



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

# Clasificación de imágenes médicas

Francisco Miguel Castro Macías

Visual Information Processing Group

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Granada

# Quién soy: Fran Castro



- Grado en Matemáticas.
- Grado en Ingeniería Informática.
- Máster en Ciencia de Datos e Ingeniería de Computadores.
- Actualmente: estudiante de doctorado en DECSAI.
- Investigación: modelos probabilísticos para problemas inversos y **débilmente supervisados**, con aplicación al **diagnóstico médico**.
- Más información en [mi página web](#) y en la del [grupo de investigación](#).

# Estructura

1. Motivación
2. Aprendizaje supervisado
3. Aprendizaje débilmente supervisado
4. Aplicaciones
5. Conclusiones

# Motivación

¿Por qué clasificar imágenes médicas es importante?

# Detección de hemorragia intracranegal

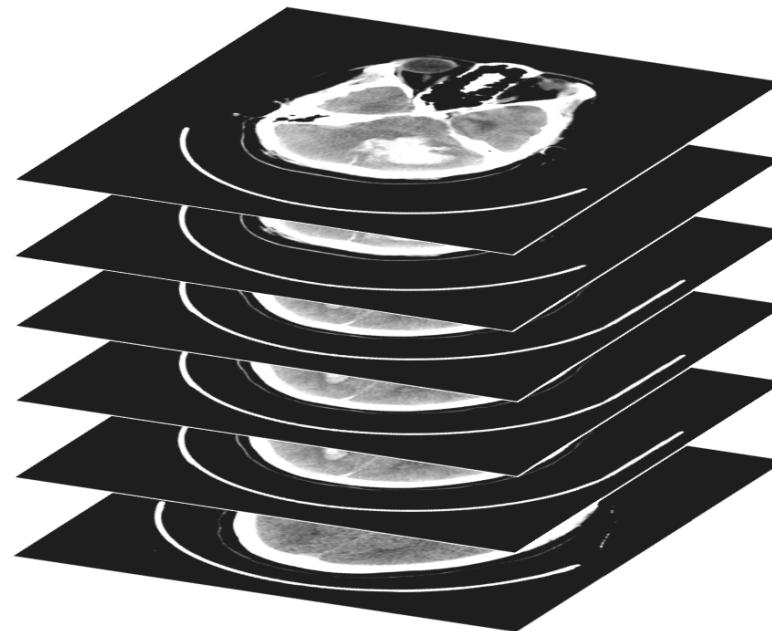


Figura: Tomografía computarizada de la cabeza (TAC)

