

Júlia Estorach Segarra

**Detecció precoç d'infeccions intraabdominals  
postoperatòries en cirurgia hepàtica mitjançant  
tècniques d'aprenentatge automàtic sobre resultats  
analítics**

**Treball de Fi de Grau**

Dirigit pel Dr. Manel Cremades

Dirigit per la Dra. Marta Sales

Dirigit pel Dr. Roger Guimerà

Grau en Enginyeria Biomèdica



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona**

**2024**



# Agraïments

Vull expressar el meu més sincer agraïment a totes les persones i institucions que han fet possible la realització d'aquest treball.

A l'Hospital Universitari Germans Trias i Pujol de Badalona (Can Ruti) per brindar-me l'oportunitat de dur a terme aquest projecte en un entorn tan enriquidor i professional.

Al Dr. Manel Cremades, tutor professional, per proposar-me i confiar amb mi per portar endavant aquest projecte. També pel seu suport i dedicació, i per la seva exigència i orientació amb els aspectes més clínics.

A l'enginyera biomèdica Georgina Company, la seva ajuda en l'àmbit de l'anàlisi de dades i la Intel·ligència Artificial i el seu suport constant han estat imprescindibles per al desenvolupament d'aquest estudi.

Als meus tutors acadèmics, la Marta Sales i el Roger Guimerà, que amb la seva ensenyança i orientació han contribuït de manera significativa a la meva formació acadèmica i la realització d'aquest treball.

I per últim, als meus amics i familiars, per estar sempre al meu costat recolzant-me i motivant-me a continuar endavant en els moments més durs.

# Resum

La presència d'una infecció intraabdominal és una de les complicacions postoperatòries més comunes, on es posa en risc la salut dels pacients i augmenta el període de recuperació. En aquest treball es vol dissenyar i desenvolupar un model predictiu que permeti identificar de manera precoç la presència d'infecció de líquid intraabdominal en pacients que s'han sotmès a una cirurgia hepàtica. L'estudi es realitzarà amb una metodologia basada en tècniques d'aprenentatge automàtic, utilitzant dades clíniques i biomarcadors recopilats de la base de dades electrònica de l'Hospital Universitari Germans Trias i Pujol de Badalona. S'explorarà la relació entre les diferents variables analítiques per poder implementar un algoritme que resolgui el problema, facilitant el postoperatori del pacient, reduint les visites mèdiques i millorant els resultats clínics.

***Paraules clau:** infecció intraabdominal postoperatòria, cirurgia hepàtica, aprenentatge automàtic, model predictiu, variables analítiques.*

# Abstract

The presence of an intra-abdominal infection is one of the most common postoperative complications, where the health of patients is at risk and the recovery period is prolonged. This project aims to design and develop a predictive model that can early identify the presence of intra-abdominal fluid infection in patients who have undergone liver surgery. The study will be conducted using a methodology based on machine learning techniques, utilizing clinical data and biomarkers collected from the electronic database of the university hospital Germans Trias i Pujol in Badalona. The relationship between different analytical variables will be explored to find an algorithm that solves the problem, facilitating the patient's postoperative care, reducing medical visits, and improving clinical outcomes.

***Keywords:** postoperative intra-abdominal infection, hepatic surgery, machine learning, predictive model, analytical variables.*

# Glossari

A continuació es mostren una sèrie d'abreviacions que apareixen contínuament en la memòria del projecte. Algunes provenen de l'anglès i al costat, entre parèntesis, apareix la seva traducció al català:

- AUC = *area under the curve* (àrea sota la corba)
- c-MET = receptor tirosina quinasa
- DE = desviació estàndard
- DL = *Deep Learning* (aprenentatge profund)
- EGFR = receptor del factor de creixement epidèrmic
- FN = *false negatives* (falsos negatius)
- FP = *false positives* (falsos positius)
- HBP = hepato-bilio-pancreàtica
- Hgb = Hemoglobina
- HUGTiP = Hospital Universitari Germans Trias i Pujol
- IA = intel·ligència artificial
- IC = interval de confiança
- IMC = Índex de Massa Corporal
- IQ = Intervenció Quirúrgica
- IQR = *Interquartile range* (rang interquartílic)
- k-NN = *k-Nearest Neighbors*
- LDH = lactat d'hidrogenasa
- MAF = *Microcytic Anemia Factor* (Factor d'Anèmia Microcítica)
- MDW = *Monocyte Distribution Width* (Amplitud de distribució monocitària)
- MEWS = Modified Early Warning Score
- ML = *Machine learning* (aprenentatge automàtic)
- MRMR = *Minimum Redundancy Maximum Relevance*
- PCA = *Principal Component Analysis* (anàlisi de components principals)
- PCR = proteïna C reactiva
- PDW = *Platelet Distribution Width* (Amplitud de distribució plaquetària)
- RDW = *Red Cell Blood Distribution Width* (Amplitud de distribució eritrocitària)
- REA = Unitat de Reanimació
- ROC = *Receiver Operating Characteristic* (característica operativa del receptor)
- SVM = *Support Vector Machine*
- TFG- $\beta$  = factor de creixement transformant beta
- TN = *true negatives* (certs negatius)
- TP = *true positives* (certs positius)
- TREWS = Targeted Real-Time Early Warning System
- VCM = Volum Corpuscular Mig
- VPM = Volum Plaquetari Mig

