

Detección temprana de cáncer de piel mediante clasificador de imágenes basado en Inteligencia Artificial

UOC

David Martin Tinaquero

Máster Universitario en Ciencia de Datos

Medicina · Análisis de imágenes para determinar potenciales tumores

Tutor/a de TF

Albert Solé Ribalta

Profesor/a responsable de la asignatura

Carlos Luís Sánchez Bocanegra

Luís Fernández Luque



Distribución de la presentación

- Presentación teórica del trabajo realizado
- Demostración práctica de uso de la aplicación web y servicio API



Cáncer de piel · Situación actual

- Es el tipo de cáncer más común
- Cada año se diagnostican más de 13 M de casos en todo el mundo
- 1 de cada 3 cánceres que se diagnostican es cáncer de piel
- > 65.000 muertes al año por cáncer de piel
- Como en el resto de tipos de cáncer, la probabilidad de sobrevivir aumenta con la detección temprana.



Cáncer de piel · Métodos de diagnóstico

- Auto inspección. Regla del “ABCDE”.
- Inspección visual realizada por un dermatólogo

Pros

- Requieren poco tiempo
- Menores costes clínicos

Contras

- Menor certeza del diagnóstico*

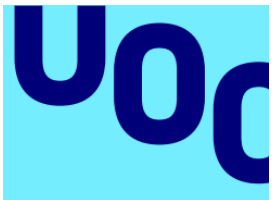
- Biopsia
- Microscopio confocal
- Consenso de expertos
- Otras pruebas clínicas (MRI, ...)

Pros

- Mayor certeza del diagnóstico

Contras

- Mayores costes clínicos
- Requieren más tiempo

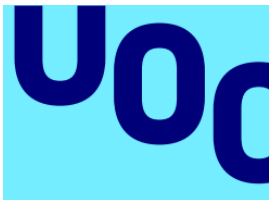


Cáncer de piel · Objetivo principal

Maximizar el porcentaje de acierto de los diagnósticos en el menor tiempo posible y con los mínimos costes clínicos, es decir:

Mayor eficacia y eficiencia en los diagnósticos

Y por encima de todo, mejorar la calidad de vida de las personas, cuidando de su **Salud**.

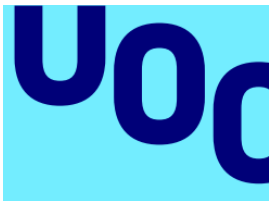


Deep learning · Trabajos previos

Revisión exhaustiva de >40 artículos con trabajos previos sobre el uso del *Deep learning* en la identificación de cáncer de piel.

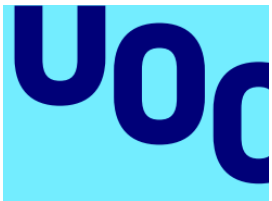
Conclusiones de la revisión:

- El uso de redes neuronales aporta buenos resultados. Todos los modelos usados alcanzaron altos porcentajes de acierto (>85%).
- Las mejores redes son las preentrenadas con grandes conjuntos de datos (Xception, EfficientNet, ViT, ...).
- Los mejores conjuntos de datos de lesiones cutáneas disponibles públicamente son: ISIC y HAM10000.
- Obtención de las mejores métricas para evaluar el desempeño de las redes neuronales.

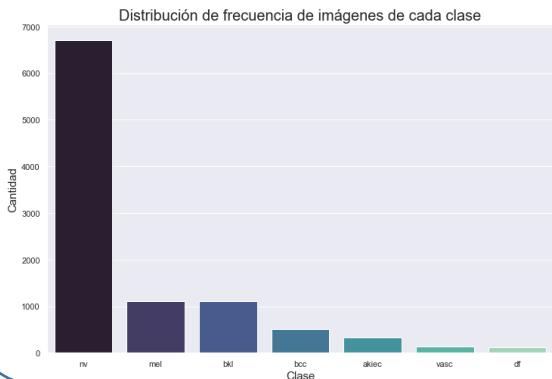


Deep learning · Selección y entrenamiento de redes y conjunto de datos

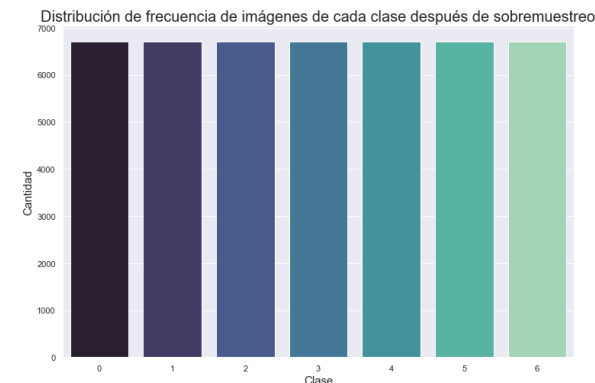
- Selección del conjunto de datos HAM10000
- Selección de las 9 redes que han aportado mejores resultados en los trabajos revisados. 7 de tipo CNN y 2 de tipo *transformer*.
- Diseño e implementación de una CNN *adhoc* con pocas capas.
- Selección de las métricas para evaluar el desempeño de cada red neuronal.