# Detección de hemorragia intracranegal

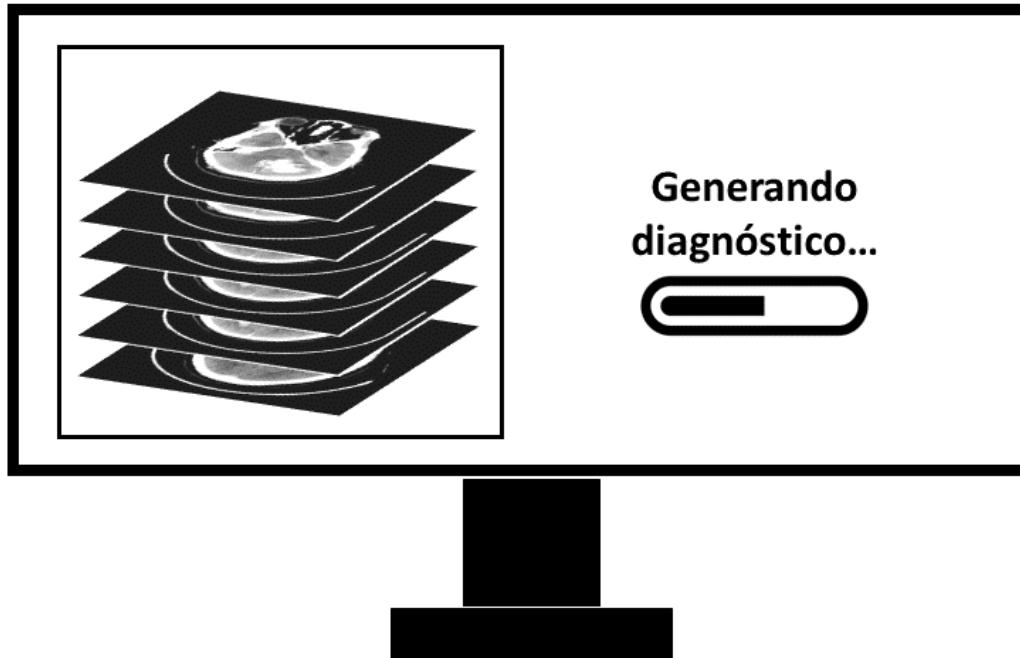


Figura: Diagnóstico asistido por ordenador

# Detección de hemorragia intracranegal

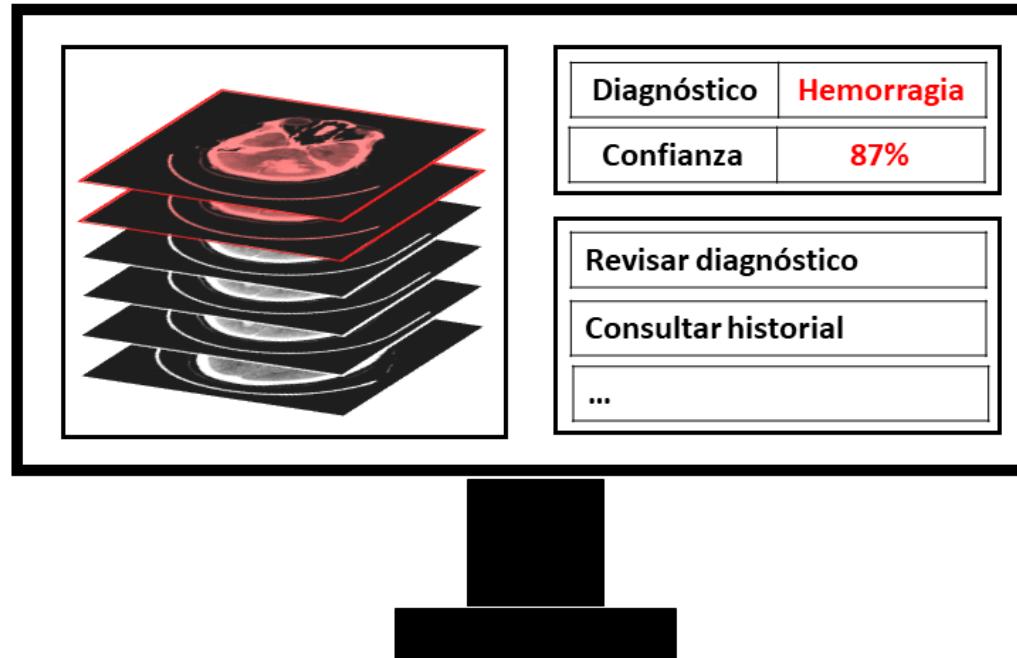


Figura: Diagnóstico asistido por ordenador

# Aprendizaje supervisado

¿Podemos usar técnicas «tradicionales»?