## Llistat de figures

<b>Figura 1.</b> Anatomia del fetge [5]	2
<b>Figura 2.</b> Representació de la segmentació del fetge. Esquerra: visió anterior; Dreta: visió posterior [9].	4
<b>Figura 3.</b> Consola quirúrgica del robot daVinci [15]	7
<b>Figura 4.</b> Carro quirúrgic del robot daVinci de l'HUGTiP	8
<b>Figura 5.</b> Torre de visió del robot daVinci [15]	8
<b>Figura 6.</b> Braços robòtics acoblats als tròcars	9
<b>Figura 7.</b> "Training set" (X,Y) i "test set" (X', Y')	12
<b>Figura 8.</b> Model SVM lineal. Classificació de dues classes (roig vs. blau) [21]	13
<b>Figura 9.</b> Esquema general sobre l'aprenentatge automàtic	14
<b>Figura 10.</b> Diferència entre el desenvolupament del DL i ML [25]	15
<b>Figura 11.</b> Diagrama de caixes	25
<b>Figura 12.</b> Representació gràfica de les variables estadísticament significatives en la primera analítica	33
<b>Figura 13.</b> Representació gràfica de les variables normals estadísticament significatives en l'última analítica	36
<b>Figura 14.</b> Representació gràfica de les variables NO normals estadísticament significatives en l'última analítica (1)	36
<b>Figura 15.</b> Representació gràfica de les variables NO normals estadísticament significatives en l'última analítica (2)	37
<b>Figura 16.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (1)	40
<b>Figura 17.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (2)	40
<b>Figura 18.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (3)	41
<b>Figura 19.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (4)	41
<b>Figura 20.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (5)	42
<b>Figura 21.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge	42
<b>Figura 22.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (1)	45
<b>Figura 23.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (2)	46
<b>Figura 24.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (1)	47
<b>Figura 25.</b> Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (2)	47

## Llistat de taules

<b>Taula 1.</b> Classificació de Brisbane de les reseccions hepàtiques [10]	4
<b>Taula 2.</b> Llistat de variables a analitzar	21
<b>Taula 3.</b> Matriu de confusió	26
<b>Taula 4.</b> Resultats descriptius i estadístics referents a les variables categòriques	28
<b>Taula 5.</b> Resultats descriptius i estadístics referents a la primera analítica	31
<b>Taula 6.</b> Resultats descriptius i estadístics referents a la última analítica	34
<b>Taula 7.</b> Resultats descriptius i estadístics de la comparació entre la primera i la última analítica dels pacients sense drenatge	38
<b>Taula 8.</b> Resultats descriptius i estadístics de la comparació entre la primera, la penúltima i la última analítica dels pacients amb drenatge	43
<b>Taula 9.</b> Resultats estadístics de la comparació per parelles entre les primeres, penúltimes i últimes analítiques	48
<b>Taula 10.</b> Resultats descriptius i estadístics referents a la variància que mostra cada grup en cada variable	51
<b>Taula 11.</b> Descriptiu i estadístic referent a patologies prèvies	53
<b>Taula 12.</b> Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la primera analítica	54
<b>Taula 13.</b> Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la última analítica	55
<b>Taula 14.</b> Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la penúltima analítica	56
<b>Taula 15.</b> Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la primera, la última analítica i la variància entre elles	57