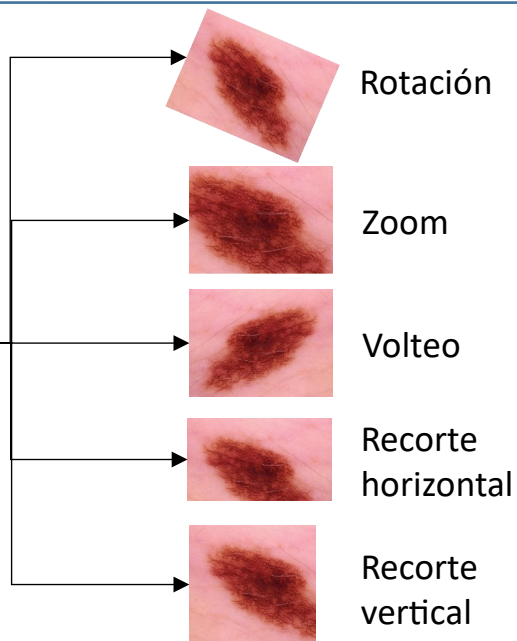
Deep learning · Análisis y preparación del conjunto de datos



Sobremuestreo (*oversampling*) para corregir el desbalanceo de imágenes de diferentes clases



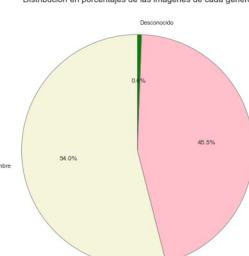
Original



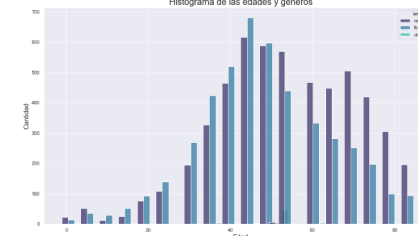
Aplicación de aumento de datos (*data augmentation*) para mejorar la generalización y reducir el sobreentrenamiento (*overfitting*).

Exploración y análisis del conjunto de datos

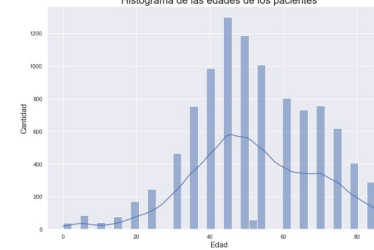
Distribución en porcentajes de las imágenes de cada género



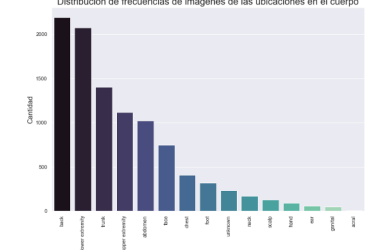
Histograma de las edades y géneros

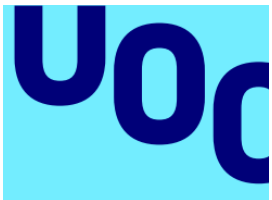


Histograma de las edades de los pacientes



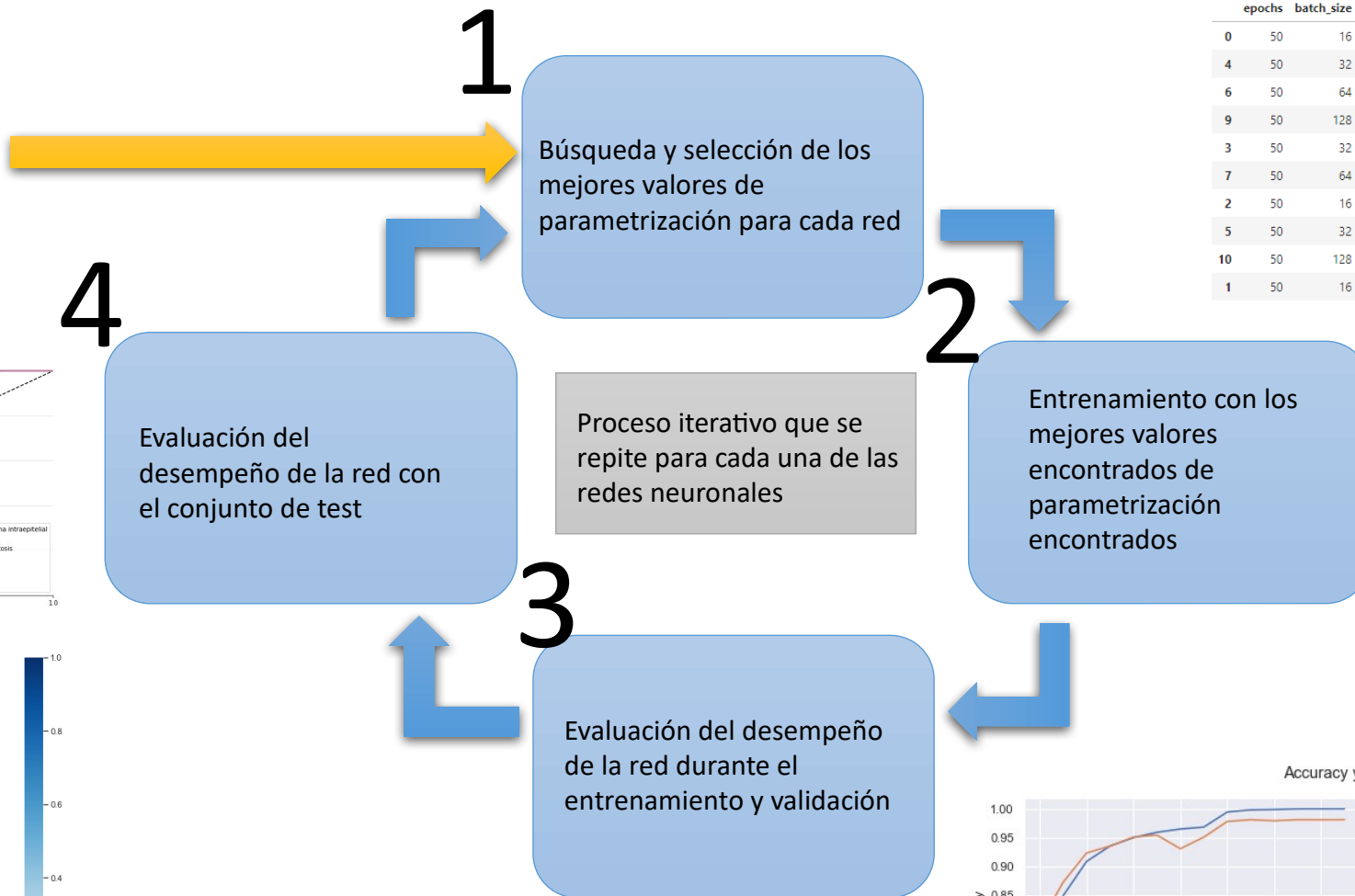
Distribución de frecuencias de imágenes de las ubicaciones en el cuerpo