# Entrenamiento y predicción

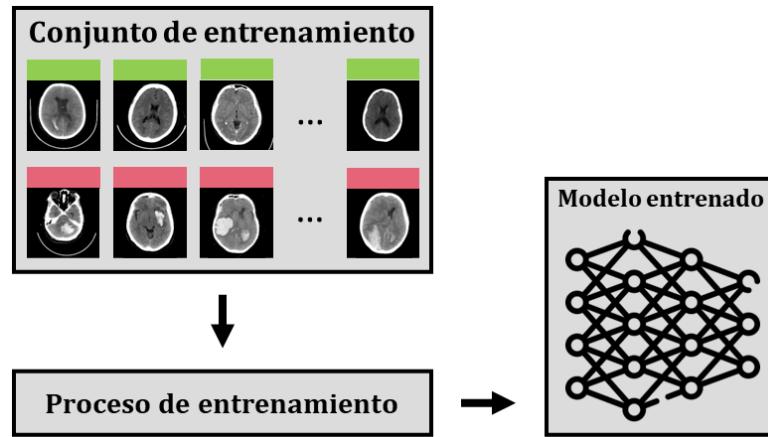


Figura: Entrenamiento

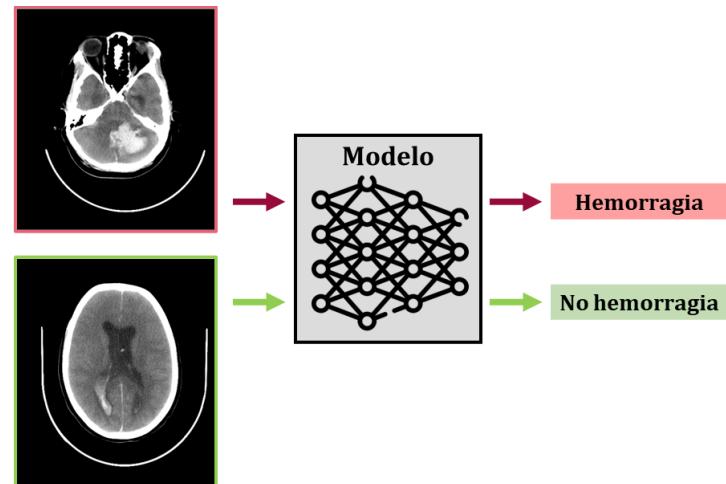


Figura: Predicción

# Entrenamiento y predicción

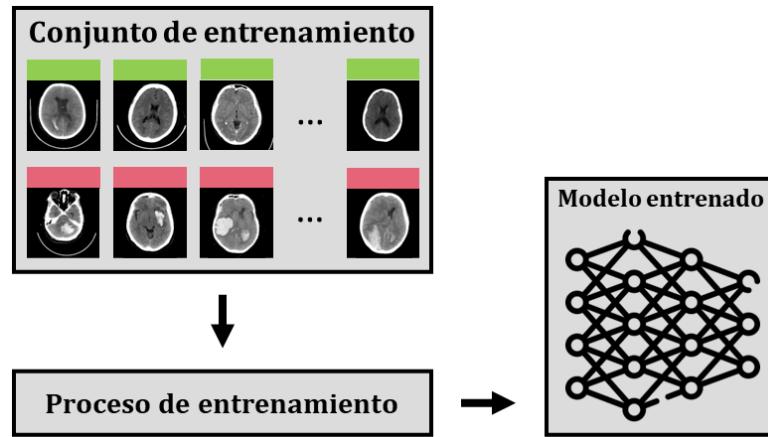


Figura: Entrenamiento

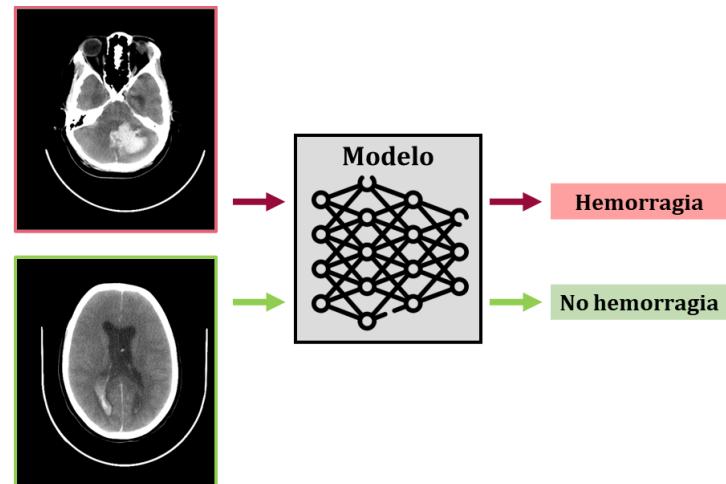


Figura: Predicción

**Problema:** Los modelos de aprendizaje supervisado necesitan **grandes cantidades de datos etiquetados**.

# El problema del etiquetado: imágenes histológicas

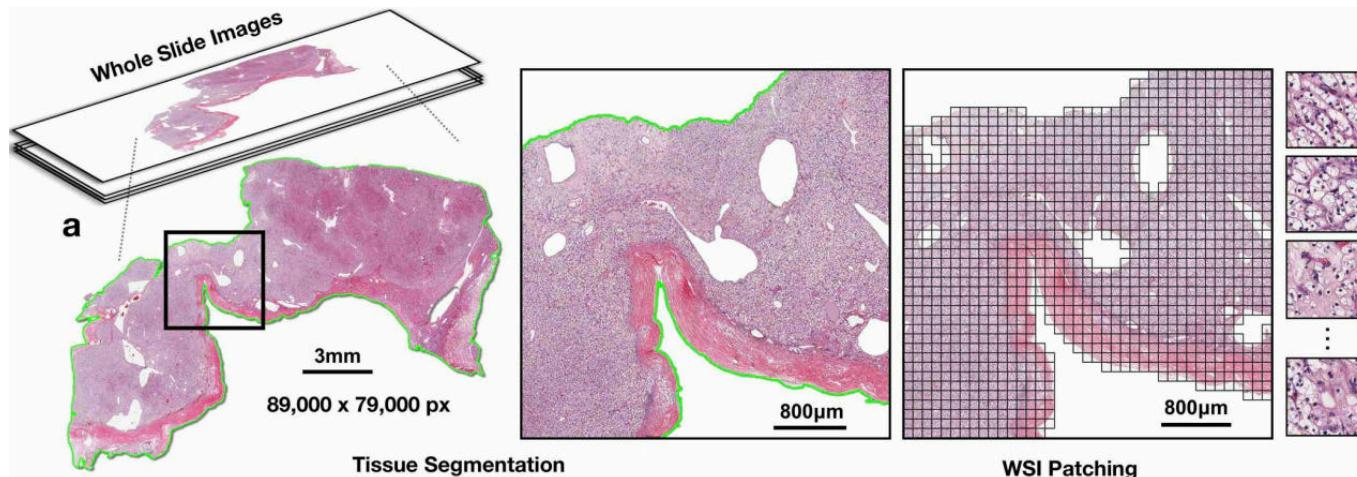


Figura: Whole Slide Images (WSI)

- Para cada WSI, un patólogo experto debería etiquetar **miles de parches**.
- Necesitamos **cientos de miles de imágenes WSI** para obtener modelos fiables.

# Aprendizaje débilmente supervisado

## ¿De verdad necesitamos tantas etiquetas?

# Aprendiendo con menos etiquetas

- Supervisión **débil**: aprender con etiquetas «más baratas».
- Necesitamos crear **nuevos modelos** y **nuevos mecanismos** de aprendizaje.
- Diversas aproximaciones: **Multiple Instance Learning**, Active Learning, Crowdsourcing, ...