# Índex

<b>1. Introducció</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Marc Teòric</b> .....	<b>2</b>
2.1. El Fetge .....	2
2.2. La Cirurgia Hepàtica.....	3
2.2.1. Tipus d'Intervencions Quirúrgiques .....	5
2.2.1.1. Intervenció convencional.....	5
2.2.1.2. Laparoscòpia.....	6
2.2.1.3. Intervenció assistida per robot.....	7
2.2.2. El Líquid Intraabdominal Postoperatori.....	10
2.3. Introducció a la Intel·ligència Artificial.....	11
2.3.1. Aprenentatge Automàtic (“Machine Learning”) .....	11
2.3.1.1. Tipus de Mètodes .....	12
2.3.1.2. Aprenentatge Profund (“Deep Learning”).....	15
2.3.1.3. La Intel·ligència Artificial i la Medicina.....	16
<b>3. Justificació Clínica</b> .....	<b>19</b>
<b>4. Hipòtesi</b> .....	<b>20</b>
<b>5. Objectius del Projecte</b> .....	<b>20</b>
5.1. Objectius Generals .....	20
5.2. Objectius Específics .....	20
<b>6. Dades</b> .....	<b>21</b>
<b>7. Metodologia</b> .....	<b>24</b>
7.1. Anàlisi descriptiva i estadística de les variables analítiques.....	24
7.2. Anàlisi de les patologies prèvies dels pacients operats de fetge.....	25
7.3. Aplicació d'algoritmes d'IA per la predicció de pacients que necessitaran drenatge.....	25
<b>8. Resultats</b> .....	<b>28</b>
8.1. Anàlisi descriptiva i estadística de les variables analítiques.....	30
8.1.1. Diferenciació intergrupal .....	30
8.1.2. Diferenciació intragrupal .....	38
8.1.3. Evolució de les variables analítiques per la diferenciació entre pacients amb i sense drenatge .....	51
8.2. Anàlisi de les patologies prèvies dels pacients operats de fetge.....	53

8.3. Aplicació d'algortmes d'IA per la predicció de pacients que necessitaran drenatge .....	53
<b>9. Discussió .....</b>	<b>58</b>
<b>10. Limitacions.....</b>	<b>65</b>
<b>11. Conclusió.....</b>	<b>66</b>
<b>Referències .....</b>	<b>67</b>

## 1. Introducció

La cirurgia hepàtica es una intervenció comú que comporta riscos postoperatoris significatius, entre ells, la infecció del líquid normal que es genera a nivell intraabdominal. Aquesta infecció, comporta que els pacients hagin de tornar a l'hospital o allargar la seva estada postoperatoria i pot tenir conseqüències greus per a la seva salut. La detecció precoç de la infecció seria la clau per evitar aquestes complicacions i donar lloc a millors resultats clínics i econòmics.

En el context d'aquest treball, es vol fer una anàlisi de diferents variables recopilades a la base de dades electrònica de l'Hospital Universitari Germans Trias i Pujol (HUGTiP), i utilitzar les tècniques de l'aprenentatge automàtic per poder dissenyar un algoritme que permeti predir o detectar la infecció.

L'HUGTiP es un centre mèdic de caràcter públic situat a Badalona des del 1983. El nom oficial es en honor als metges i catedràtics Joaquin Trias i Pujol i Antoni Trias i Pujol, tots dos germans. Però, el centre també es coneix com Can Ruti, aquest nom fa referència als terrenys sobre els quals està construït, que corresponen a l'antiga Masia de Can Ruti [1].

El centre a més d'oferir servei en totes les àrees mèdiques, compta amb dos institucions fonamentals, d'investigació per part de l'Institut d'Investigació en Ciències de la Salut Germans Trias i Pujol, i de docència, ja que la UAB imparteix els graus de Medicina i Ciències Biomèdiques [2].

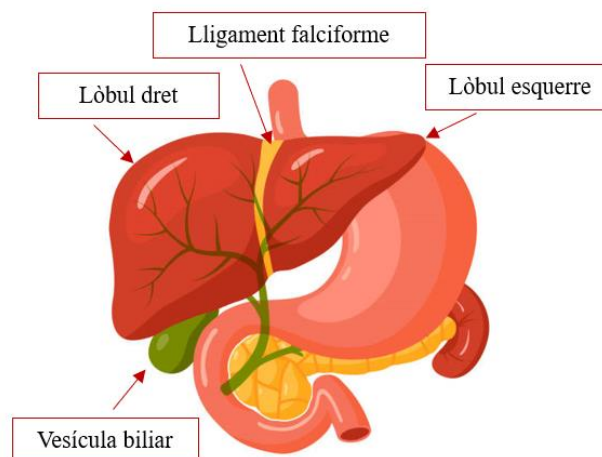
En aquest projecte, es treballa amb la unitat de cirurgia Hepato-Bilio-Pancreàtica de l'hospital, un equip format per un conjunt de metges, cirurgians i tècnics especialitzats en patologia, generalment tumoral, del fetge, pàncrees i l'àrea biliar. Juntament amb aquest col·lectiu, també es compta amb enginyers biomèdics especialitzats en anàlisi de dades i aprenentatge automàtic.

