

***INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA EN LA VALORACIÓN DE  
INJERTOS HEPÁTICOS COMO HERRAMIENTA EN LA TOMA DE  
DECISIONES: ACTUALIZACIÓN DEL ALGORITMO LIVER GRAFT  
PREDICT***

Miguel CUENDE DIEZ

FEA Cirugía HPB y Trasplante Hepático  
Hospital General Universitario de Toledo

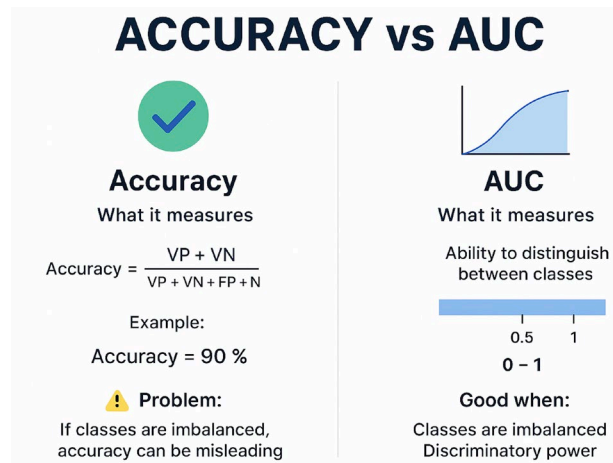
**Juan M. Castillo Tuñón<sup>1</sup> , Beatriz Pontes Balanza<sup>2</sup> , Daniel Mateos García<sup>2</sup> , Javier Padillo Ruiz<sup>3</sup> , Jose C. Riquelme Santos<sup>2</sup> , Jose M. Álamo Martínez<sup>3</sup> , Carmen Bernal Bellido<sup>3</sup> , Gonzalo Suarez Artacho<sup>3</sup> , Carmen Cepeda Franco<sup>3</sup> , Miguel A. Gómez Bravo<sup>3</sup> Gloria De La Rosa Rodríguez<sup>4</sup> , Diego López Guerra<sup>5</sup> , Dora Gómez Pasantes<sup>6</sup> , Mikel Prieto Calvo<sup>7</sup> , María Pérez Reyes<sup>8</sup> , José A. López Baena<sup>9</sup> , Mireia Domínguez Bastante<sup>10</sup> , Carmen Bernardo <sup>11</sup> , Carlos García Sánchez<sup>12</sup> , Luis M. Marín Gómez<sup>3</sup>**

**1) Unidad de Cirugía HPB y Trasplante hepático Hospital Universitario de Toledo 2) Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos Universidad de Sevilla 3) Unidad de Cirugía HPB y Trasplante hepático Hospital Universitario Virgen del Rocío 4) Organización Nacional de Trasplante, España 5) Unidad de Trasplante Hepático Badajoz 6) Unidad de Trasplante Hepático La Coruña 7) Unidad de Trasplante Hepático Bilbao 8) Unidad de Trasplante Hepático Málaga 9) Unidad de Trasplante Hepático Gregorio Marañón 10) Unidad de Trasplante Hepático Granada 11) Unidad de Trasplante Hepático Oviedo 12) Unidad de Trasplante Hepático Sevilla**

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA EN LA VALORACIÓN DE INJERTOS HEPÁTICOS COMO HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES: ACTUALIZACIÓN DEL ALGORITMO LIVER GRAFT PREDICT

## Objetivo:

Optimizar el algoritmo de la aplicación original mediante la incorporación de big data y una cohorte prospectiva multicéntrica con idea de aumentar su exactitud (Accuracy).



## Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation

2023

Mamatha Bhat<sup>1,2,3,4,\*</sup>, Madhumitha Rabindranath<sup>1,2,3</sup>, Beatriz Sordi Chara<sup>5</sup>, Douglas A. Simonetto<sup>5</sup>Hepatology International (2022) 16:495–508  
<https://doi.org/10.1007/s12072-021-10291-7>

## REVIEW ARTICLE



### Application of machine learning in liver transplantation: a review

Jason Tran<sup>1</sup> · Divya Sharma<sup>2,4</sup> · Neta Gotlieb<sup>3</sup> · Wei Xu<sup>2,4</sup> · Mamatha Bhat<sup>3,5</sup>Received: 22 July 2021 / Accepted: 15 December 2021 / Published online: 12 January 2022  
© Asian Pacific Association for the Study of the Liver 2022