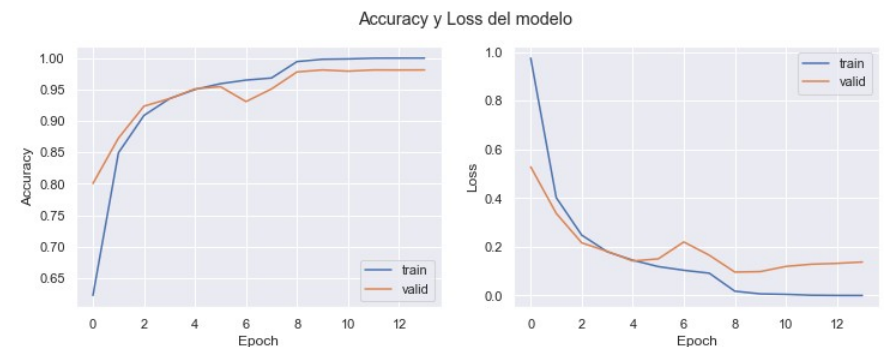
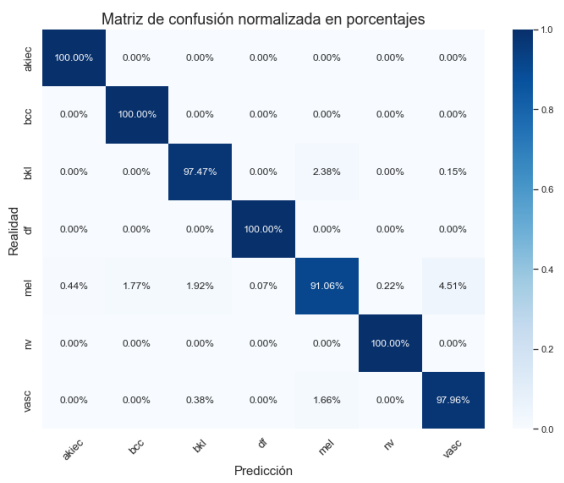
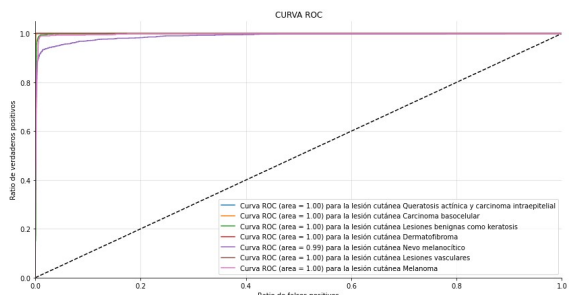