## 2. Marc Teòric

### 2.1. El Fetge

Dins el marc d'aquest treball, es troba principalment al voltant d'un òrgan, el fetge. És tracta de l'òrgan visceral més voluminós del nostre organisme, i un dels més importants del cos humà. Es situa a la part superior dreta de la cavitat abdominal i el seu pes en una persona adulta sol oscil·lar entre 1400 i 1500 grams [3]. El fetge és una glàndula contigua al tub digestiu que aboca la bilis que elabora al duodè, per mitjà de les vies biliars.

El fetge, si bé consta d'una única massa, es considera format per dos grans lòbuls, dret i esquerre, separats per una banda de teixit connectiu anomenada lligament falciforme. El lòbul dret és bastant més gran que l'esquerre, i a la cara inferior dreta es troba la vesícula biliar, encarregada de rebre i emmagatzemar la bilis produïda pel fetge (Figura 1). La porta d'entrada al fetge es troba a la part central de la cara inferior, des de la qual es bifurquen les artèries i les venes que entren i els conductes biliars que surten [4].



**Figura 1.** Anatomia del fetge [5]

Les funcions principals del fetge, a banda de la secreció de bilis, són: [3]

- Emmagatzematge de vitamines, minerals, ferro i sucres que l'organisme necessita per funcionar adequadament.
- Processament dels aliments i convertir-los en substàncies i energia per poder dur a terme les activitats diàries.
- Descomposició de les substàncies químiques que entren o es formen a l'organisme i són perjudicials.
- Producció de proteïnes essencials per combatre infeccions o necessàries per a coagular la sang.
- Mantenir el cos lliure de toxines i bacteris.

Aquest òrgan es troba sotmès a moltes situacions perjudicials que generen problemes de diferent grau. Una dificultat per a la detecció de la malaltia hepàtica és que en la majoria de casos és asimptomàtica i no es manifesten símptomes de la fallida hepàtica fins que la malaltia està avançada [3]. Tot i això, els més comuns són els següents [6]:

- Color groguenc de la pell i els ulls
- Inflamació i dolor abdominal
- Inflamació de les cames i els turmells
- Orina enfosquida
- Fatiga continua
- Nàusees i/o vòmits
- Pèrdua de l'apetit
- Aparició sobtada d'hematomes
- Canvi de color de les defecacions

## 2.2. La Cirurgia Hepàtica

Tal i com es descriu a la secció anterior, el fetge és un òrgan molt important del nostre cos que juga un paper fonamental amb el metabolisme i la desintoxicació de l'organisme, per la qual cosa, qualsevol anomalia pot tenir un impacte significatiu en la salut general d'un pacient.

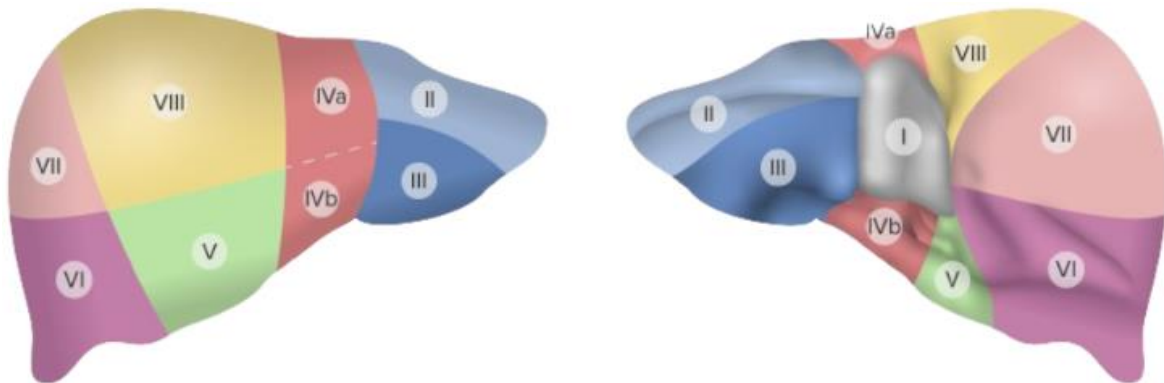
La cirurgia hepàtica ha presentat un gran desenvolupament des de la segona part del segle XX. La descripció de la segmentació hepàtica va fer possible que les reseccions hepàtiques cada cop siguin més reglades, fins arribar al punt que la resecció és la solució als problemes hepàtics més complexos relacionats amb processos tumorals o alteracions anatòmiques [7].