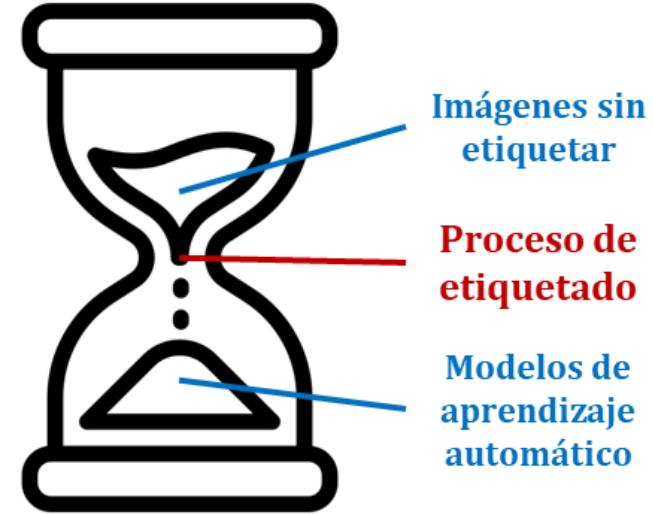
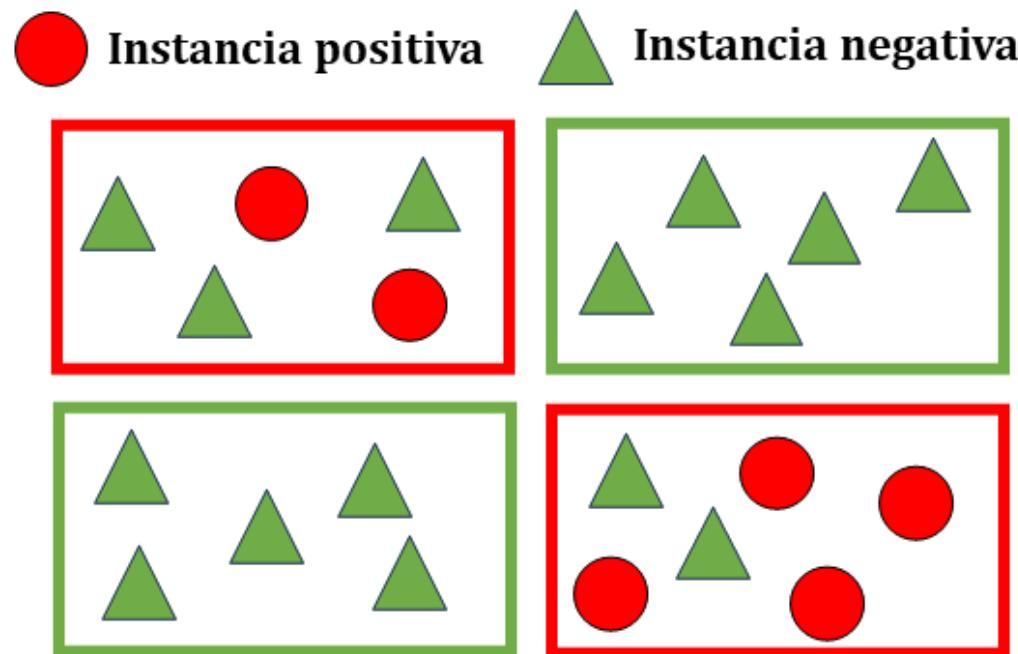
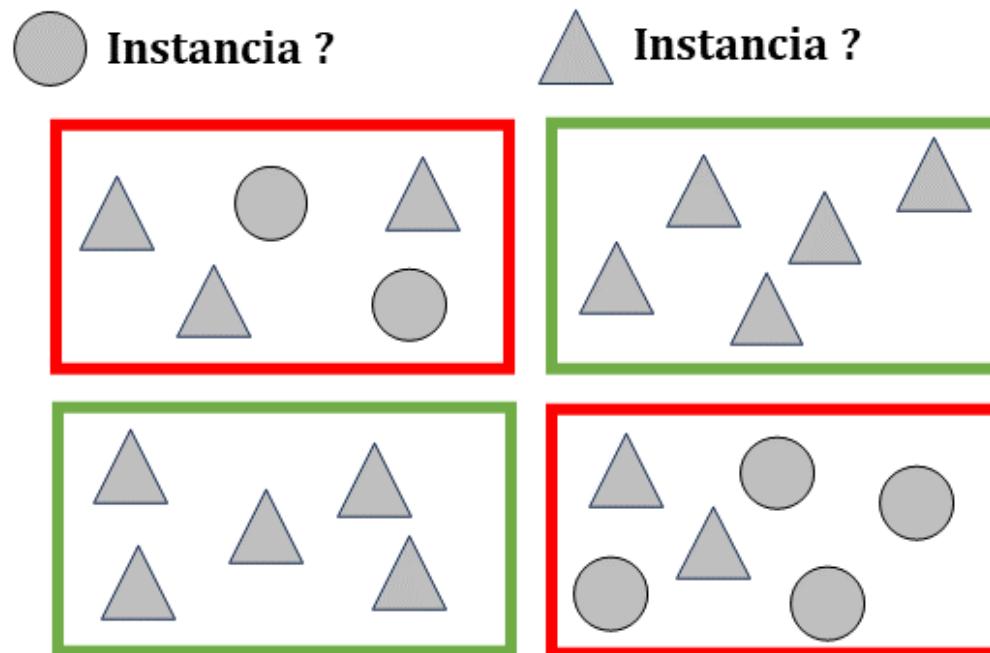


Figura: El etiquetado supone un «cuello de botella».