Deep learning · Entrenamiento y evaluación de las redes

División del conjunto de datos:
60% entrenamiento
20% validación
20% test

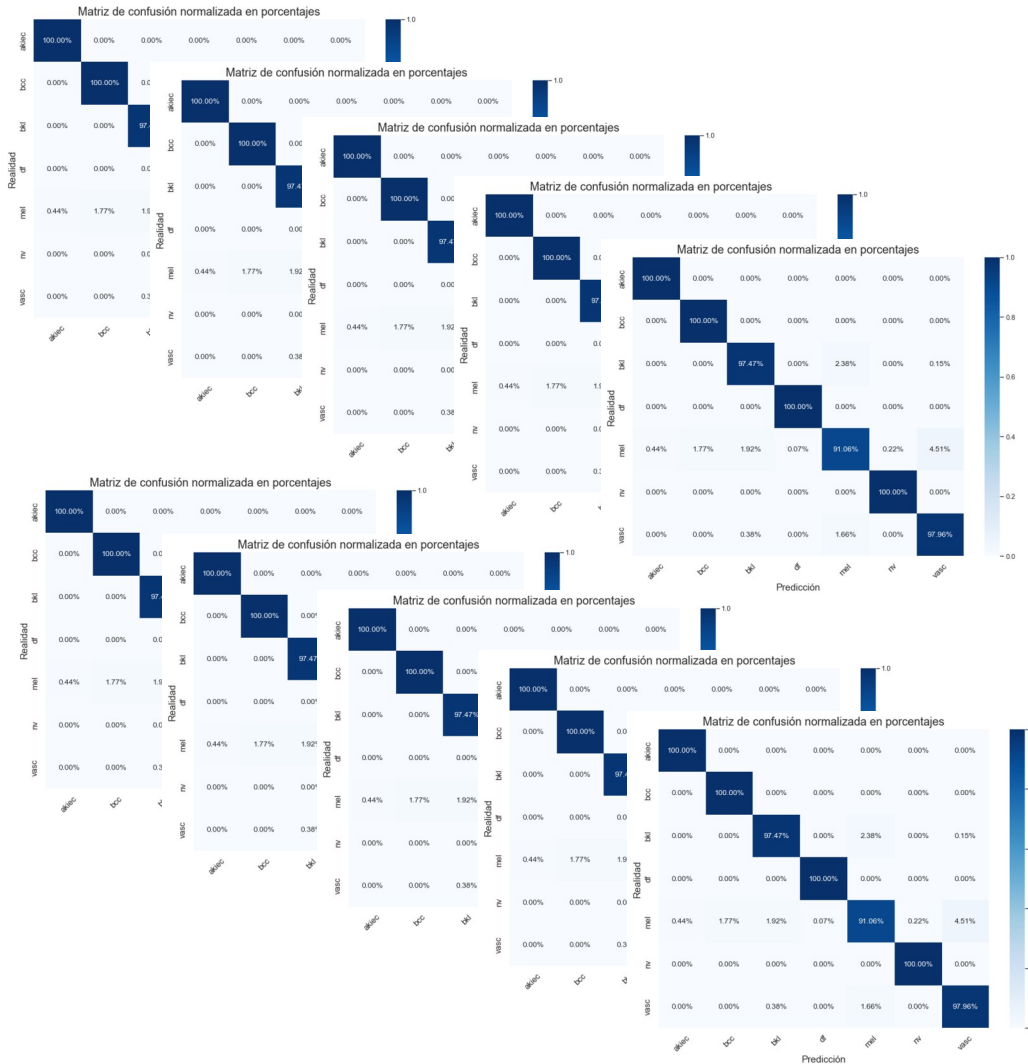


epochs	batch_size	learning_rate	loss	accuracy	val_loss	val_accuracy	elapsed_time	
0	50	16	0.0010	0.0067	0.9982	0.0982	0.9812	147.650650
4	50	32	0.0005	0.0025	1.0000	0.1224	0.9810	105.646097
6	50	64	0.0010	0.0021	0.9999	0.1174	0.9806	53.518609
9	50	128	0.0010	0.0047	0.9997	0.1049	0.9796	48.851923
3	50	32	0.0010	0.0064	0.9986	0.1128	0.9794	93.632691
7	50	64	0.0005	0.0037	0.9996	0.1340	0.9767	81.852411
2	50	16	0.0001	0.0128	0.9982	0.1143	0.9743	275.451342
5	50	32	0.0001	0.0287	0.9942	0.1195	0.9734	211.669783
10	50	128	0.0005	0.0184	0.9968	0.1173	0.9714	70.509134
1	50	16	0.0005	0.0514	0.9828	0.1621	0.9647	136.559159

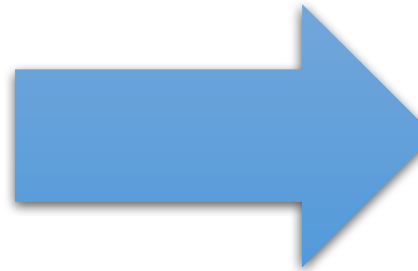




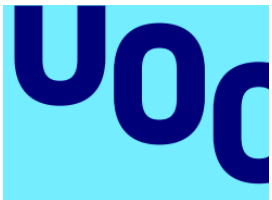
Inteligencia Colectiva IC · Matriz de pesos



Se rellena con los valores de *accuracy* obtenidos de las matrices de confusión de cada red neuronal



	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
R ₁	%PROB _{R1C1}	%PROB _{R1C2}	%PROB _{R1C3}	%PROB _{R1C4}	%PROB _{R1C5}	%PROB _{R1C6}	%PROB _{R1C7}
R ₂	%PROB _{R2C1}	%PROB _{R2C2}	%PROB _{R2C3}	%PROB _{R2C4}	%PROB _{R2C5}	%PROB _{R2C6}	%PROB _{R2C7}
R ₃	%PROB _{R3C1}	%PROB _{R3C2}	%PROB _{R3C3}	%PROB _{R3C4}	%PROB _{R3C5}	%PROB _{R3C6}	%PROB _{R3C7}
R ₄	%PROB _{R4C1}	%PROB _{R4C2}	%PROB _{R4C3}	%PROB _{R4C4}	%PROB _{R4C5}	%PROB _{R4C6}	%PROB _{R4C7}
R ₅	%PROB _{R5C1}	%PROB _{R5C2}	%PROB _{R5C3}	%PROB _{R5C4}	%PROB _{R5C5}	%PROB _{R5C6}	%PROB _{R5C7}
R ₆	%PROB _{R6C1}	%PROB _{R6C2}	%PROB _{R6C3}	%PROB _{R6C4}	%PROB _{R6C5}	%PROB _{R6C6}	%PROB _{R6C7}
R ₇	%PROB _{R7C1}	%PROB _{R7C2}	%PROB _{R7C3}	%PROB _{R7C4}	%PROB _{R7C5}	%PROB _{R7C6}	%PROB _{R7C7}
R ₈	%PROB _{R8C1}	%PROB _{R8C2}	%PROB _{R8C3}	%PROB _{R8C4}	%PROB _{R8C5}	%PROB _{R8C6}	%PROB _{R8C7}
R ₉	%PROB _{R9C1}	%PROB _{R9C2}	%PROB _{R9C3}	%PROB _{R9C4}	%PROB _{R9C5}	%PROB _{R9C6}	%PROB _{R9C7}
R ₁₀	%PROB _{R10C1}	%PROB _{R10C2}	%PROB _{R10C3}	%PROB _{R10C4}	%PROB _{R10C5}	%PROB _{R10C6}	%PROB _{R10C7}



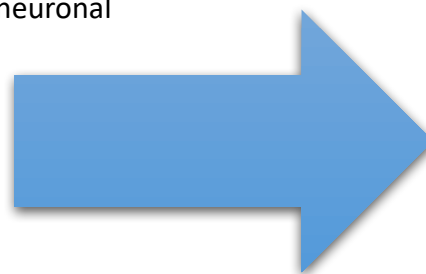
Inteligencia Colectiva IC · Matriz de probabilidad

Nueva imagen



- Modelo 1 [0.98,0.01,0.00,0.00,0.01,0.00,0.00]
- Modelo 2 [0.97,0.01,0.00,0.01,0.01,0.00,0.00]
- Modelo 3 [0.96,0.01,0.02,0.00,0.01,0.00,0.00]
- Modelo 4 [0.99,0.01,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]
- Modelo 5 [0.91,0.04,0.03,0.00,0.01,0.00,0.00]
- Modelo 6 [0.99,0.01,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]
- Modelo 7 [1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]
- Modelo 8 [0.98,0.00,0.00,0.00,0.01,0.00,0.00]
- Modelo 9 [1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]
- Modelo 10 [1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00]

