

***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

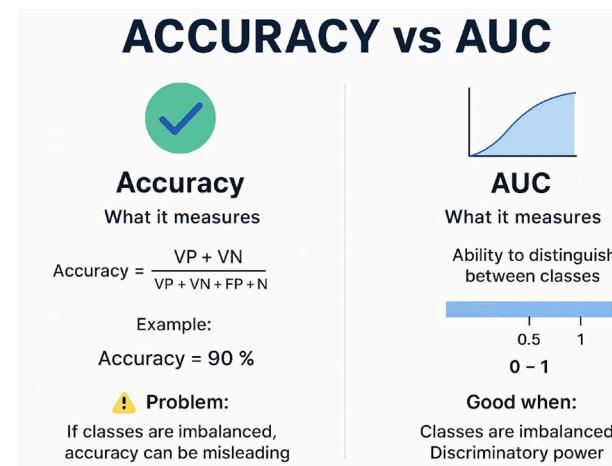
FEA Cirugía HPB y Trasplante Hepático
Hospital General Universitario de Toledo

Juan M. Castillo Tuñón¹ , Beatriz Pontes Balanza² , Daniel Mateos García² , Javier Padillo Ruiz³ , Jose C. Riquelme Santos² , Jose M. Álamo Martinez³ , Carmen Bernal Bellido³ , Gonzalo Suarez Artacho³ , Carmen Cepeda Franco³ , Miguel A. Gómez Bravo³ , Gloria De La Rosa Rodriguez⁴ , Diego López Guerra⁵ , Dora Gómez Pasantes⁶ , Mikel Prieto Calvo⁷ , María Pérez Reyes⁸ , José A. López Baena⁹ , Mireia Domínguez Bastante¹⁰ , Carmen Bernardo¹¹ , Carlos García Sánchez¹² , Luis M. Marín Gómez³

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

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^{1,2,3,4,*}, Madhumitha Rabindranath^{1,2,3}, Beatriz Sordi Chara⁵, Douglas A. Simonetto⁵Hepatology 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 Tran¹ · Divya Sharma^{2,4} · Neta Gotlieb³ · Wei Xu^{2,4} · Mamatha Bhat^{3,5}Received: 22 July 2021 / Accepted: 15 December 2021 / Published online: 12 January 2022
© Asian Pacific Association for the Study of the Liver 2022

2022

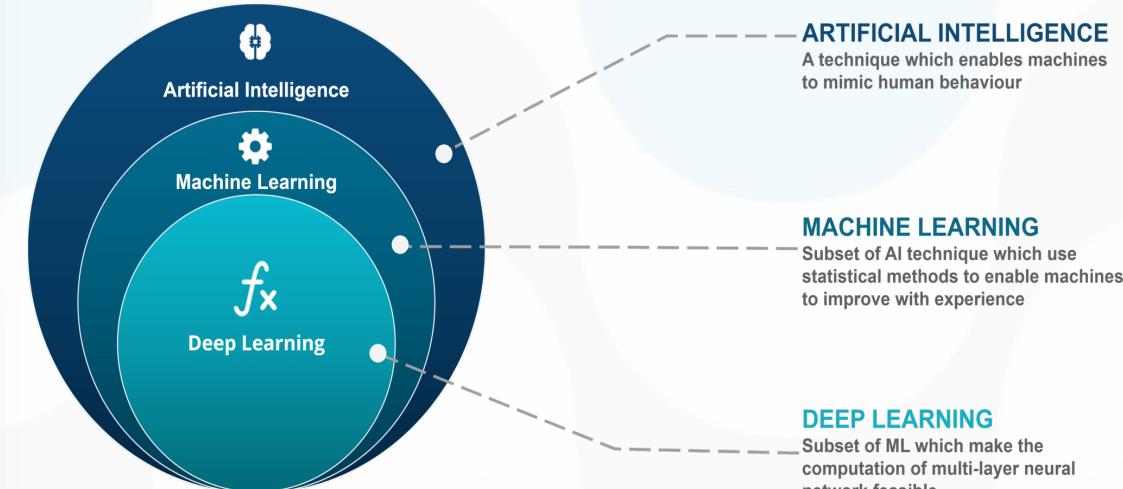
HEPATOLOGY



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

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

2020

Ashley Spann ,¹ Angeline Yasodhara,² Justin Kang,³ Kymberly Watt,⁴ Bo Wang,² Anna Goldenberg,² and Mamatha Bhat^{3,5}