2022

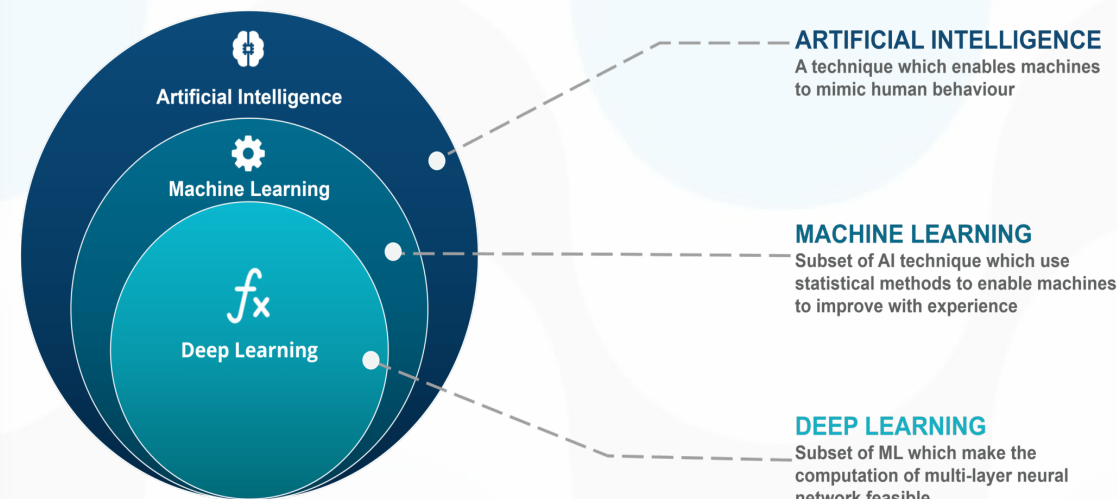
## HEPATOLOGY



REVIEWS | HEPATOLOGY, VOL. 71, NO. 3, 2020

## Applying Machine Learning in Liver Disease and Transplantation: A Comprehensive Review

2020

Ashley Spann<sup>ID</sup>,<sup>1</sup> Angeline Yasodhara,<sup>2</sup> Justin Kang,<sup>3</sup> Kymberly Watt,<sup>4</sup> Bo Wang,<sup>2</sup> Anna Goldenberg,<sup>2</sup> and Mamatha Bhat<sup>3,5</sup>

### Ventajas de la Machine Learning:

- Permite estudiar bases de datos “N” elevada y múltiples variables.
- Permite estudiar **relaciones NO-lineales** entre distintos factores de riesgo
- Aprende del propio análisis de la base de datos y encuentra patrones que le permiten generar **predicciones**



# Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation

2023

Mamatha Bhat<sup>1,2,3,4,\*</sup>, Madhumitha Rabindranath<sup>1,2,3</sup>, Beatriz Sordi Chara<sup>5</sup>, Douglas A. Simonetto<sup>5</sup>Hepatology International (2022) 16:495–508  
<https://doi.org/10.1007/s12072-021-10291-7>

## REVIEW ARTICLE



## Application of machine learning in liver transplantation: a review

Jason Tran<sup>1</sup> · Divya Sharma<sup>2,4</sup> · Neta Gotlieb<sup>3</sup> · Wei Xu<sup>2,4</sup> · Mamatha Bhat<sup>3,5</sup>Received: 22 July 2021 / Accepted: 15 December 2021 / Published online: 12 January 2022  
© Asian Pacific Association for the Study of the Liver 2022

2022

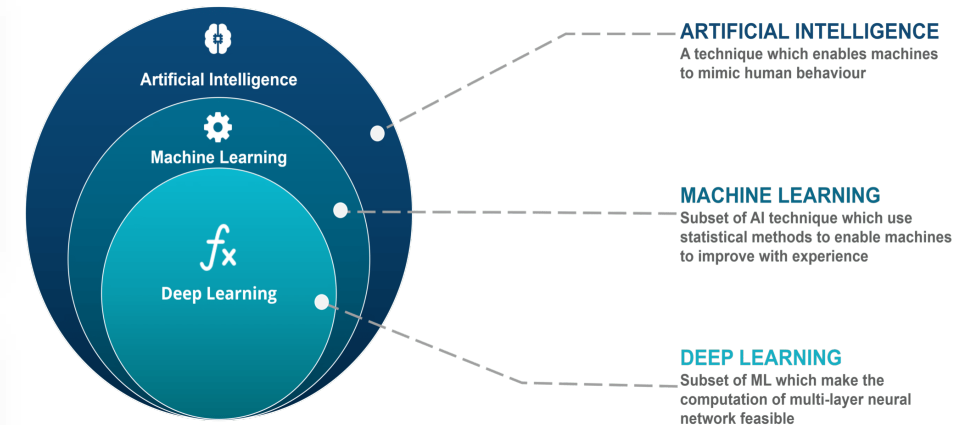
## HEPATOLOGY



REVIEWS | HEPATOLOGY, VOL. 71, NO. 3, 2020

## Applying Machine Learning in Liver Disease and Transplantation: A Comprehensive Review

2020

Ashley Spann<sup>ID</sup>,<sup>1</sup> Angeline Yasodhara,<sup>2</sup> Justin Kang,<sup>3</sup> Kymberly Watt,<sup>4</sup> Bo Wang,<sup>2</sup> Anna Goldenberg,<sup>2</sup> and Mamatha Bhat<sup>3,5</sup>

## UTILIDAD EN EL TRASPLANTE HEPATICO:

- Diagnostico de cirrosis y evaluación
- Matching donante receptor, segmentación hepática, esteatosis, mortalidad en lista.
- Supervivencia tras el trasplante.
- Rechazo / Fallo del injerto.
- Complicaciones post-trasplante.