La cirurgia hepàtica engloba procediments quirúrgics molt sofisticats que requereixen d'un alt coneixement de l'anatomia, dels instruments emprats i d'una gran experiència per part de l'equip mèdic. Per tant, aquesta intervenció ha de ser realitzada per cirurgians i llocs especialitzats, que disposin de comitès multidisciplinaris, on es discuteixen els casos de manera conjunta per garantir un enfocament òptim i especialitzat per a cada pacient.

En la major part dels casos, el procediment d'intervenció de fetge consisteix en extirpar una part o secció del fetge que conté una lesió o tumor, el que es coneix com hepatectomia o resecció hepàtica.

Una de les grans particularitats que presenta el fetge respecte la resta d'òrgans del cos és que, davant un dany tissular com el que s'ha esmentat al paràgraf anterior, té la major capacitat regenerativa, sent capaç de tornar a créixer inclús després d'haver-se ressecat fins a un 80% de la seva mida original, gràcies a l'activació de factors de creixement com el EGFR, el c-MET o el TGF- $\beta$ . La regeneració completa es dona entre els 2 i 10 mesos des de la intervenció, tot i que aquest temps depèn de la quantitat de fetge que s'ha extirpat i de la salut, edat i de la qualitat de vida postoperatoria del pacient [8].

Segons la classificació de Couinaud, el fetge es pot dividir en 4 seccions, i cada una d'aquestes seccions es divideix en segments (Figura 2).



**Figura 2.** Representació de la segmentació del fetge. Esquerra: visió anterior; Dreta: visió posterior [9].

Segons la classificació de Brisbane, podem classificar les reseccions hepàtiques de la següent forma (Taula 1):

**Taula 1.** Classificació de Brisbane de les reseccions hepàtiques [10]

Nom de la resecció quirúrgica	Segment afectat
Hepatectomia dreta	V, VI, VII, VIII
Hepatectomia esquerra	II, III, IV
Hepatectomia dreta ampliada	IV, V, VI, VII, VIII
Hepatectomia esquerra ampliada	II, III, IV, V, VIII
Seccionectomia anterior dreta	V i VIII
Seccionectomia posterior dreta	VI i VII
Seccionectomia medial esquerra	IV
Seccionectomia lateral esquerra	II i III
Sectorectomia medial esquerra	III i IV
Sectorectomia lateral esquerra	II
Bisegmentectomia	Dos segments contigus
Segmentectomia	Qualsevol segment
Hepatectomia limitada	Resecció d'una part del parènquima que no correspon a cap segment en concret

Fins aquí hem vist els diferents tipus de reseccions segons el segment o zona afectada, però de vegades, és necessari l'extirpació total del fetge. Aquest cas, es coneix com trasplantament de fetge.

El trasplantament hepàtic consisteix en l'extirpació del fetge insà del pacient i la seva substitució per un òrgan sa d'un donant [11]. El donant pot ser una persona viva que cedeix una part del seu fetge, la qual es regenerarà al cos del pacient malalt, o una persona ja morta que cedeix tot el fetge complet.

D'entre totes les patologies relacionades amb el fetge, les que generalment requereixen una cirurgia hepàtica són les següents:

- Càncer de fetge: depenent de la mida, la ubicació i l'extensió del tumor maligne, es pot fer una hepatectomia parcial (només es resseca alguna part del fetge) o una total (s'extreu el fetge complet) i requerint posteriorment un trasplantament.
- Metàstasi hepàtica: en casos en que el càncer s'ha disseminat des d'altres òrgans fins al fetge.
- Quists benignes: són masses benignes plenes de líquid que es situen al fetge i que en la majoria de casos, no presenten símptomes. En aquest cas, la cirurgia només es dona en el cas que el quist sigui gran i provoqui símptomes notables.
- Cirrosi hepàtica: fa referència a la formació de cicatrius al fetge que comporten una alteració de la funcionalitat del fetge. En aquest cas, la cirurgia es dona quan en etapes avançades de cirrosi, el fetge ja no respon correctament i s'ha de fer un trasplantament.
- Traumatisme greu: en casos de lesions traumàtiques importants, pot ser necessari fer una extirpació parcial del fetge per aturar el sagnat i prevenir les complicacions.