ARTIFICIAL INTELLIGENCE
A technique which enables machines to mimic human behaviour

MACHINE LEARNING
Subset of AI technique which uses statistical methods to enable machines to improve with experience

DEEP LEARNING
Subset of ML which makes the computation of multi-layer neural network feasible

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^{1,2,3,4,*}, Madhumitha Rabindranath^{1,2,3}, Beatriz Sordi Chara⁵, Douglas A. Simonetto⁵

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 Tran¹ · Divya Sharma^{2,4} · Neta Gotlieb³ · Wei Xu^{2,4} · Mamatha Bhat^{3,5}

Received: 22 July 2021 / Accepted: 15 December 2021 / Published online: 12 January 2022
 © Asian Pacific Association for the Study of the Liver 2022

2022

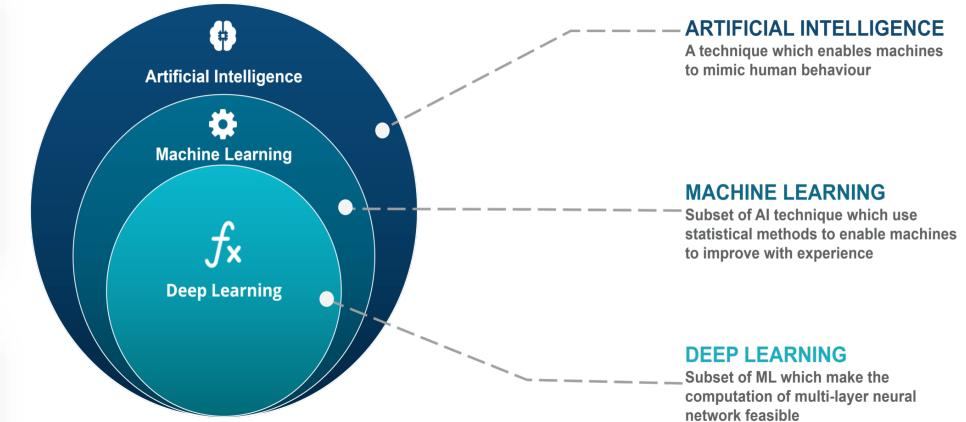
HEPATOLOGY

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



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

2020

Ashley Spann ,¹ Angeline Yasodhara,² Justin Kang,³ Kymberly Watt,⁴ Bo Wang,² Anna Goldenberg,² and Mamatha Bhat^{3,5}

UTILIDAD EN EL TRASPLANTE HEPATICO:

- Diagnóstico 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?