## ¿Valoración de injertos?

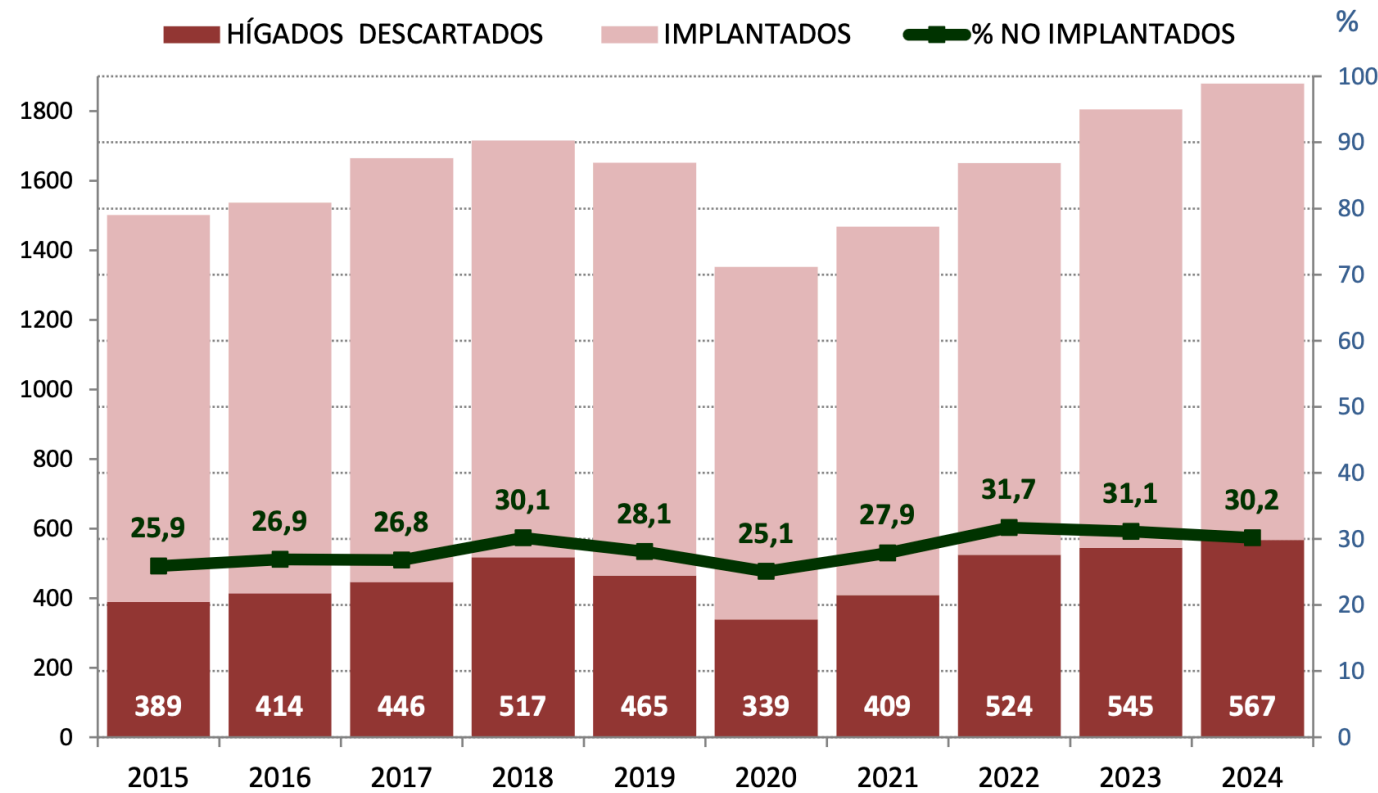


Figura 19. Injertos hepáticos extraídos no implantados (n y %). España 2015-2024.

Tabla 4. Causas de no implante de hígados extraídos (N=567). España 2024.