# Multiple Instance Learning (MIL)



# Multiple Instance Learning (MIL)



# MIL: entrenamiento y predicción

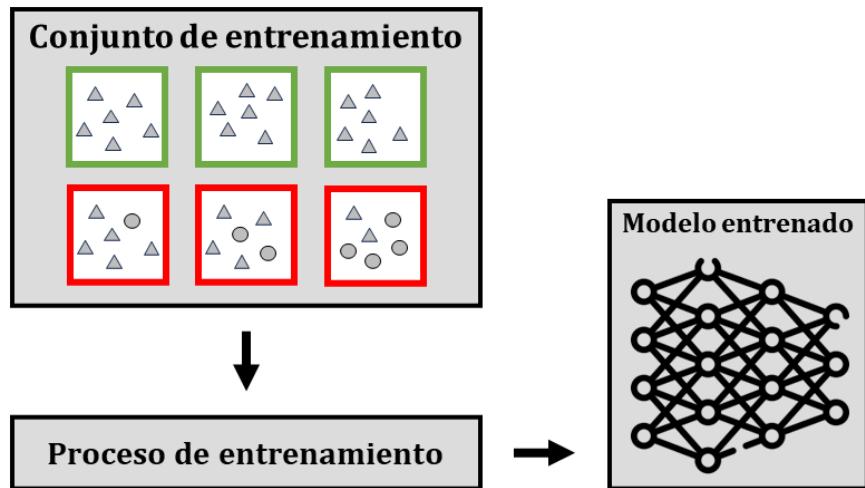


Figura: Entrenamiento en MIL

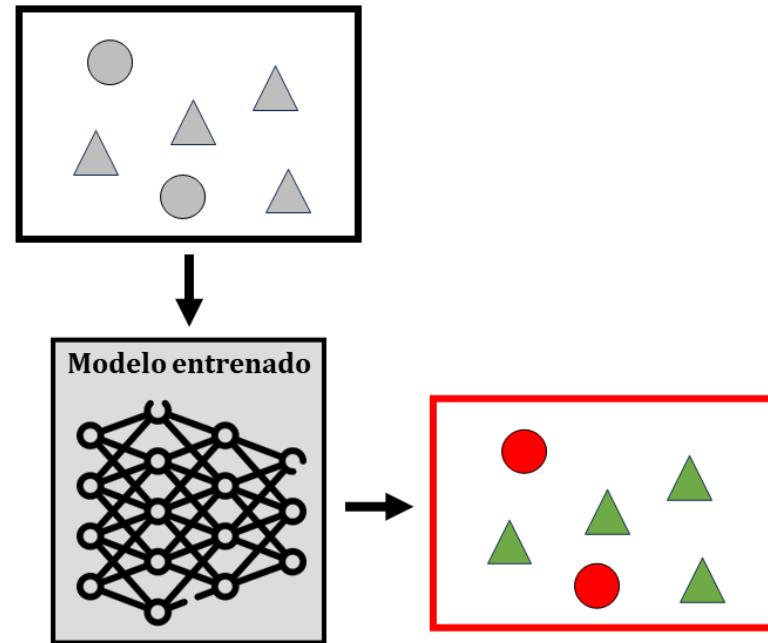


Figura: Predicción en MIL

# MIL e imágenes médicas: ¿por qué es tan útil?

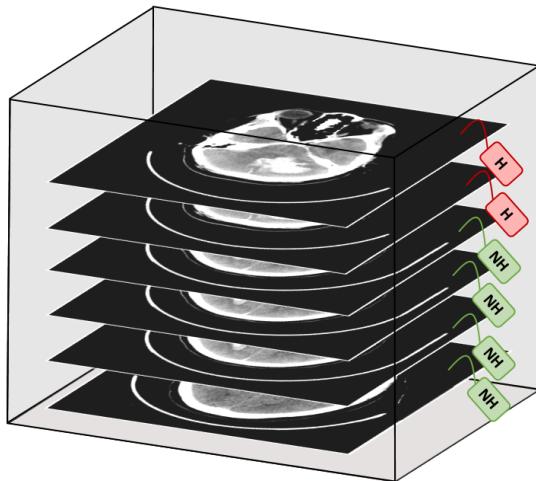


Figura: TAC de la cabeza etiquetado según el paradigma supervisado.

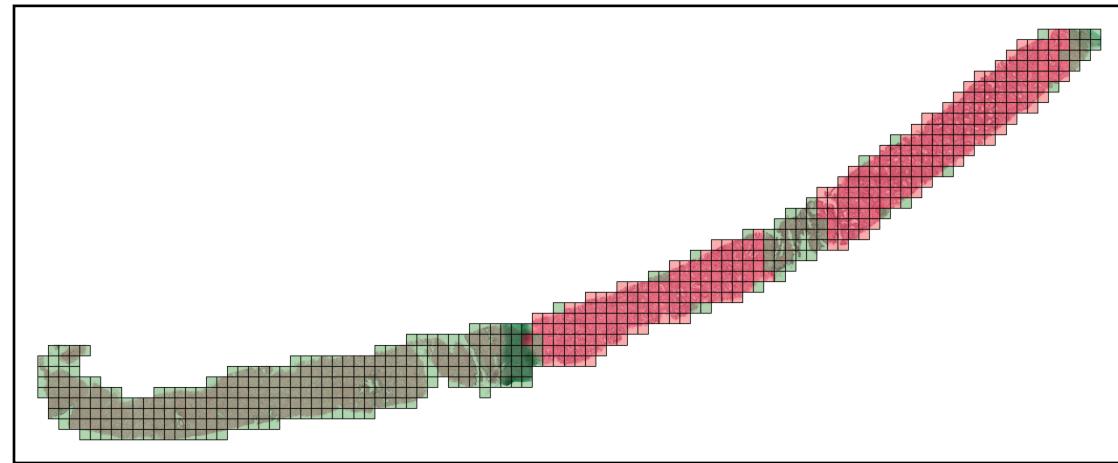


Figura: WSI etiquetada según el paradigma supervisado.

# MIL e imágenes médicas: ¿por qué es tan útil?

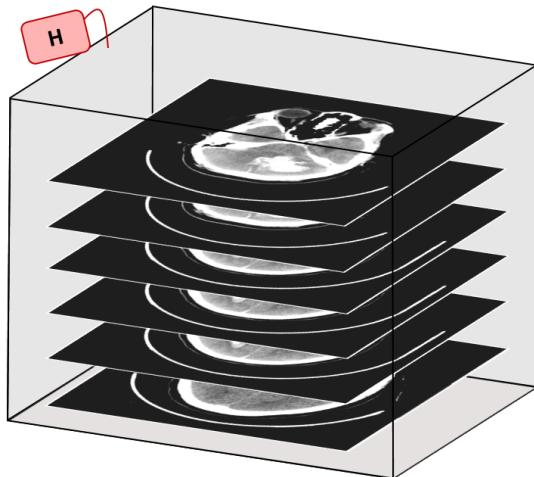


Figura: TAC de la cabeza etiquetado según el paradigma MIL.

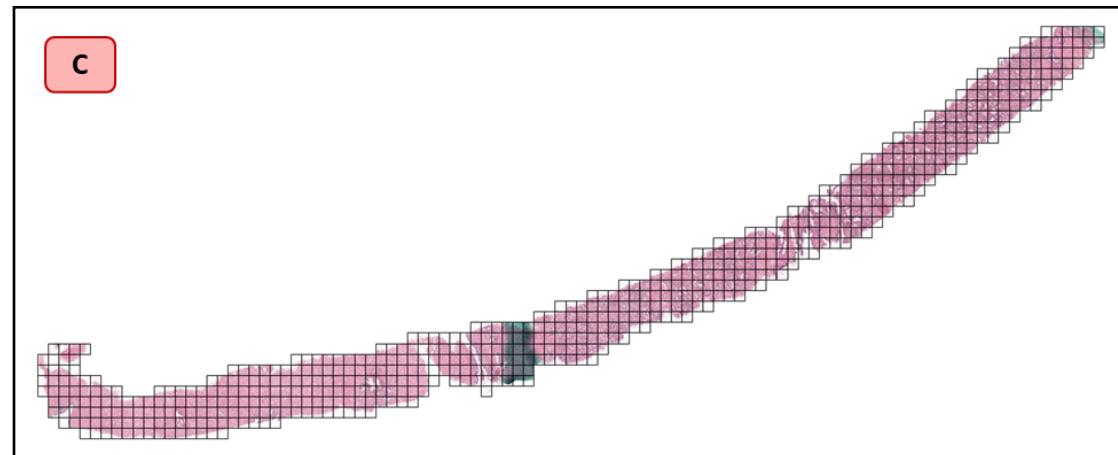


Figura: WSI etiquetada según el paradigma MIL.

