast optic disc localization using Viola-Jones algorithm](#). *IFMBE Proc.* 2019;75(1):435-41.
- García García Y, Taboada Crispi A (tutor). [Detección automática del disco óptico en imágenes de fondo de ojo empleando el algoritmo de Viola-Jones](#). Tesis de Ing. Telecomunicaciones y Electrónica, UCLV, 2019-06-09.

Detección de estructuras en imágenes de **cornea**

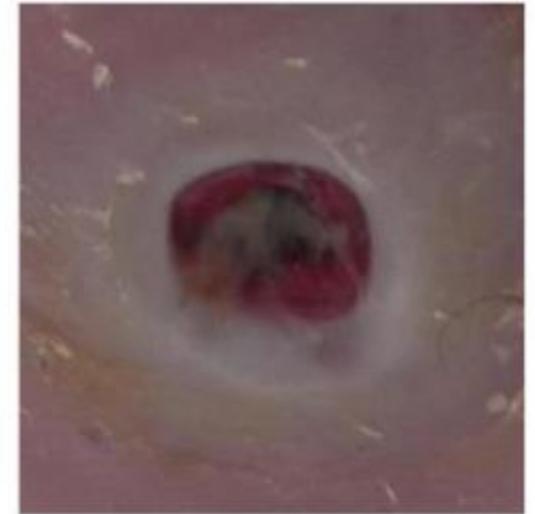
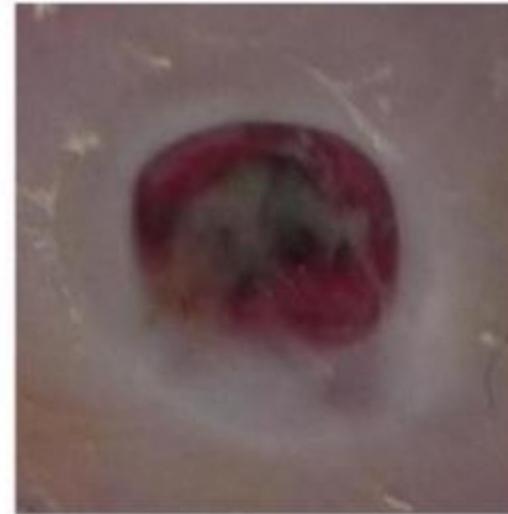


- (A) Imagen original.
- (B) Imagen filtrada DoG.
- (C) Imagen binarizada con umbral del valor mínimo de escala de grises, encontrado con análisis de frecuencia de B.
- (D) Mapa de distance de imagen en C.
- (E) Máximos locales seleccionados con umbral empírico.
- (F) Círculos seleccionados automáticamente.
- (G) Círculos fundidos (objetos de fondo) en imagen C.
- (H) Segmentación.

- Herrera Pereda R, Taboada Crispi A, Babin D, Philips W. [Segmentation of endothelial cells of the cornea from the distance map of confocal microscope images](#). *Computers in Biology and Medicine* 2021;139(12):104-18.
- Herrera Pereda R, Taboada Crispi A, Babin D, Philips W, Costa MH. [A Review On digital image processing techniques for in-Vivo confocal images of the cornea](#). *Medical Image Analysis* 2021;73:102188.