	N	%
Aspecto Macroscópico	404	71.3
Sin Especificar	120	21.2
Esteatosis	128	22.6
Ateromatosis	46	8.1
Mala perfusión	65	11.5
Fibrosis	24	4.2
Isquémico	21	3.7
Cirrosis / hepatopatía	22	3.9
Biopsia	22	3.9
Tumor fuera del órgano valorado	16	2.8
Problemas anatómicos	8	1.4
Problema quirúrgico durante la extracción	8	1.4
Tumor en el órgano valorado	3	0.5
Otras	84	14.8

## Assessment of cadaveric livers discarded from transplantation. A correlation between clinical and histological parameters

Jarosław Czerwiński <sup>1</sup>, Agnieszka Perkowska, Andrzej Mróz, Beata Lagiewska, Leszek Adadyński, Magdalena Durlak, Maciej Głyda, Wojciech Lisik, Marek Pacholczyk, Leszek Paczek, Wojciech Polak, Zbigniew Sledzinski, Dariusz Wasiak, Zbigniew Włodarczyk, Janusz Wałaszewski, Piotr Małkowski, Andrzej Chmura, Wojciech Rowiński

**Conclusions:** Results of biopsies suggested that approximately in one third of livers discarded from transplantation due to clinical donor parameters could have been harvested from histological point of view. Several donor clinical risk factors (alcohol addiction, hyperbilirubinemia, increased transaminase activity) correlate with severe histological changes rendering the liver "not suitable for transplantation".

### Original article

## Risk Factors for No Valid Liver Graft. Multivariate Study Based on the Variables Included in the Donation Protocol of the National Trasplant Organisation<sup>☆</sup>



Juan Manuel Castillo Tuñón,<sup>a</sup> Luis Miguel Marin Gomez,<sup>b,\*</sup> Gonzalo Suarez Artacho,<sup>b</sup> Carmen Cepeda Franco,<sup>b</sup> Carmen Bernal Bellido,<sup>b</sup> Jose Maria Álamo Martínez,<sup>b</sup> Francisco Javier Padillo Ruiz,<sup>b</sup> Miguel Angel Gómez Bravo<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Hospital Universitario de Badajoz, Badajoz, Spain

<sup>b</sup> Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, Spain

## Tabla 2 – Injertos NO válidos, comparación entre subgrupo con biopsia patológica y biopsia no patológica (estudio univariante)

Variable	Patológica	No patológica	p
n	74 (78%)	21 (22%)	

**>20% de los hígados valorados que son rechazados in situ  
NO presentan hallazgos histológicos patológicos**

► Front Surg. 2023 Sep 22;10:1048451. doi: [10.3389/fsurg.2023.1048451](https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1048451)

## Development of a liver graft assessment expert machine-learning system: when the artificial intelligence helps liver transplant surgeons

[Beatriz Pontes Balanza](#)<sup>1,‡</sup>, [Juan M Castillo Tuñón](#)<sup>2,\*‡</sup>, [Daniel Mateos García](#)<sup>1,‡</sup>, [Javier Padillo Ruiz](#)<sup>3,‡</sup>, [José C Riquelme Santos](#)<sup>1,‡</sup>, [José M Álamo Martínez](#)<sup>3,‡</sup>, [Carmen Bernal Bellido](#)<sup>3,‡</sup>, [Gonzalo Suarez Artacho](#)<sup>3,‡</sup>, [Carmen Cepeda Franco](#)<sup>3,‡</sup>, [Miguel A Gómez Bravo](#)<sup>3,†,‡</sup>, [Luis M Marín Gómez](#)<sup>3,†,‡</sup>



MINERVA  
artificial intelligence  
research lab



Unicéntrico  
N 350 (Donantes en muerte encefálica)  
227 injertos válidos  
123 injertos no válidos