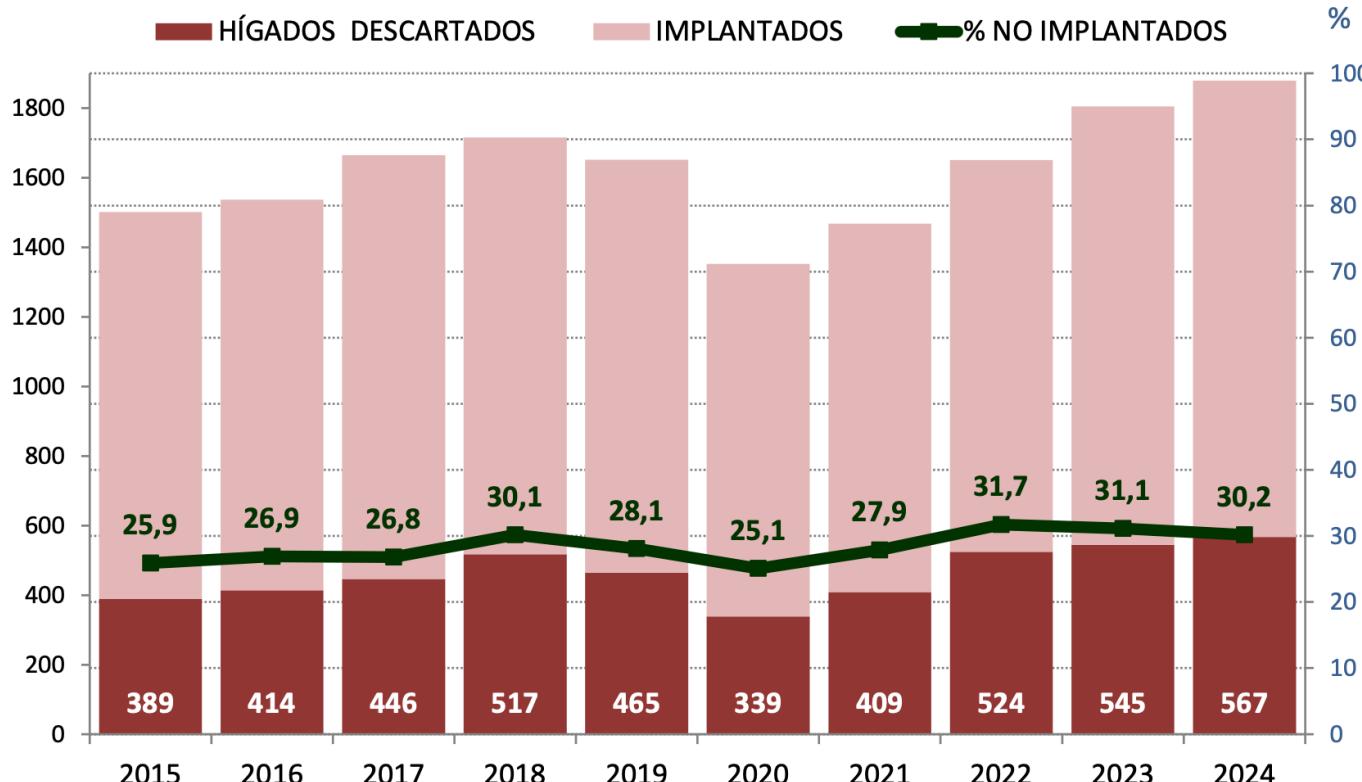


Figura 19. Injertos hepáticos extraídos no implantados (n y %). España 2015-2024.

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 ¹, Agnieszka Perkowska, Andrzej Mróz, Beata Lagiewska, Leszek Adadyński, Małgorzata Durlak, Małgorzata Głyda, Wojciech Lisik, Marek Pacholczyk, Leszek Paczek, Wojciech Polak, Zbigniew Słedzinski, Dariusz Wasiak, Zbigniew Włodarczyk, Janusz Wałaszewski, Piotr Małkowski, Andrzej Chmura, Wojciech Rowiński

Original article

Risk Factors for No Valid Liver Graft. Multivariate Study Based on the Variables Included in the Donation Protocol of the National Transplant Organisation[☆]



Juan Manuel Castillo Tuñón, ^a Luis Miguel Marín Gómez, ^{b,*} Gonzalo Suárez Artacho, ^b Carmen Cepeda Franco, ^b Carmen Bernal Bellido, ^b José María Álamo Martínez, ^b Francisco Javier Padillo Ruiz, ^b Miguel Ángel Gómez Bravo ^b

^aHospital Universitario de Badajoz, Badajoz, Spain

^bHospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, Spain

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".