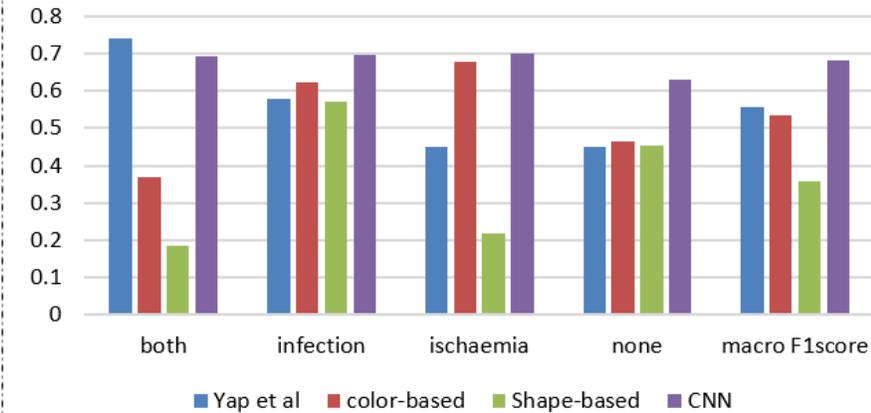
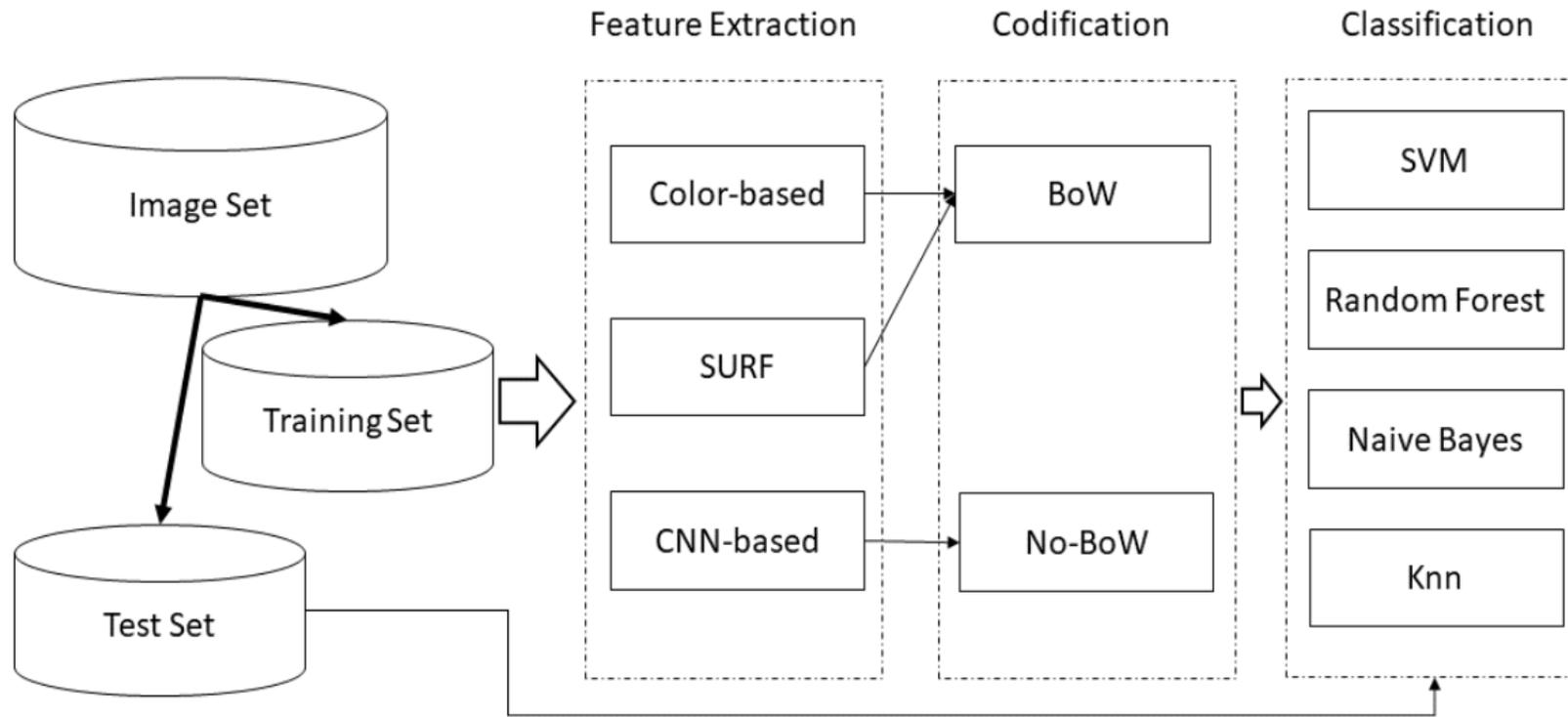
Clasificación de úlceras de pie diabético



- López-Cabrera JD, Ruiz-Gonzalez Y, Díaz-Amador R, Taboada-Crispi A. [Automatic Classification of Diabetic Foot Ulcers using Computer Vision Techniques](#). *LNCS* 2021;13055:284-93.
- López-Cabrera JD, Ruiz-Gonzalez Y, Díaz-Amador R, Taboada-Crispi A. [Estrategias de fusión para la clasificación automática de imágenes de úlceras de pie diabético usando técnicas de visión por computadora](#). *Rev cuba cienc informat* 2022;16(1):163-79.