Procesamiento de los datos con TPOT (Python – AutoML)  
y XGBoost Classifier

- Accuracy 76.29%
- AUC 0.79
- Precision = 0.7

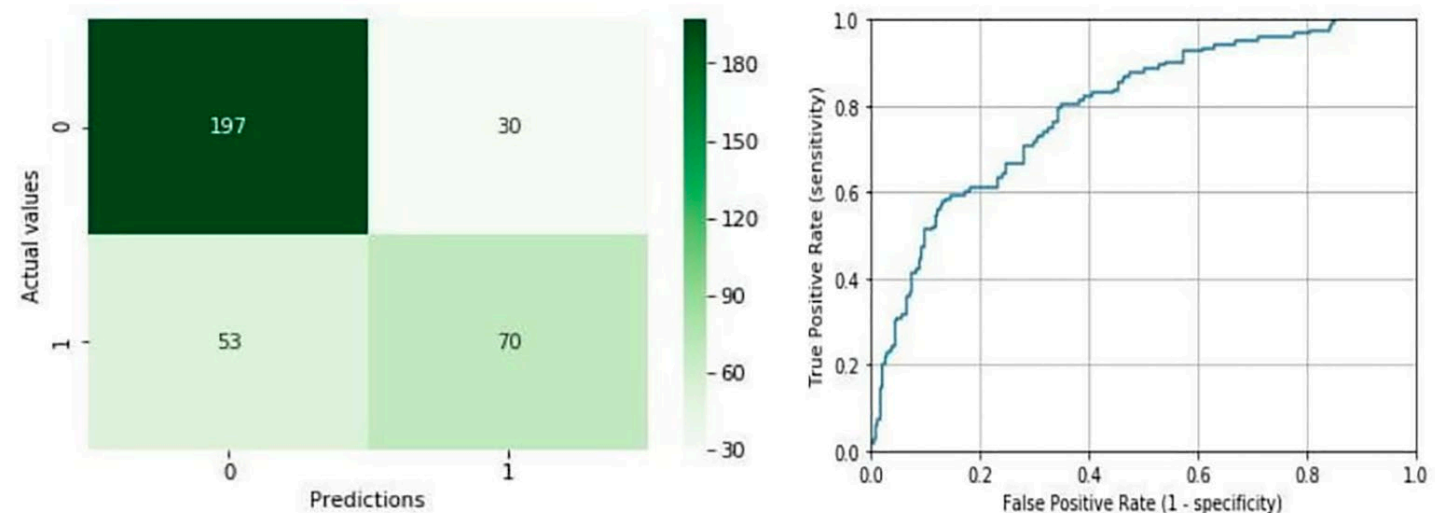


FIGURE 2

Confusion matrix and ROC curve for the best shuffle. Confusion matrix in the left shows the number of hits [true positives (TP) and true negatives (TN)] and errors [false positives (FP) and false negatives (FN)] for each class prediction. The ROC curve in the right represents the true positive rate (TPR) and false positive rate (FPR) of the model as the decision threshold of the classifier is varied. Its corresponding AUC is 0.79.



10:20

96

Login

Introduzca su institución:

Hospital...

Introduzca Contraseña:

Contraseña

Iniciar Sesión

10:21

96

Inicio

Añadir Injerto

Rellene todos los campos para poder añadir correctamente un Injerto.

Género:

Seleccione Género...

Edad:

Edad

Peso (kg):

0,00

Talla (cm):

0,00

HTA: Sí

Sí

No

DM: Sí

Sí

No

DLP: Sí

Sí

No

APM: Sí

Sí

No

APQ: Sí

Sí

No

Ecografía: Normal

10:21

96

Inicio

Añadir Injerto

Ecografía: Patológica

Normal

Patológica

No Realizada

GOT:

0,00

GPT:

0,00

GGT:

0,00

BBT:

0,00

NA:

0,00

AMINAS (Noradrenalina): Sí

Sí

No

Dosis Máxima:

0,00

ACVHC: Sí

Sí

No

ACVHBC: Sí

Sí

No

10:22

96

+

Injertos no valorados: 5

Actualizar

ID: 183

Fecha: 16/10/2025 15:34

Edad: 64

Sexo: Femenino

Acierto: No añadido

Probabilidad: 66.87%

Validez: Válido

ID: 177

Fecha: 16/10/2025 08:03

Edad: 61

Sexo: Masculino

Acierto: Fallo

Probabilidad: 98.16%

Validez: Válido

ID: 182

Fecha: 15/10/2025 00:35

Edad: 50

Sexo: Masculino

Acierto: Fallo

Probabilidad: 96.43%

Validez: No válido

ID: 181

Fecha: 15/10/2025 00:32

Edad: 48

Sexo: Femenino

# *INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA EN LA VALORACIÓN DE INJERTOS HEPÁTICOS COMO HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES: ACTUALIZACIÓN DEL ALGORITMO LIVER GRAFT PREDICT*

**Material y métodos:** Se compararon los resultados del modelo original 2014-17 (#400) con los obtenidos tras aplicar técnicas de aprendizaje automático a dos cohortes nuevas:

- Retrospectiva multicéntrica 2021-24 aportada por la **ONT** con 4071 casos (#ONT)
- Prospectiva multicéntrica 2025 (#101) **SETH**

El análisis se realizó con TPOT, una herramienta de aprendizaje automático automatizado (AutoML), utilizando modelos avanzados como XGBoost y LGBM.

Para validar los resultados, se aplicó Cross-Validation, Train-Test Split y Leave-One-Out CV. Además, se hizo una validación externa con la cohorte #101.