Se rellena con las probabilidades asignadas a cada clase cada red neuronal

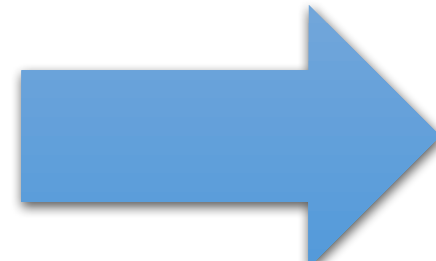


	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
R ₁	%ACC _{R1C1}	%ACC _{R1C2}	%ACC _{R1C3}	%ACC _{R1C4}	%ACC _{R1C5}	%ACC _{R1C6}	%ACC _{R1C7}
R ₂	%ACC _{R2C1}	%ACC _{R2C2}	%ACC _{R2C3}	%ACC _{R2C4}	%ACC _{R2C5}	%ACC _{R2C6}	%ACC _{R2C7}
R ₃	%ACC _{R3C1}	%ACC _{R3C2}	%ACC _{R3C3}	%ACC _{R3C4}	%ACC _{R3C5}	%ACC _{R3C6}	%ACC _{R3C7}
R ₄	%ACC _{R4C1}	%ACC _{R4C2}	%ACC _{R4C3}	%ACC _{R4C4}	%ACC _{R4C5}	%ACC _{R4C6}	%ACC _{R4C7}
R ₅	%ACC _{R5C1}	%ACC _{R5C2}	%ACC _{R5C3}	%ACC _{R5C4}	%ACC _{R5C5}	%ACC _{R5C6}	%ACC _{R5C7}
R ₆	%ACC _{R6C1}	%ACC _{R6C2}	%ACC _{R6C3}	%ACC _{R6C4}	%ACC _{R6C5}	%ACC _{R6C6}	%ACC _{R6C7}
R ₇	%ACC _{R7C1}	%ACC _{R7C2}	%ACC _{R7C3}	%ACC _{R7C4}	%ACC _{R7C5}	%ACC _{R7C6}	%ACC _{R7C7}
R ₈	%ACC _{R8C1}	%ACC _{R8C2}	%ACC _{R8C3}	%ACC _{R8C4}	%ACC _{R8C5}	%ACC _{R8C6}	%ACC _{R8C7}
R ₉	%ACC _{R9C1}	%ACC _{R9C2}	%ACC _{R9C3}	%ACC _{R9C4}	%ACC _{R9C5}	%ACC _{R9C6}	%ACC _{R9C7}
R ₁₀	%ACC _{R10C1}	%ACC _{R10C2}	%ACC _{R10C3}	%ACC _{R10C4}	%ACC _{R10C5}	%ACC _{R10C6}	%ACC _{R10C7}