# MIL e imágenes médicas: ¿por qué es tan útil?

¡La información a nivel de **bolsa** se encuentra en el **historial médico**! ¡Y conseguirla es «**gratis**»!

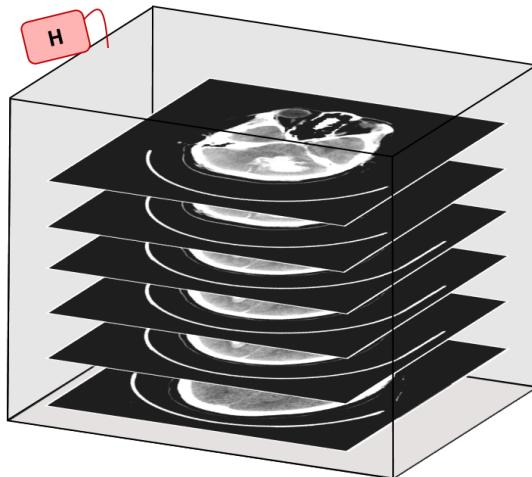


Figura: TAC de la cabeza etiquetado según el paradigma MIL.

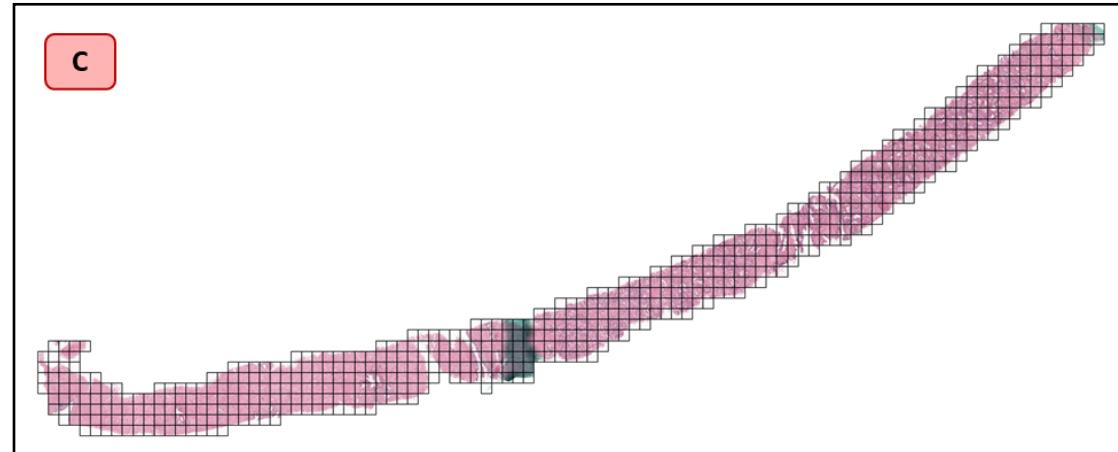


Figura: WSI etiquetada según el paradigma MIL.

# Aplicaciones

## Dos de nuestros trabajos

# Detección de hemorragia intracranial

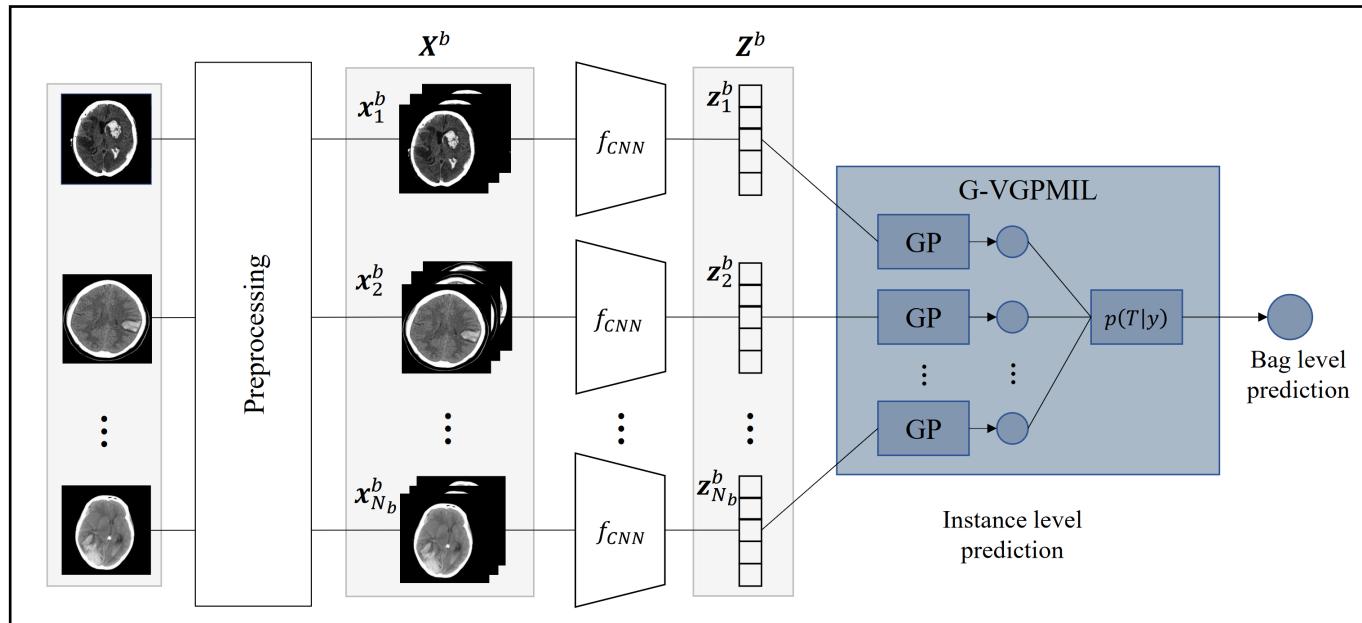


Figura: Modelo basado en Procesos Gaussianos.