## MODELO XGBoost (original LGP)

Población:

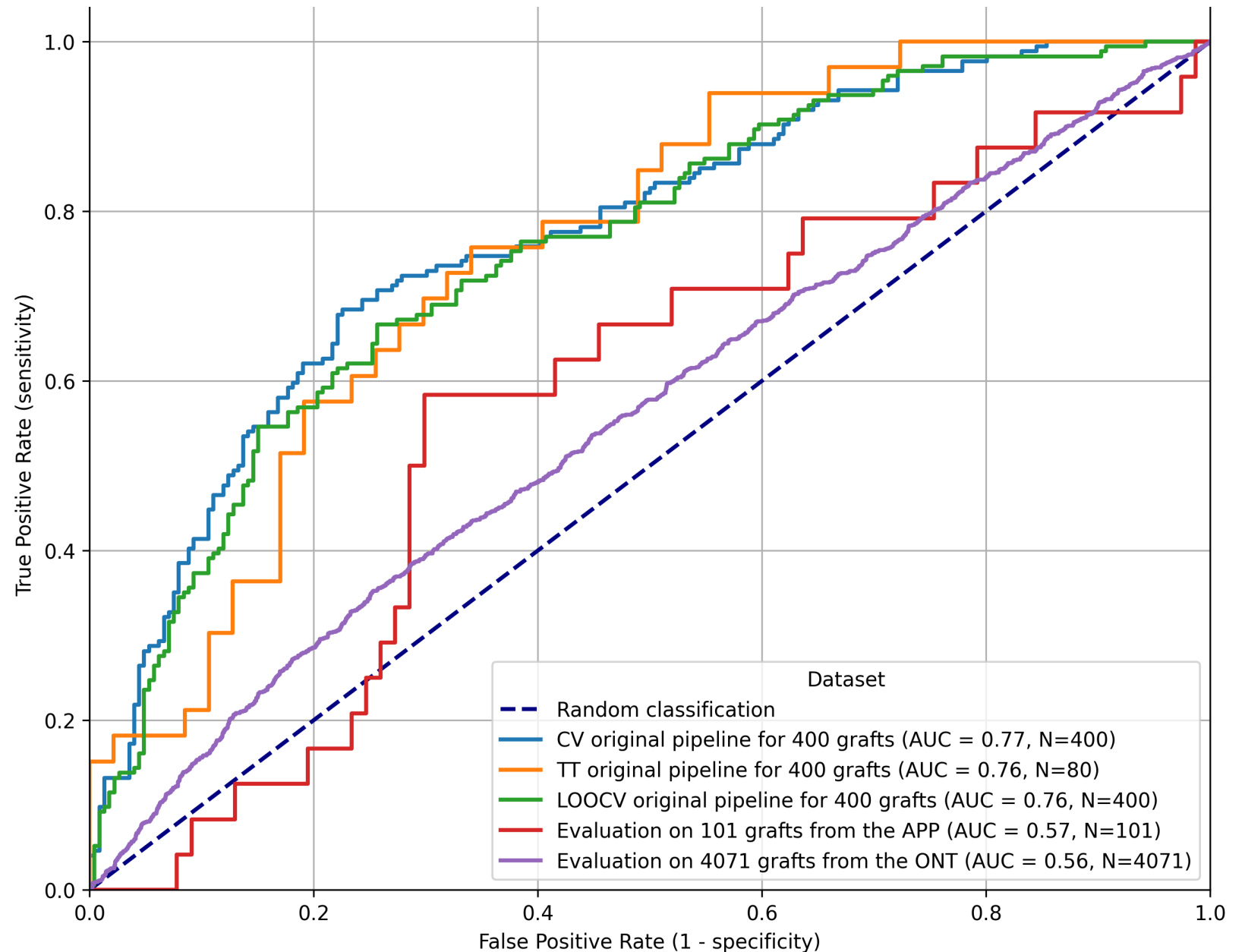
#400: N=400 (2014-2017),  
Unicéntrico prospectivo.

Validación Interna: CV, TT, LOOCV

Validación Externa: Evaluación  
con otras cohortes:

#101: N=101 Multicéntrico  
prospectivo (2025)

#4071: N=4071 (2021-2025)  
Multicéntrico retrospectivo



## MODELO LGBM

Población:

#4071: N=4071 (2021-2025)