### **2.2.1. Tipus d'Intervencions Quirúrgiques**

Després de conèixer les diverses patologies hepàtiques que poden requerir una intervenció quirúrgica, es important saber els tipus de procediments que es poden seguir per poder abordar aquestes malalties.

#### **2.2.1.1. Intervenció convencional**

En aquest tipus de tècnica, es fa una incisió en forma de J sobre l'abdomen del pacient, just per sota de les costelles del costat dret. A continuació, es retreu el múscul i el teixit per poder accedir i veure el fetge. Després, el/la cirurgià/ana, amb l'ajuda de tots els instruments necessaris, resseca la zona o segment desitjat i extreu la peça de fetge insana.

Tot seguit, es sutura la incisió amb punts i grapes, i es trasllada al pacient a l'àrea de recuperació.

Una cirurgia d'aquest tipus sol durar entre dues i quatre hores, depenent de la grandària i localització de la zona que es vol ressecat.

En varies ocasions, pot ser necessari col·locar un tub o drenatge a l'interior de la cavitat abdominal en sortida a través de la pell per permetre la secreció del líquid provinent de la zona afectada [12]. Aquest tub es mantindrà durant el postoperatori del pacient a l'hospital, i en alguns casos, principalment si existeix alguna complicació, uns quants dies més després de l'alta hospitalària.

### **2.2.1.2. Laparoscòpia**

Una altra tècnica d'intervenció quirúrgica és la laparoscòpia. Es coneix com una intervenció mínimament invasiva, ja que, a diferència de la gran incisió que es fa en una cirurgia convencional, en aquest cas només es realitzen entre 4 i 6 incisions petites sobre l'abdomen del pacient.

Un cop fetes les incisions, per una d'elles, s'insereix un tub amb una càmera incorporada, de manera que el/la cirurgià/ana i els especialistes, veuen les imatges captades per la càmera en temps real a través d'un monitor de vídeo que es troba dins al mateix quiròfan. Per les altres incisions, s'insereixen els instruments quirúrgics que es necessiten durant la cirurgia.

A l'acabar l'operació, una de les incisions s'haurà d'ampliar uns centímetres per treure la peça que s'ha ressecat, en cas que tracti d'una hepatectomia. Els centímetres d'ampliació del tall depenen de la mida de la peça que es vol extreure, inclús hi ha casos en què la peça es molt petita i no cal fer més gran la incisió, ja que es pot treure directament per la fissura inicial [12].

Els avantatges principals que ha aconseguit la cirurgia per laparoscòpia respecte la convencional són [13]:

- Menys complicacions postoperatòries
- Menys dolor postoperatori
- Període d'estància hospitalària i de recuperació més curt
- Cicatrius més petites i més estètiques
- Menys pèrdua de sang

Es per tots aquests beneficis que, durant molts anys, la cirurgia per laparoscòpia ha estat considerada com la tecnologia més avançada. Tot i això, presenta certes limitacions o dificultats per efectuar diverses tècniques que la tècnica que s'explica al següent punt ha aconseguit solucionar.

### 2.2.1.3. *Intervenció assistida per robot*

La cirurgia assistida per robot ha suposat un dels avenços més importants de les últimes dècades en el món de la medicina, millorant la seguretat i l'eficàcia de molts procediments quirúrgics.

La cirurgia robòtica és pot considerar una versió semblant a la tècnica per laparoscòpia però amb certes millores i facilitats per al/la cirurgià/ana i el/la pacient.

El robot per excel·lència utilitzat a Espanya és el DaVinci. Es tracta d'un robot esclau que obeeix les mans del cirurgià i permet que aquest treballi amb molta més precisió, així com reduint el tremolor i proporcionant una visió molt clara de l'anatomia del pacient [14].

Els components que formen el sistema del robot son:

- **Consola quirúrgica**

Des de la consola (Figura 3), el/la cirurgià/ana té una visió tridimensional de l'interior del pacient, i controla i maneja els instruments a través dels pedals i els manipuladors. A més, la consola permet veure simultàniament les proves d'imatge que s'han realitzat abans de la cirurgia per ajudar al cirurgià a conèixer millor l'anatomia i la localització d'un tumor mentre l'està operant. La consola també permet utilitzar un sistema de fluorescència, que ajuda a localitzar els vasos sanguinis i d'aquesta manera, reduir el sagnat durant les operacions [15].