**Publicación:** F. M. Castro-Macías, P. Morales-Álvarez, Y. Wu, R. Molina, and A.K. Katsaggelos. Hyperbolic Secant Representation of the Logistic Function: Application to Probabilistic Multiple Instance Learning for CT Intracranial Hemorrhage Detection. Artificial Intelligence Journal (en revisión).

# Detección de hemorragia intracranial

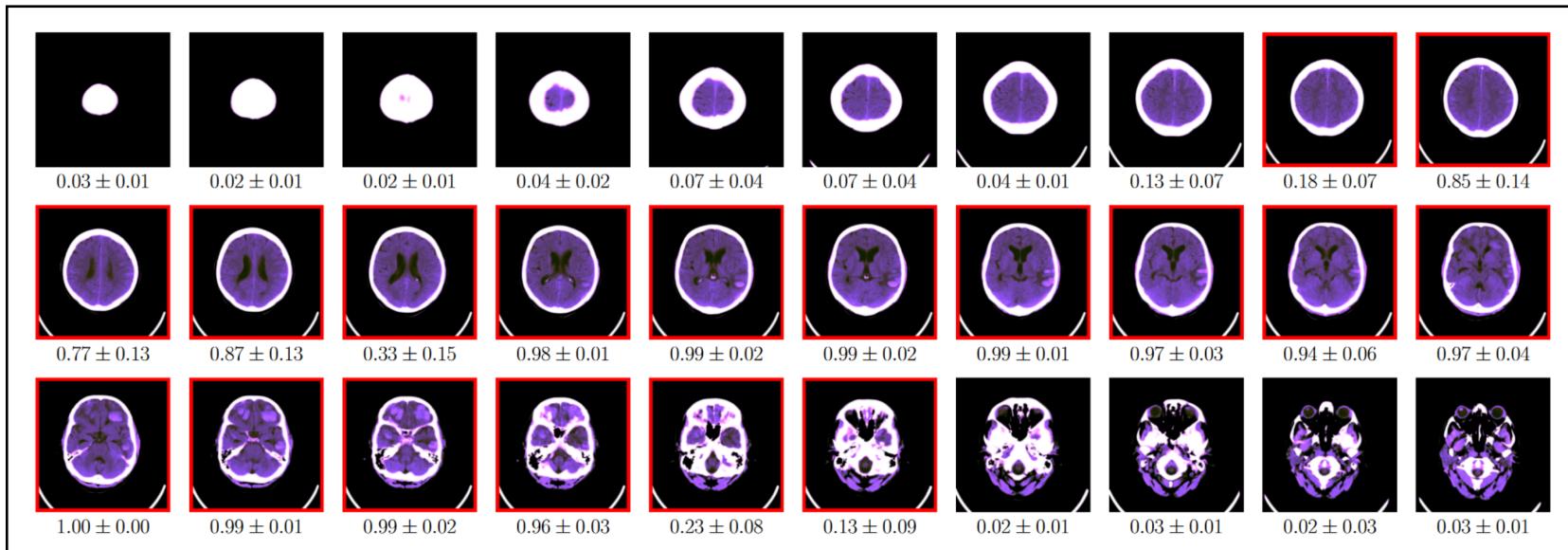


Figura: Diagnóstico obtenido usando el modelo basado en Procesos Gaussianos.

**Publicación:** F. M. Castro-Macías, P. Morales-Álvarez, Y. Wu, R. Molina, and A.K. Katsaggelos. Hyperbolic Secant Representation of the Logistic Function: Application to Probabilistic Multiple Instance Learning for CT Intracranial Hemorrhage Detection. Artificial Intelligence Journal (en revisión).