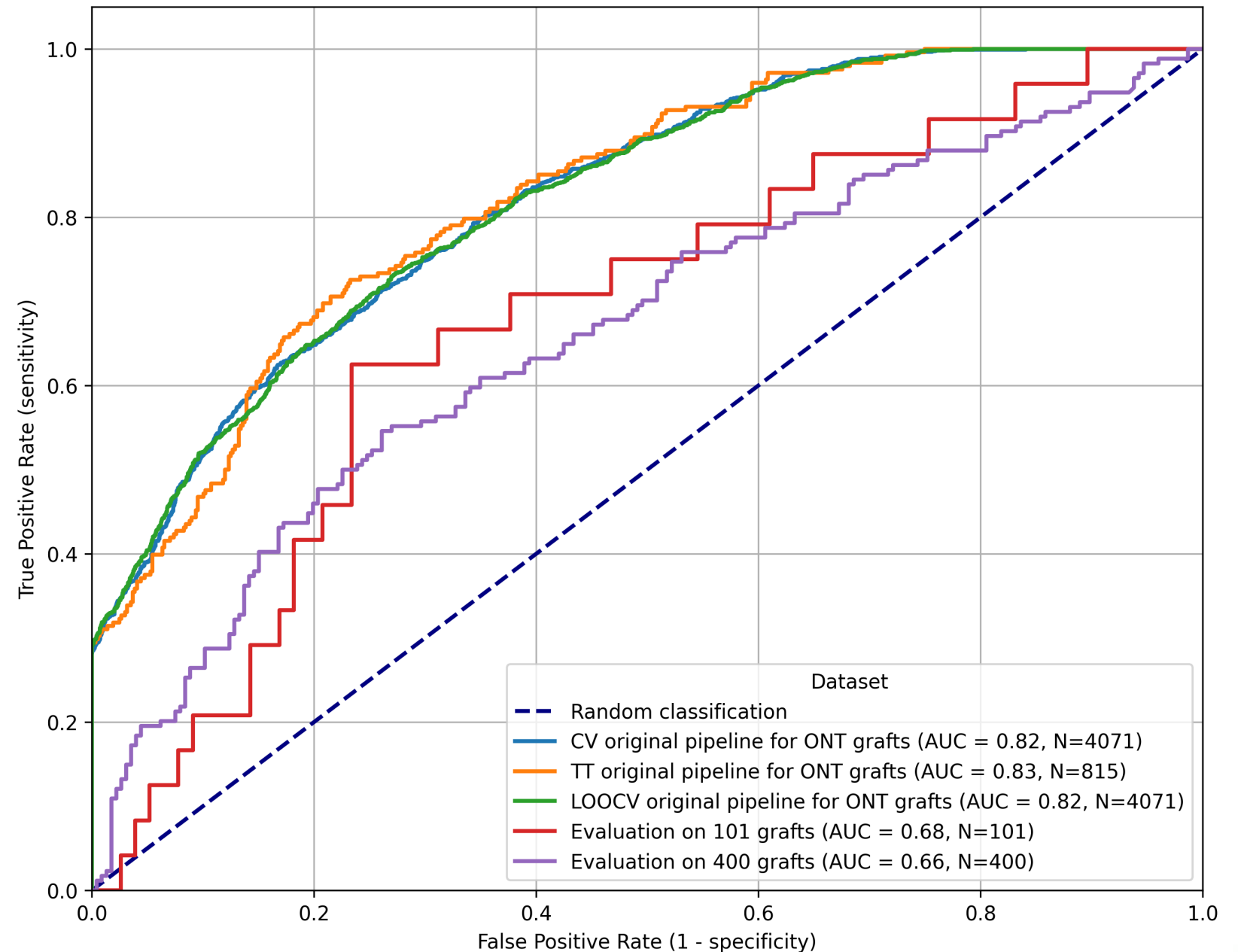
Multicéntrico retrospectivo

Validación Interna: CV, TT, LOOCV

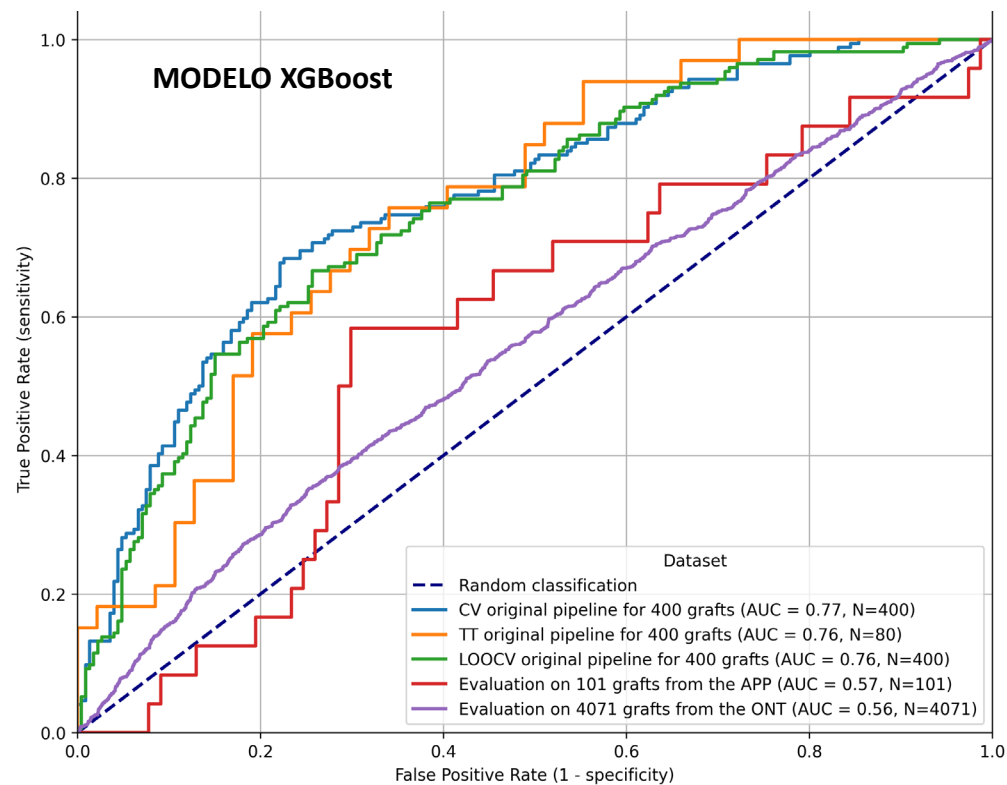
Validación Externa: Evaluación con otras cohortes:

#101: N=101, Multicéntrico, prospectivo (2025)

#400: N=400 (2014-2017), Unicéntrico, prospectivo.