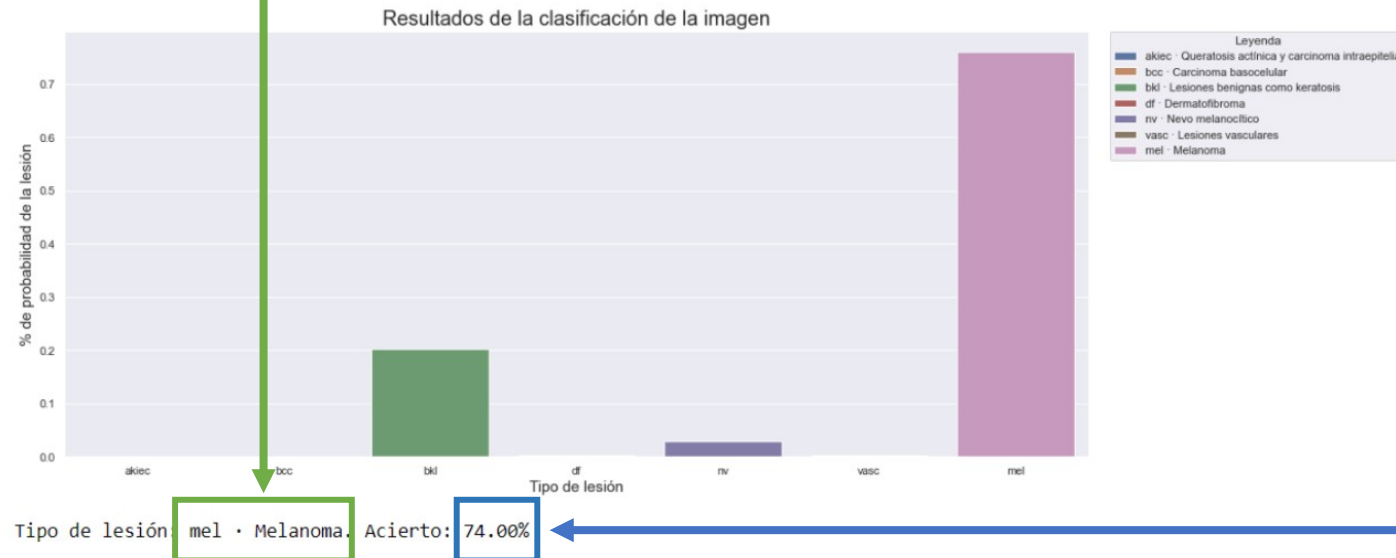


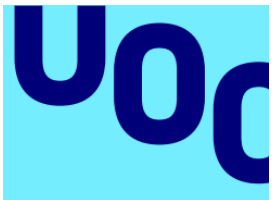
Inteligencia Colectiva IC · Consenso

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
R ₁	M1 _{R1C1} * M2 _{R1C1}	M1 _{R1C2} * M2 _{R1C2}	M1 _{R1C3} * M2 _{R1C3}	M1 _{R1C4} * M2 _{R1C4}	M1 _{R1C5} * M2 _{R1C5}	M1 _{R1C6} * M2 _{R1C6}	M1 _{R1C7} * M2 _{R1C7}	
R ₂	M1 _{R2C1} * M2 _{R2C1}	M1 _{R2C2} * M2 _{R2C2}	M1 _{R2C3} * M2 _{R2C3}	M1 _{R2C4} * M2 _{R2C4}	M1 _{R2C5} * M2 _{R2C5}	M1 _{R2C6} * M2 _{R2C6}	M1 _{R2C7} * M2 _{R2C7}	
R ₃	M1 _{R3C1} * M2 _{R3C1}	M1 _{R3C2} * M2 _{R3C2}	M1 _{R3C3} * M2 _{R3C3}	M1 _{R3C4} * M2 _{R3C4}	M1 _{R3C5} * M2 _{R3C5}	M1 _{R3C6} * M2 _{R3C6}	M1 _{R3C7} * M2 _{R3C7}	
R ₄	M1 _{R4C1} * M2 _{R4C1}	M1 _{R4C2} * M2 _{R4C2}	M1 _{R4C3} * M2 _{R4C3}	M1 _{R4C4} * M2 _{R4C4}	M1 _{R4C5} * M2 _{R4C5}	M1 _{R4C6} * M2 _{R4C6}	M1 _{R4C7} * M2 _{R4C7}	
R ₅	M1 _{R5C1} * M2 _{R5C1}	M1 _{R5C2} * M2 _{R5C2}	M1 _{R5C3} * M2 _{R5C3}	M1 _{R5C4} * M2 _{R5C4}	M1 _{R5C5} * M2 _{R5C5}	M1 _{R5C6} * M2 _{R5C6}	M1 _{R5C7} * M2 _{R5C7}	
R ₆	M1 _{R6C1} * M2 _{R6C1}	M1 _{R6C2} * M2 _{R6C2}	M1 _{R6C3} * M2 _{R6C3}	M1 _{R6C4} * M2 _{R6C4}	M1 _{R6C5} * M2 _{R6C5}	M1 _{R6C6} * M2 _{R6C6}	M1 _{R6C7} * M2 _{R6C7}	
R ₇	M1 _{R7C1} * M2 _{R7C1}	M1 _{R7C2} * M2 _{R7C2}	M1 _{R7C3} * M2 _{R7C3}	M1 _{R7C4} * M2 _{R7C4}	M1 _{R7C5} * M2 _{R7C5}	M1 _{R7C6} * M2 _{R7C6}	M1 _{R7C7} * M2 _{R7C7}	
R ₈	M1 _{R8C1} * M2 _{R8C1}	M1 _{R8C2} * M2 _{R8C2}	M1 _{R8C3} * M2 _{R8C3}	M1 _{R8C4} * M2 _{R8C4}	M1 _{R8C5} * M2 _{R8C5}	M1 _{R8C6} * M2 _{R8C6}	M1 _{R8C7} * M2 _{R8C7}	
R ₉	M1 _{R9C1} * M2 _{R9C1}	M1 _{R9C2} * M2 _{R9C2}	M1 _{R9C3} * M2 _{R9C3}	M1 _{R9C4} * M2 _{R9C4}	M1 _{R9C5} * M2 _{R9C5}	M1 _{R9C6} * M2 _{R9C6}	M1 _{R9C7} * M2 _{R9C7}	
R ₁₀	M1 _{R10C1} * M2 _{R10C1}	M1 _{R10C2} * M2 _{R10C2}	M1 _{R10C3} * M2 _{R10C3}	M1 _{R10C4} * M2 _{R10C4}	M1 _{R10C5} * M2 _{R10C5}	M1 _{R10C6} * M2 _{R10C6}	M1 _{R10C7} * M2 _{R10C7}	
IC	SUM(C ₁)	SUM(C ₂)	SUM(C ₃)	SUM(C ₄)	SUM(C ₅)	SUM(C ₆)	SUM(C ₇)	MAX(IC)



	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.979620
1	0.009407	0.005666	0.042541	0.021840	0.012321	0.020500	0.709398
2	0.000000	0.000000	0.000022	0.000000	0.000000	0.000000	0.751850
3	0.000044	0.000027	0.222502	0.000000	0.037191	0.000000	0.471975
4	0.000000	0.000000	0.000194	0.000000	0.006282	0.000000	0.864269
5	0.000000	0.000000	0.029983	0.000000	0.007438	0.000000	0.640623
6	0.001149	0.000213	0.615093	0.000115	0.015858	0.000000	0.044700
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000054	0.000000	0.834523
8	0.000291	0.000057	0.037774	0.000000	0.004856	0.000000	0.521317
9	0.000084	0.000932	0.621877	0.000010	0.138145	0.000003	0.070385