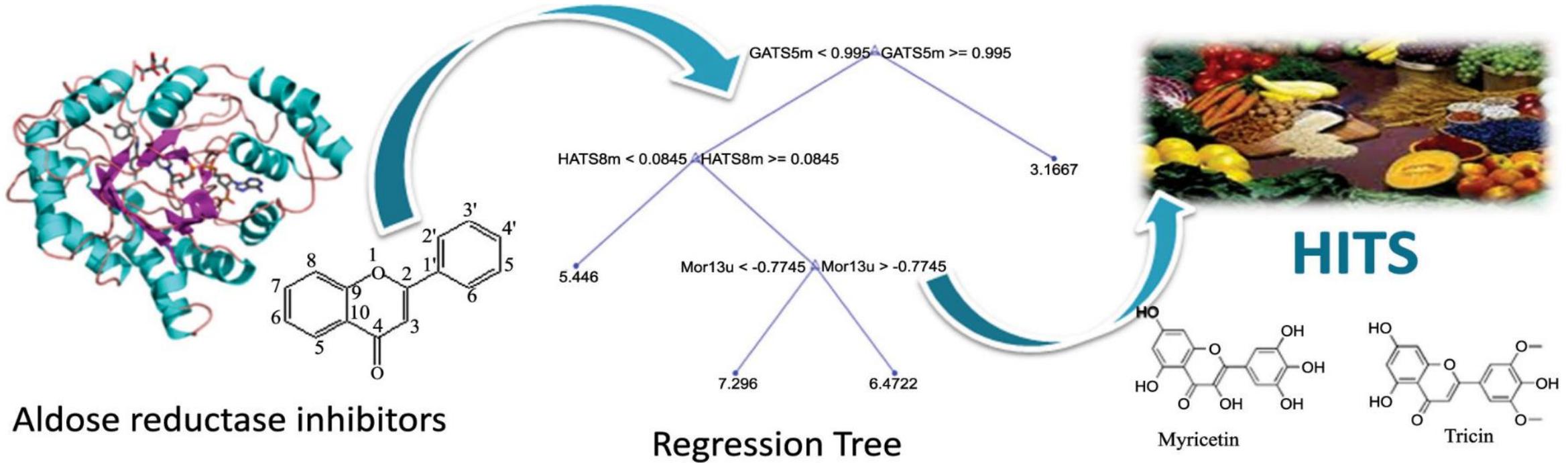


Clasificación de úlceras de pie diabético

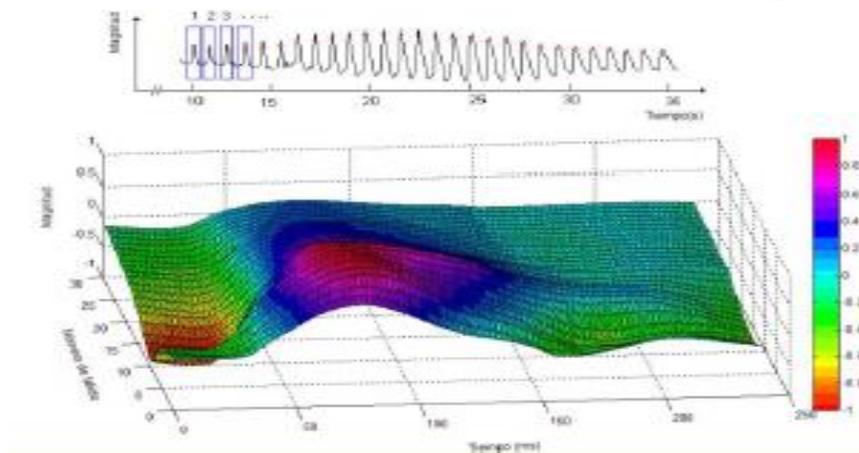
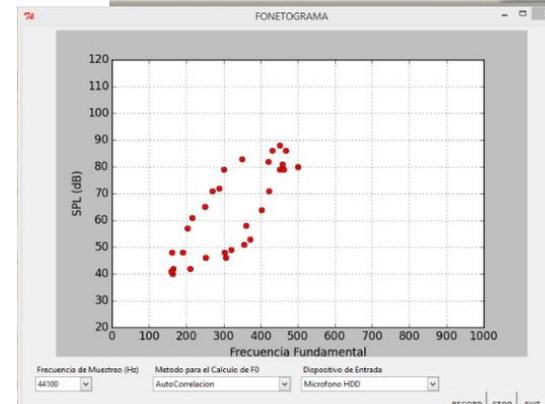
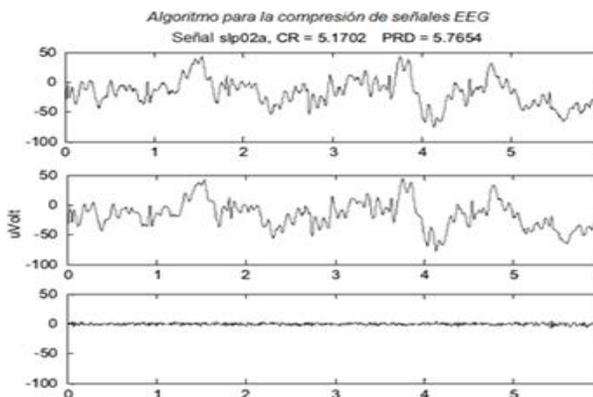
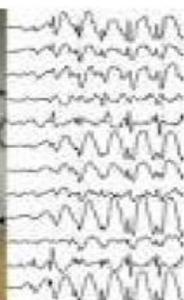
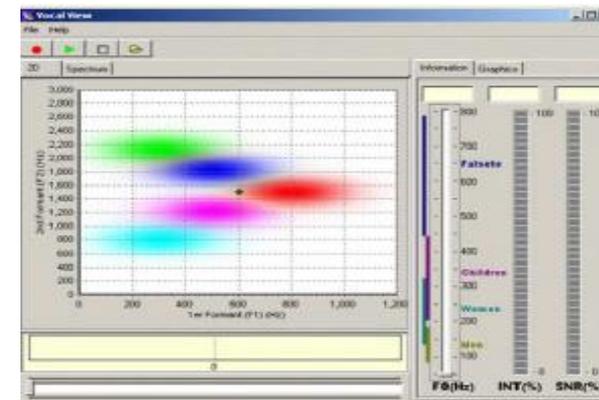
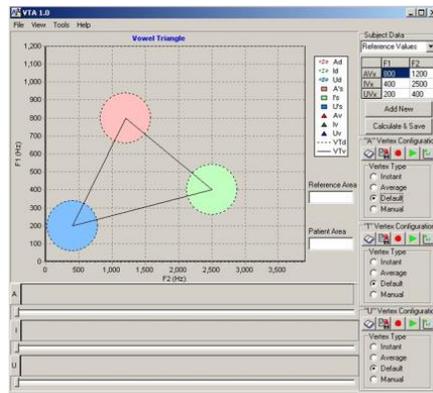
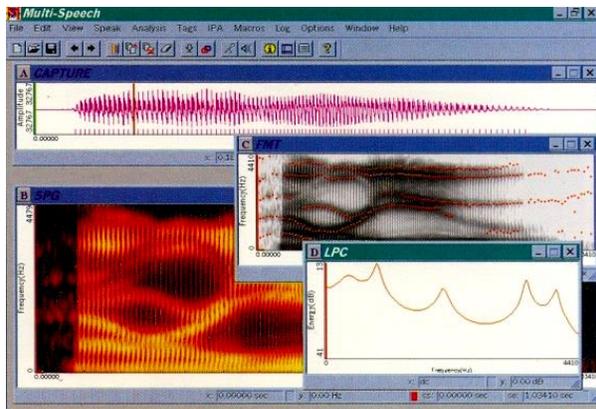