**Figura 3.** Consola quirúrgica del robot daVinci [15]

- **Carro per al/la pacient**

El carro (Figura 4) està format per 4 braços robòtics que s'acoblen als trocars que s'han inserit sobre el pacient. A més, està equipat amb una llum làser que serveix determinar la posició exacta del carro per dur a terme la cirurgia. La col·locació òptima s'assoleix quan el làser es situa sobre el trocar on anirà introduïda la òptica, habitualment el 2.

Juntament amb el/la cirurgià/ana, sempre treballen un o dos assistents, que es situen amb el carro en camp estèril, i s'encarreguen de introduir els instruments quirúrgics pels trocars i substituir-los segons les indicacions del cirurgià/ana principal.

El robot DaVinci utilitza la tècnica de centre de control, que consisteix en que els braços es mouen al voltant d'un punt, la qual cosa permet fer la mínima pressió sobre la paret abdominal del pacient.



**Figura 4.** Carro quirúrgic del robot daVinci de l'HUGTiP

- **Torre de visió**

La torre de visió (Figura 5) està formada per una pantalla tàctil i una sèrie de calaixos per emmagatzemar material quirúrgic. A través d'aquesta pantalla s'observa en tot moment el que el/la cirurgià/ana veu i permet als assistents seguir la cirurgia i interactuar amb el/la cirurgià/ana. A més, també inclou la font d'alimentació per poder fer el pneumoperitoneu a l'inici de la cirurgia i les fonts d'energia per als instruments com el bisturí elèctric.



**Figura 5.** Torre de visió del robot daVinci [15]

Per treballar amb el robot, es situa el pacient amb posició decúbit supí, amb les cames obertes, o lateralitzat cap a l'esquerra, amb les cames tancades, i s'orienta la taula en anti-Trendelenburg. Tot seguit, es fa el pneumoperitoneu, una tècnica per omplir la cavitat peritoneal de gas (CO<sub>2</sub>), amb una agulla. El posicionament dels trocars es sol fer al llarg d'una línia recta sota el melic, però sempre depèn del tipus d'intervenció i la localització de la lesió a tractar. El trocar per on s'insereix la càmera robòtica es situa pel voltant del melic. Després, habitualment s'insereixen 2 trocars més de 8mm i un trocar de 12mm. A banda, també s'insereix un trocar accessori per a l'ajudant del cirurgià en cas que fos necessari un instrument més durant la intervenció. Un cop s'afegeixen tots els trocars, s'apropa el robot, el qual es mou sobre rodes, fins al pacient, s'acoblen els braços robòtics als trocars i finalment es comprova que tot està connectat correctament i que les constants del pacient son favorables per començar la cirurgia [16].

Durant la cirurgia, es van introduint els instruments necessaris a través dels trocars, i aquests obeeixen les mans del cirurgià que es troba a la consola quirúrgica. A la Figura 6, es pot observar el carro del robot treballant sobre el pacient, i a la part posterior dreta, la torre de visió, a través de la qual els assistents poden seguir la cirurgia i el moviment dels instruments en temps real.



**Figura 6.** Braços robòtics acoblats als tròcars

Tal i com he comentat al principi d'aquest punt, la cirurgia robòtica pot aparentar ser molt semblant a la laparoscòpia, però la realitat és que presenta moltes millores i resol alguns reptes que es topaven amb l'anterior tècnica.

La cirurgia assistida per robot presenta tots els avantatges que s'han mencionat sobre la cirurgia per laparoscòpia, i a més [13]:

- Major precisió, ja que elimina el tremolor natural i maximitza la precisió de el/la cirurgià/ana
- Major rang de moviment
- Visió tridimensional
- Major comoditat de el/la cirurgià/ana
- Permet accedir a llocs més profunds on la mà humana no pot arribar

Tot i que es considerada la millor tècnica, s'ha de tenir en compte que no es aplicable en totes les cirurgies, ja que requereix tenir una gran experiència en cirurgia oberta i laparoscòpia, i per altra banda, tenir un coneixement molt ampli i avançat sobre el funcionament del robot amb el que es treballarà. A més, també te alguns inconvenients, com la falta de sensació de pressió, que pot facilitar l'aparició de lesions iatrogèniques, o l'elevat cost del sistema.

### **2.2.2. El Líquid Intraabdominal Postoperatori**

Dins el context d'aquest treball, es important conèixer què es el líquid intraabdominal, així com el perquè es forma, per tal de abordar i entendre el problema que suposa.