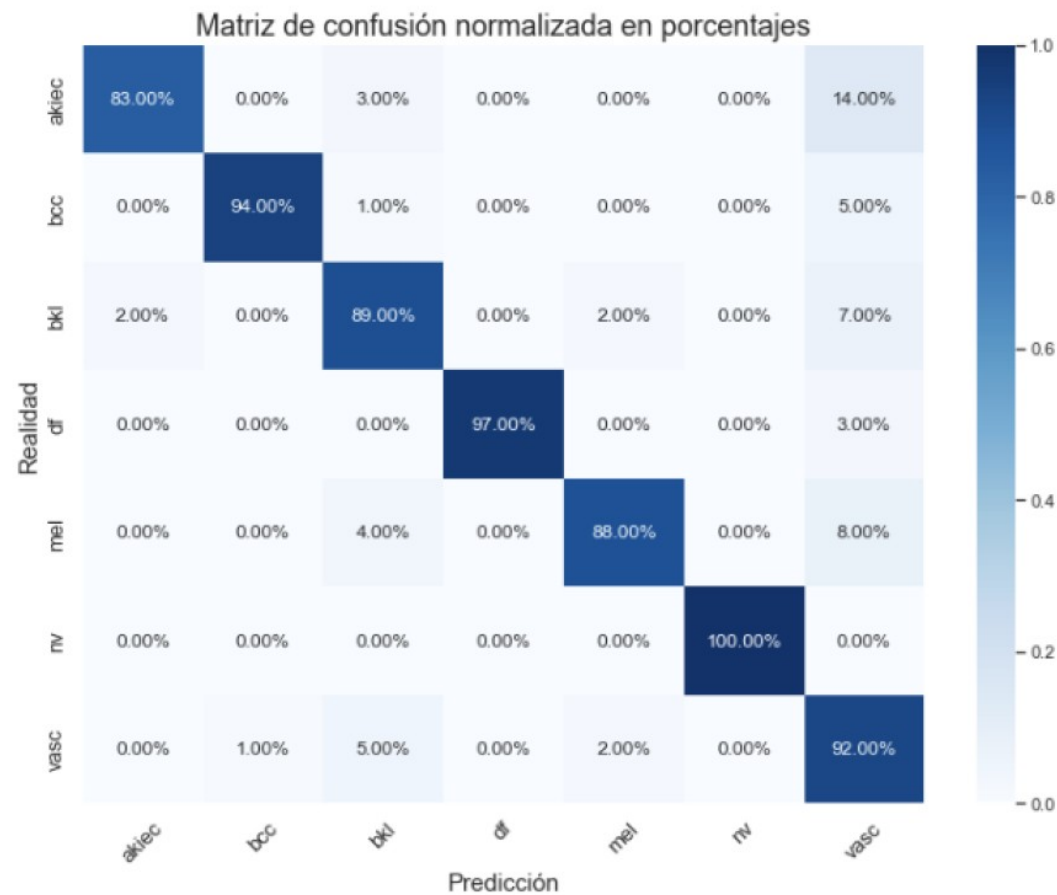


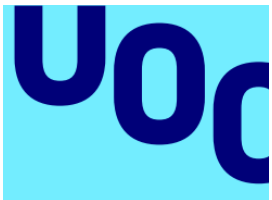
Inteligencia Colectiva IC · vs modelos

100 imágenes aleatorias de cada tipo de lesión son clasificadas por cada uno de los modelos y por la IC

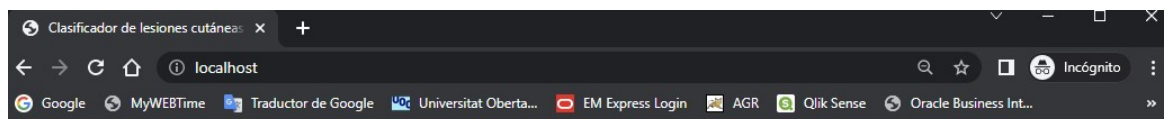
La IC obtiene **3,14 p.p. (+3,54%)** más que el mejor modelo (Swin Transformer) y **16,14 p.p. (+21,32%)** que el peor modelo (MobileNetV2)

	Red	Accuracy
0	Model 1 · CCN Adhoc	0.777143
1	Model 2 · ViT-B16	0.824286
2	Model 3 · Swin Transformer	0.887143
3	Model 4 · EfficientNet B0	0.825714
4	Model 5 · Xception	0.820000
5	Model 6 · ResNet152	0.861429
6	Model 7 · VGG16	0.785714
7	Model 8 · DenseNet201	0.872857
8	Model 9 · MobileNetV2	0.757143
9	Model 10 · InceptionResNetV2	0.835714
10	IC · Inteligencia Colectiva	0.918571



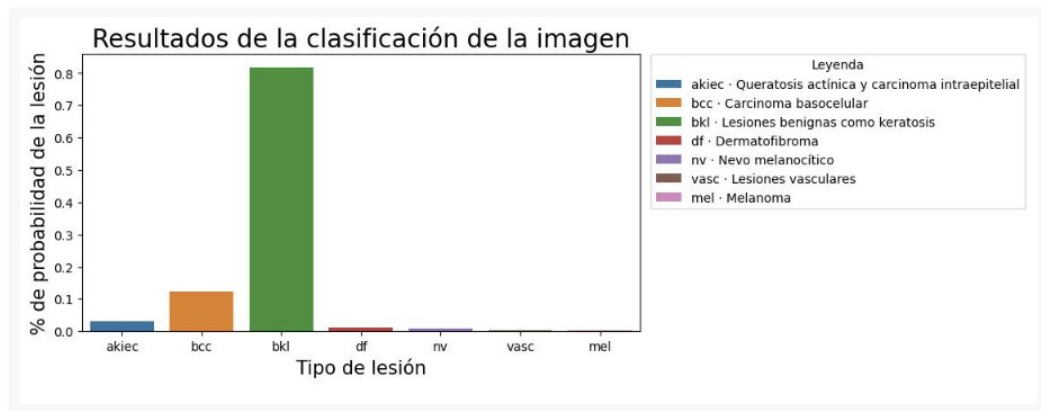
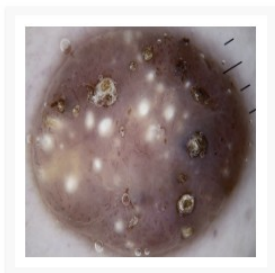


Inteligencia Colectiva IC · Aplicación web



Clasificador de lesiones cutáneas basado en IA

Selecciona una imagen



Tipo de lesión: bkl · Lesiones benignas como keratosis

Acierto: 77.0%

- No requiere la instalación de software adicional en el equipo cliente
- Puede ejecutarse en servidor local o remoto
- Tiempo de predicción: ~3"
- Mínima o nula curva de aprendizaje
- Devuelve el resultado de la clasificación con el tipo de lesión de imagen, el porcentaje de acierto y un gráfico con las probabilidades de cada clase