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

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

Beatriz Pontes Balanza^{1,‡}, Juan M Castillo Tuñón^{2,*‡}, Daniel Mateos García^{1,‡}, Javier Padillo Ruiz^{3,‡}, José C

Riquelme Santos^{1,‡}, José M Álamo Martínez^{3,‡}, Carmen Bernal Bellido^{3,‡}, Gonzalo Suárez Artacho^{3,‡}, Carmen

Cepeda Franco^{3,‡}, Miguel A Gómez Bravo^{3,†‡}, Luis M Marín Gómez^{3,†‡}



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

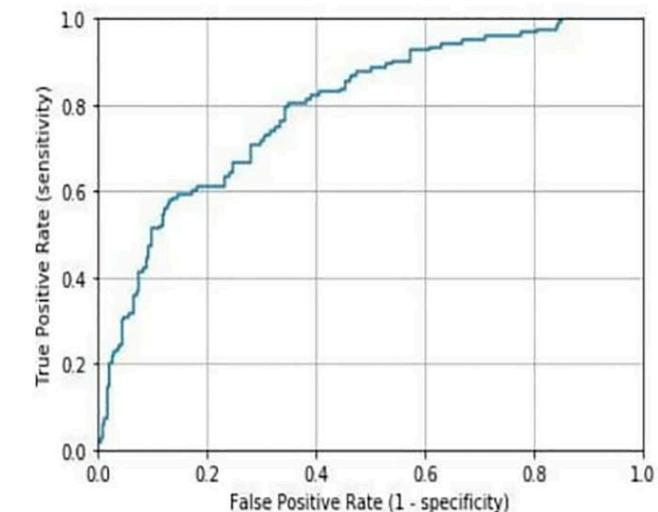
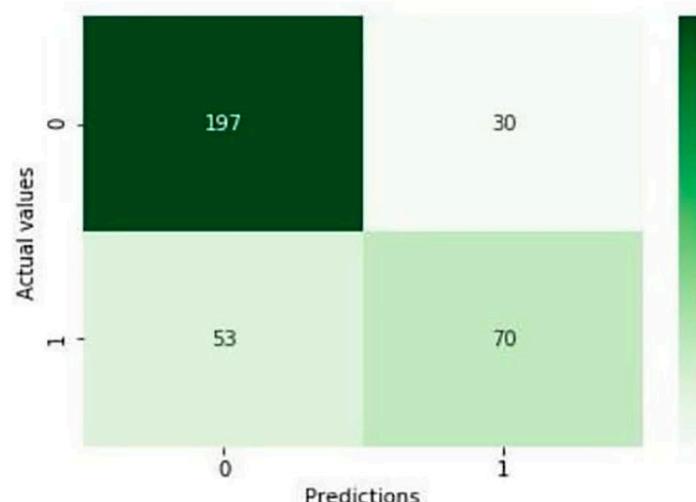
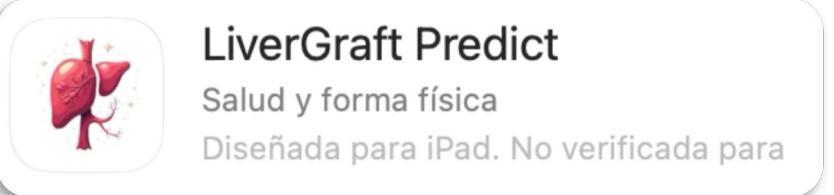


FIGURE 2

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

Login

Introduzca su institución:
Hospital...

Introduzca Contraseña:
Contraseña

Iniciar Sesión

10:21

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

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
- + | | |**
- 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: Femenina

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:

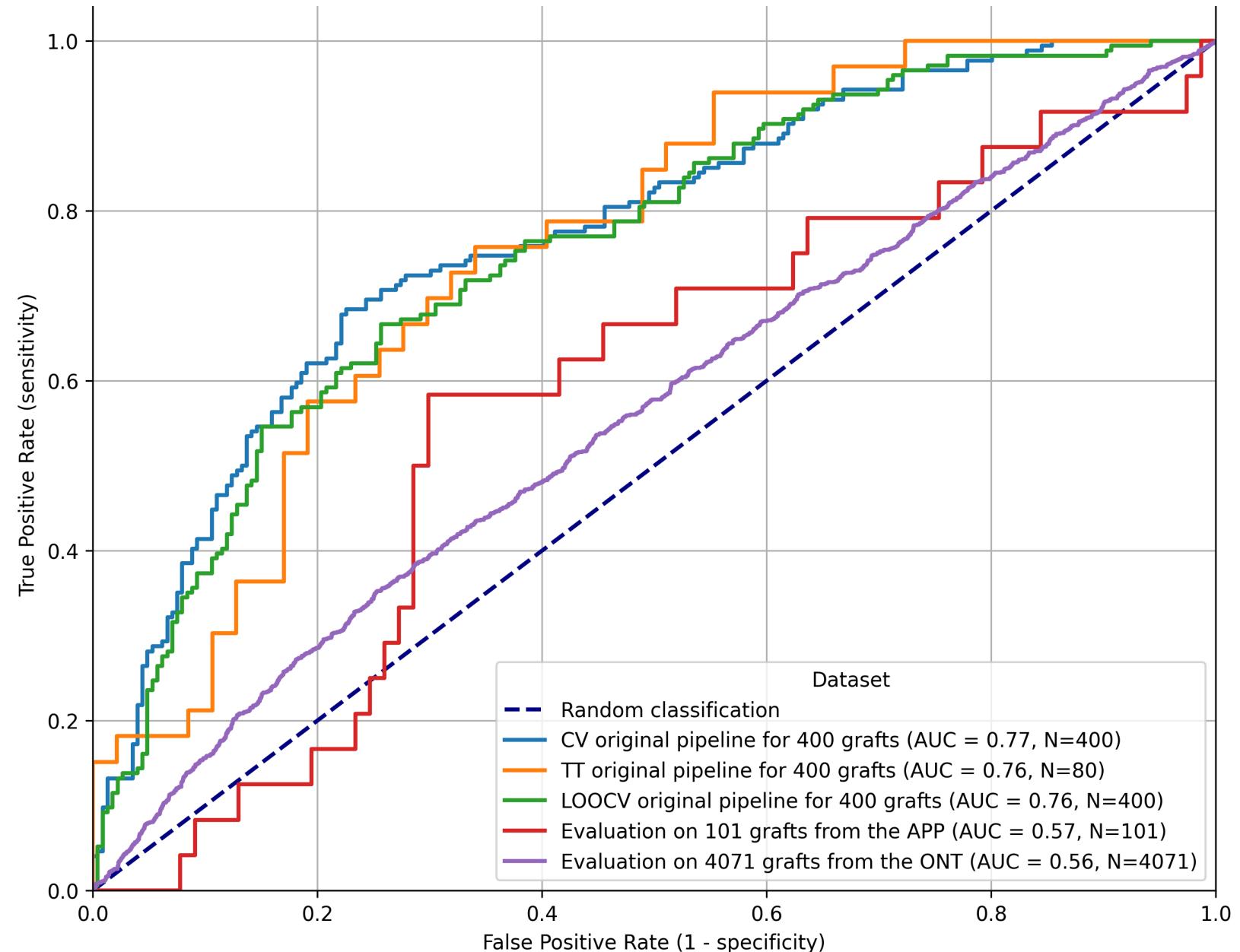
#400: N=400 (2014-2017),
Unicéntrico prospectivo.

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)