# Suavidad

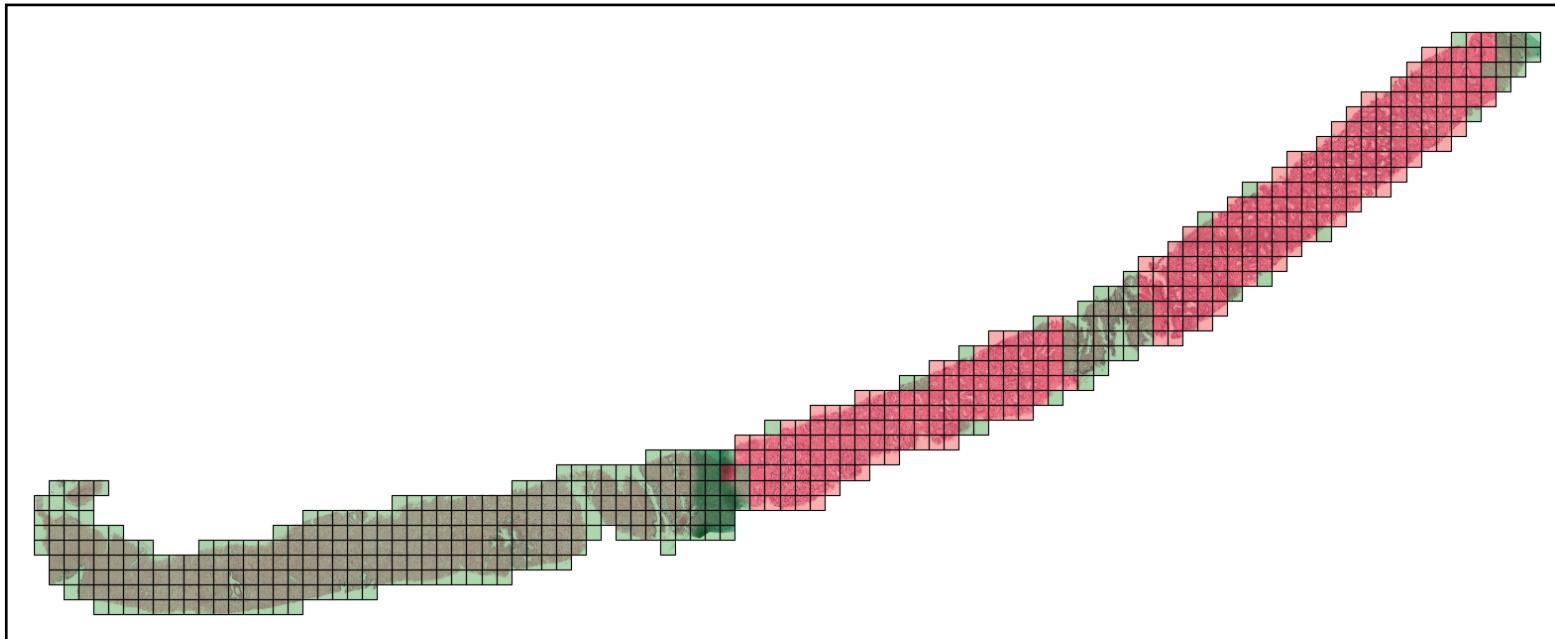


Figura: Instancias contiguas suelen tener la misma etiqueta.

# Suavidad

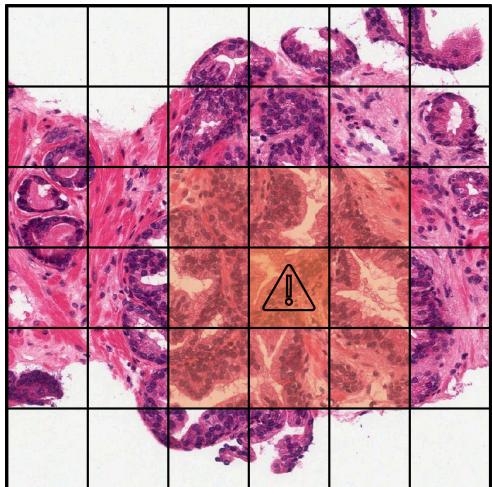


Figura: Correlación entre instancias.

$$p(\mathbf{h} \mid \mathbf{f}) = \mathcal{N}(\mathbf{h} \mid \mathbf{C}\mathbf{f}, \mathbf{C})$$

$$\mathbf{C} = (\lambda\mathbf{L} + \mathbf{I})^{-1}$$

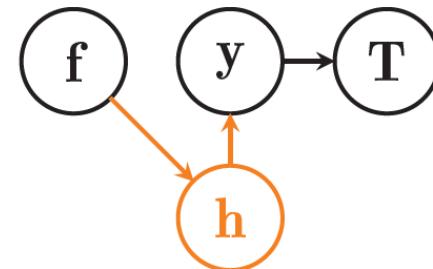


Figura: Modelo gráfico probabilístico.

**Publicación:** P. Morales-Álvarez, A. Schmidt, J.M. Hernández-Lobato, R. Molina. Introducing instance correlation in multiple instance learning. Application to cancer detection on histopathological images. *Pattern Recognition*, 2024.

**Publicación:** Y. Wu, F. M. Castro-Macías, P. Morales-Álvarez, R. Molina, A.K. Katsaggelos. Smooth Attention for Deep Multiple Instance Learning: Application to CT Intracranial Hemorrhage Detection. *MICCAI*, 2023.

# Suavidad y detección de cáncer de próstata



Figura: WSI no cancerigena.

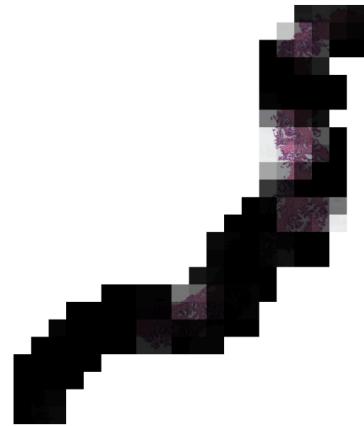


Figura: Predicción obtenida con el modelo original.

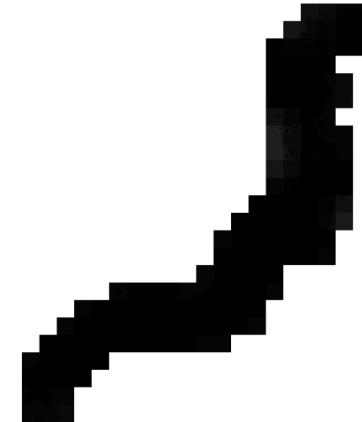


Figura: Predicción obtenida con el modelo de suavidad.

**Publicación:** P. Morales-Álvarez, A. Schmidt, J.M. Hernández-Lobato, R. Molina. Introducing instance correlation in multiple instance learning. Application to cancer detection on histopathological images. Pattern Recognition, 2024.

**Publicación:** Y. Wu, F. M. Castro-Macías, P. Morales-Álvarez, R. Molina, A.K. Katsaggelos. Smooth Attention for Deep Multiple Instance Learning: Application to CT Intracranial Hemorrhage Detection. MICCAI, 2023.

# Conclusiones

# Conclusiones

- Problema del etiquetado → Aprendizaje débilmente supervisado.
- Multiple Instance Learning → Mínimo esfuerzo de anotación.
- Muchas preguntas por responder:
  - Dividir la imagen en *parches* → Tokens → ¿Transformers?
  - Incertidumbre.
  - Importancia de las representaciones.
  - ...

# ¡Gracias!