Inteligencia Colectiva IC · API

- Permite la clasificación masiva de imágenes con procesos automáticos
- Uso extremadamente sencillo
- Compatible desde cualquier sistema operativo
- Velocidad de clasificación: ~1.200 imágenes por hora

```
Símbolo del sistema
C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>for %a in (*) do
curl localhost:80/api -F file=@%a

C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>curl localhost:80/api -F file=@ISIC_0000139.jpg
{"ic_accuracy":79.0,"ic_prob":[0.000900960203852213,0.0009608448132051114,0.01332256041261833,0.005086636969206272,0.254927649138759,0.0012924781747183636,0.7235088702876408],"image_name":"ISIC_0000139.jpg","lesion_skin_cod":"mel","lesion_skin_desc":"Melanoma"}

C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>curl localhost:80/api -F file=@ISIC_0000142.jpg
{"ic_accuracy":75.0,"ic_prob":[0.0006060538077918357,0.0008833745255963047,0.021096582083221852,0.004913524679258916,0.38381715540587924,0.0017029136813132449,0.5869803958169385],"image_name":"ISIC_0000142.jpg","lesion_skin_cod":"mel","lesion_skin_desc":"Melanoma"}

C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>curl localhost:80/api -F file=@ISIC_0000146.jpg
{"ic_accuracy":78.0,"ic_prob":[0.007831502427544044,0.02784054422542858,0.11604350390260419,0.01158750470925674,0.2023073521147367,0.1407737731946185,0.49269243632907433],"image_name":"ISIC_0000146.jpg","lesion_skin_cod":"mel","lesion_skin_desc":"Melanoma"}

C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>curl localhost:80/api -F file=@ISIC_0000147.jpg
{"ic_accuracy":70.0,"ic_prob":[0.008669141493749866,0.06242468050610107,0.3945894307356277,0.004539707702834618,0.0728716758476685,0.010691345195694365,0.44179852678122555],"image_name":"ISIC_0000147.jpg","lesion_skin_cod":"mel","lesion_skin_desc":"Melanoma"}

C:\Users\david\Desktop\Skin cancer ISIC The International Skin Imaging Collaboration\Train\melanoma>curl localhost:80/api -F file=@ISIC_0000148.jpg
{"ic_accuracy":66.0,"ic_prob":[0.002954913260928735,0.001590565848563333,0.011789702373948458,0.006221411725704593,0.2566458312622941,0.0014728987883536025,0.7193246767402072],"image_name":"ISIC_0000148.jpg","lesion_skin_cod":"mel","lesion_skin_desc":"Melanoma"}
```

```
Anaconda Prompt (Anaconda3) - python app.py
127.0.0.1 - - [18/Jan/2023 12:26:47] "POST /api HTTP/1.1" 200 -
1/1 [=====] - 0s 18ms/step
1/1 [=====] - 0s 249ms/step
1/1 [=====] - 1s 516ms/step
1/1 [=====] - 0s 59ms/step
1/1 [=====] - 0s 91ms/step
1/1 [=====] - 0s 216ms/step
1/1 [=====] - 0s 123ms/step
1/1 [=====] - 0s 144ms/step
1/1 [=====] - 0s 42ms/step
1/1 [=====] - 0s 127ms/step
127.0.0.1 - - [18/Jan/2023 12:26:50] "POST /api HTTP/1.1" 200 -
1/1 [=====] - 0s 17ms/step
1/1 [=====] - 0s 255ms/step
1/1 [=====] - 1s 506ms/step
1/1 [=====] - 0s 58ms/step
1/1 [=====] - 0s 90ms/step
1/1 [=====] - 0s 212ms/step
1/1 [=====] - 0s 124ms/step
1/1 [=====] - 0s 140ms/step
1/1 [=====] - 0s 42ms/step
1/1 [=====] - 0s 135ms/step
127.0.0.1 - - [18/Jan/2023 12:26:53] "POST /api HTTP/1.1" 200 -
1/1 [=====] - 0s 18ms/step
1/1 [=====] - 0s 253ms/step
1/1 [=====] - 1s 541ms/step
1/1 [=====] - 0s 60ms/step
1/1 [=====] - 0s 93ms/step
1/1 [=====] - 0s 220ms/step
1/1 [=====] - 0s 131ms/step
1/1 [=====] - 0s 155ms/step
1/1 [=====] - 0s 43ms/step
1/1 [=====] - 0s 143ms/step
127.0.0.1 - - [18/Jan/2023 12:26:55] "POST /api HTTP/1.1" 200 -
```



Conclusiones

- La IA, concretamente el *deep learning*, ha demostrado su eficacia en la detección de cáncer de piel mediante imágenes. >90% de acierto vs 70% máximo alcanzado por las inspecciones visuales realizadas por dermatólogos expertos.
- La inteligencia colectiva tienen un mejor comportamiento que las mejores redes neuronales trabajando individualmente.
- La aplicación web puede ser un asistente para los médicos especialistas, ayudándoles en la toma de decisiones, aumentando el porcentaje de acierto del diagnóstico encarecidamente (+20 p.p.) y reduciendo los costes clínicos, aumentando la probabilidad de supervivencia de los pacientes.



Trabajos futuros

- Obtener bases de datos con imágenes de piel negra y amarilla para entrenar la IC.
- Entrenar y ajustar una IC especializada para cada color de piel.
- Añadir un selector en la aplicación web para indicar el color de la piel de las imágenes a clasificar.
- Diseñar e implementar una APP para dispositivos móviles
- Desarrollar redes neuronales que añadan explicabilidad a la IC que permitan a los humanos, en este caso a los dermatólogos, entender porque el modelo tomó la decisión aportando una explicación razonable sobre la predicción, en lugar de aportar una caja negra.



Demostración práctica

Pasamos a la demostración de uso de la aplicación web y de la API

!!!MUCHAS GRACIAS!!!