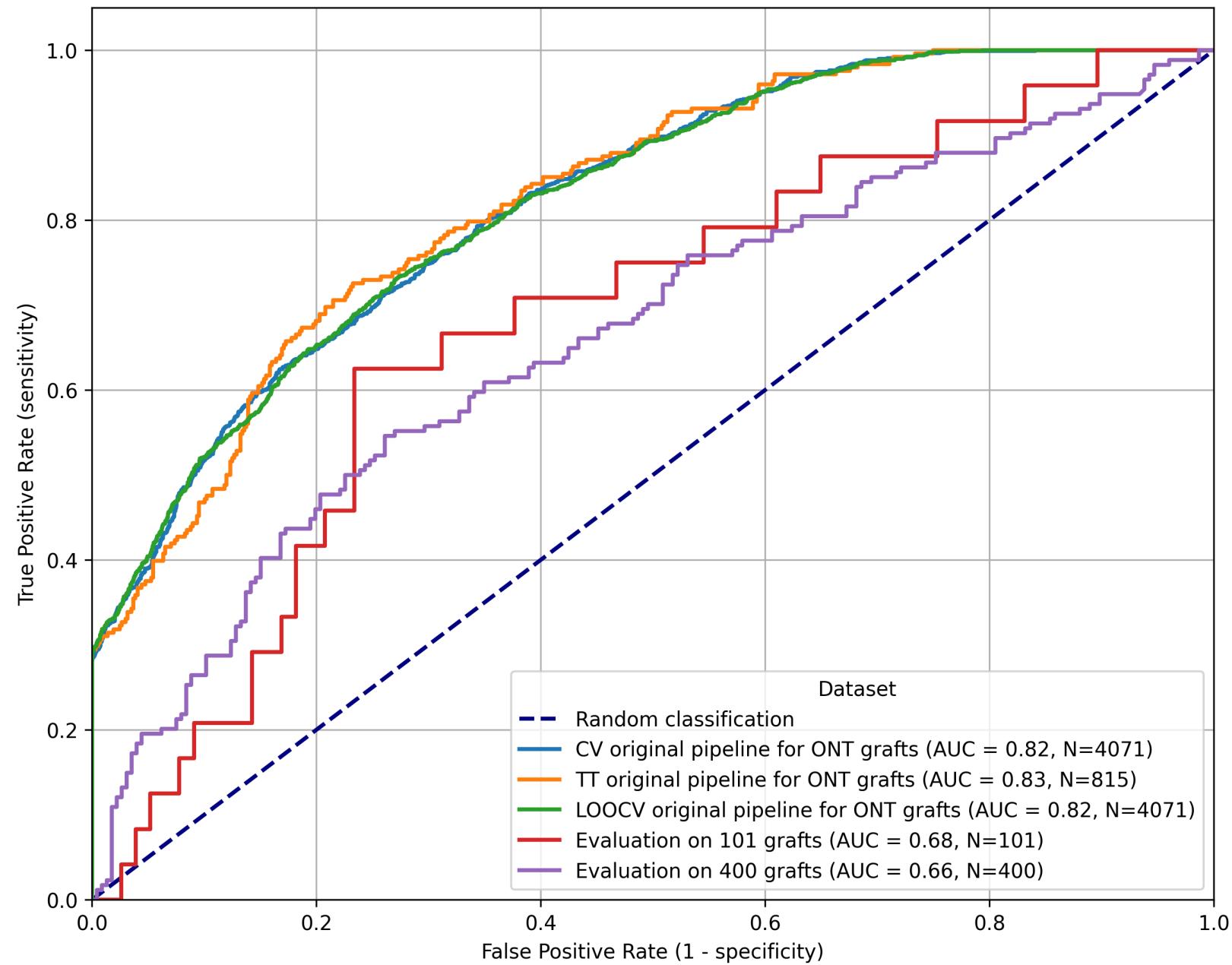
Multicéntrico retrospectivo

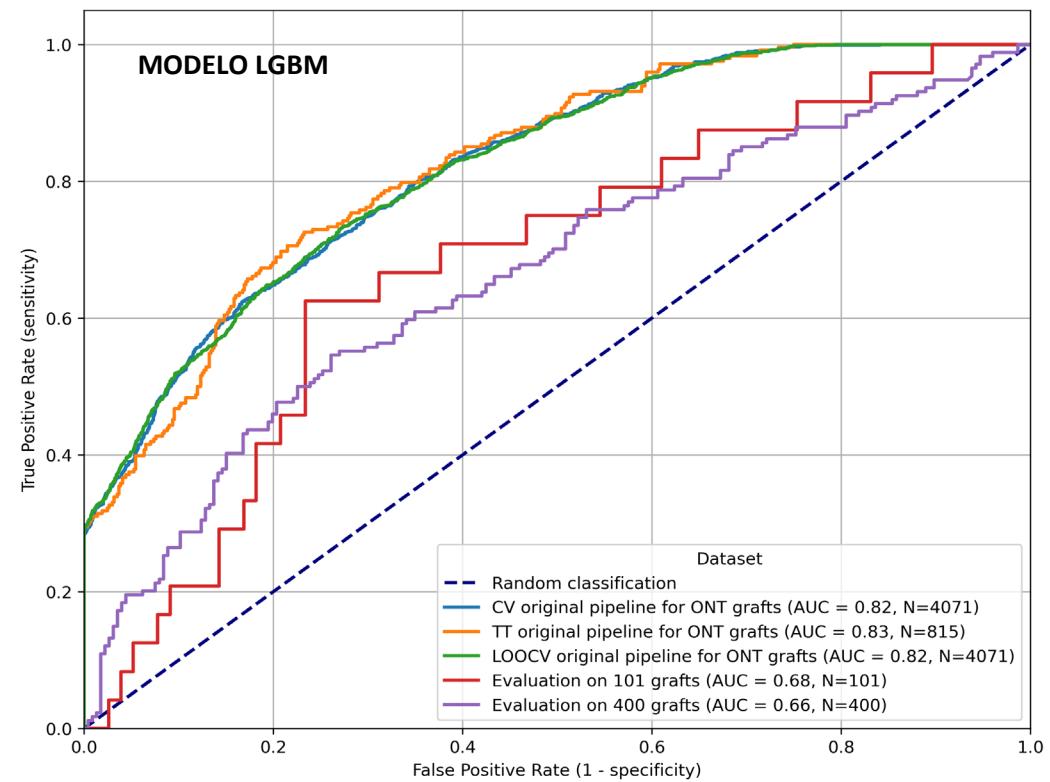
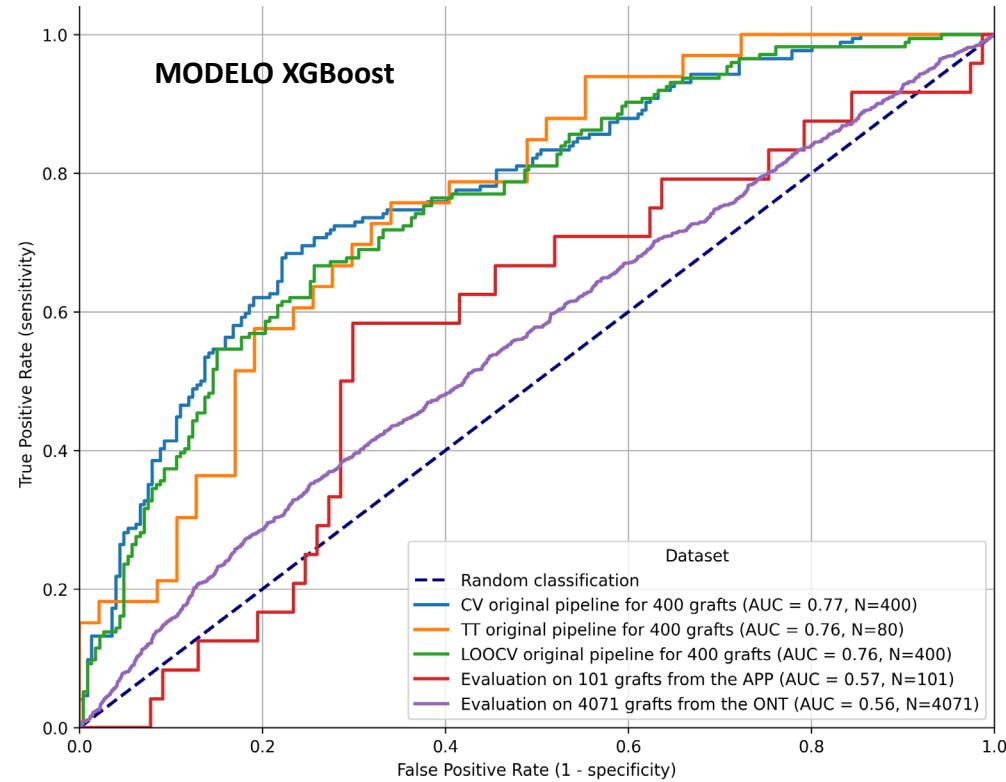
Validación Interna: CV, TT, LOOCV

Validación Externa: Evaluación con otras cohortes:

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

#400: N400 (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

Dr. Luis Miguel Marín Gómez
luism.marin@gmail.com