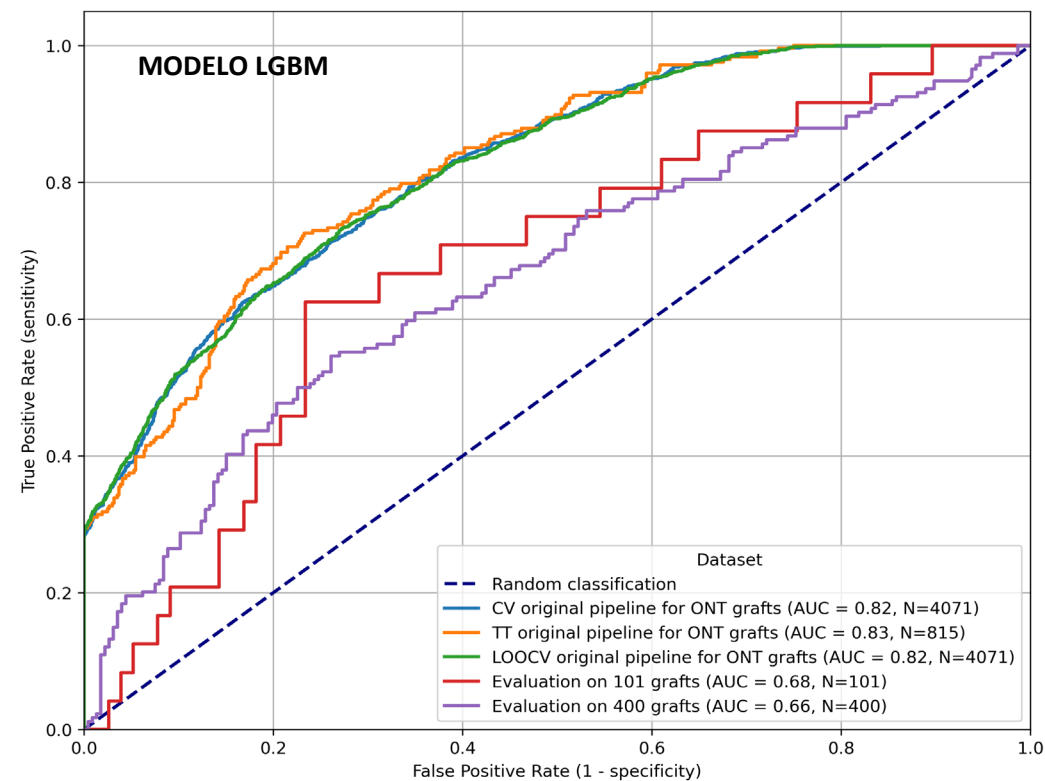






### MODELO XGBoost

	Accuracy	AUC
CV	0,73	0,77
TT	0,7	0,76
LOOCV	0,67	0,76
#101	0,44	0,57
#4071	0,41	0,56



### MODELO LGBM

	Accuracy	AUC
CV	0,79	0,82
TT	0,77	0,83
LOOCV	0,79	0,82
#101	0,72	0,68
#400	0,63	0,69

# CONCLUSIONES

La incorporación del algoritmo **LGP** basado en técnicas de aprendizaje automático puede **ayudar** en la **evaluación** de **injertos** hepáticos destinados al trasplante.

La exactitud (Accuracy) del algoritmo LGP original disminuye significativamente con la multicentricidad, el tamaño muestral y el carácter prospectivo.

La **exactitud del nuevo algoritmo (ONT #4071 con LGBM)** basado en big data **se aproxima a la del cirujano de trasplantes (estimada en AUC: 0,75).**

Aunque los resultados son prometedores, **es necesario realizar nuevos análisis** que determinen si la inclusión de diferentes combinaciones de variables puede incrementar su exactitud y reforzar su utilidad en el ámbito de la donación hepática.

# GRACIAS

Dr. Miguel Cuende Diez:  
[miguelcuendediez@gmail.com](mailto:miguelcuendediez@gmail.com)

Dr. Luis Miguel Marín Gómez  
[luism.marin@gmail.com](mailto:luism.marin@gmail.com)