- López-Cabrera JD, Ruiz-Gonzalez Y, Díaz-Amador R, Taboada-Crispi A. [Automatic Classification of Diabetic Foot Ulcers using Computer Vision Techniques](#). *LNCS* 2021;13055:284-93.
- López-Cabrera JD, Ruiz-Gonzalez Y, Díaz-Amador R, Taboada-Crispi A. [Estrategias de fusión para la clasificación automática de imágenes de úlceras de pie diabético usando técnicas de visión por computadora](#). *Rev cuba cienc informat* 2022;16(1):163-79.

Modelac. activ. inhib. aldosa reductasa



Procesamiento y análisis de señales



Apuntes finales

- Las técnicas de **procesamiento/análisis de imágenes y visión** computacional resultan adecuadas **para** tratar con gran diversidad de imágenes biomédicas: **fotografías** digitales, imágenes basadas en **rayos X**, **patrones 2D, 3D**, etc.
- Sirven para **mejorar/analizar la calidad** de las imágenes, así como para **extraer/seleccionar sus rasgos**, con utilidad en la **clasificación**, y también en la **detección y/o seguimiento** de puntos o regiones de interés.
- Existe una gran **variedad de algoritmos** para las tareas antes mencionadas, **que deben seleccionarse** adecuadamente.
- Esos algoritmos de procesamiento y análisis de imágenes sirven potencialmente para **aplicaciones en función de la salud y el bienestar** como: análisis de **lesiones de la piel**, **prueba citológica**, estudios de **malaria**, generación de **mapas iso-dosis**, estudios de **mamografía**, diagnóstico de la **displasia del desarrollo** de la cadera, estudios de **afecciones respiratorias**, clasificación de **neuronas trazadas**, control de **prótesis mioeléctricas**, etc.
- Sirven también para analizar **complicaciones derivadas de la diabetes** que repercuten en **la retina y la cornea**, el **pie diabético** y para modelar la **actividad inhibitoria de la aldosa reductasa**.



Agradecimientos

- A CYTED, a la red RITADiab (RED IBEROAMERICANA DE TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA DIABETES), y en especial a su coordinador general, **José María Sabater-Navarro**
- A la Universidad del Cauca, a los organizadores del X Seminario de Automática, y en especial a **Oscar Andrés Vivas**
- **A ustedes** por la atención prestada...



PROGRAMA
IBEROAMERICANO



**X SEMINARIO DE
AUTOMÁTICA**

MUCHAS GRACIAS!

PREGUNTAS?



ataboada@uclv.edu.cu