Després de qualsevol cirurgia abdominal, es forma una substància a la cavitat abdominal que s'anomena líquid peritoneal postoperatori. El peritoneu es una membrana serosa formada per teixit conjuntiu que recobreix les parets i els òrgans interns de l'abdomen. Les seves funcions primàries són aportar mobilitat als òrgans que es troben en aquesta cavitat abdominal, protegir els òrgans contra microorganismes o actuar com a aïllant tèrmic [17]. Durant la cirurgia, les maniobres de l'especialista poden provocar una resposta inflamatòria del peritoneu i dels teixits que es troben al seu voltant.

Aquest procés inflamatori pot causar l'alliberació de fluids, plasma i cèl·lules inflamatòries, lo que es coneix com el líquid que he nombrat al paràgraf anterior.

La quantitat i composició del líquid que es forma pot variar depenent de molts factors com ara, la duració de la cirurgia, el tipus d'òrgan afectat, l'edat, la capacitat de resposta inflamatòria del pacient o altres complicacions que puguin sorgir durant la cirurgia.

Cal tenir en compte que una petita quantitat de líquid peritoneal postoperatori és molt comú en la majoria de pacients, i no es motiu per pensar que hi ha una complicació postoperatòria, inclús es considera que forma part del procés de recuperació. No obstant, en alguns casos, pot derivar a una infecció d'aquest líquid i comportar una complicació postoperatòria.

Un dels casos que pot propiciar la infecció d'aquest líquid és la presència d'una fistula, ja sigui del propi fetge, on hi hauria una fuga de bilis (fístula biliar), o dels òrgans adjacents com ara el budell o l'estómac, on hi hauria una fuga de contingut intestinal (fístula intestinal). Tant la barreja de bilis com de contingut intestinal amb el líquid intraabdominal, fan que aquest no es reabsorbeixi, cada cop hi hagi més volum de líquid i sigui molt més

susceptible a infectar-se i presentar complicacions greus per al pacient. De fet, la fístula d'origen intestinal (poc freqüent), per definició, inclourà bacteris que infectaran el líquid.

Un altre problema que sovint pot donar lloc a una infecció del líquid és l'ús de drenatges. Aquesta tècnica té com a objectiu eliminar i expulsar cap a l'exterior del cos tots els líquids acumulats que es poden generar de les ferides quirúrgiques o d'una fístula. Tot i que teòricament poden evitar una infecció, l'ús de drenatges no està del tot estandaritzat. Quan els drenatges actuen correctament i recullen tot el líquid de la zona, ajuden a prevenir les infeccions perquè eviten que s'acumuli el líquid no desitjat a la cavitat abdominal. Per contra, si els drenatges no acaben de recollir tot el líquid correctament i aquest s'acumula, no disminueix el risc d'infecció i a més, augmenta considerablement, ja que al estar comunicat directament amb l'exterior, els bacteris externs poden aprofitar aquest canal d'entrada i infectar el líquid intern. Tot i que els metges especialistes confirmen que són conscients que es generarà líquid intraabdominal i que es pot infectar o es pot generar una fístula que donaria més risc d'infecció, en cirurgia hepàtica en la majoria d'ocasions no són partidaris de l'ús de drenatges en acabar la intervenció quirúrgica.

Aquests són alguns dels problemes que es tractaran d'abordar, entre d'altres, per tal que la infecció del líquid intraabdominal pugui ser detectada a temps i es redueixin els efectes adversos negatius que suposen per al/la pacient.

### **2.3. Introducció a la Intel·ligència Artificial**

Dins el marc d'aquest treball, hi juga un paper molt important la intel·ligència artificial, a través de la qual es pretén arribar a l'objectiu del projecte.

La intel·ligència artificial (IA) és un camp de la informàtica amb l'objectiu de dissenyar eines computacionals que simulen processos d'intel·ligència humana que inclouen l'aprenentatge, el raonament i l'autocorrecció.

Aquest procés es fa mitjançant diversos algorismes a través dels quals les màquines són capaces d'adquirir coneixements i prendre les decisions oportunes en cada moment determinat.

#### **2.3.1. Aprenentatge Automàtic (“Machine Learning”)**

L'aprenentatge automàtic (ML) és una rama de la IA i la informàtica que es centra amb l'ús de dades i algorismes amb l'objectiu de fer que una màquina sigui capaç de aprendre de manera independent a partir de l'experiència que li proporcionen les dades [18].

Hi ha diverses maneres de definir el ML, però la que potser és més rellevant, concisa i acceptada universalment és la afirmada per Tom M. Mitchell, professor del Departament d'Aprenentatge Automàtic de l'Escola d'Informàtica de la Universitat Carnegie Mellon.

La definició que dona és la següent:

“A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E” [19].

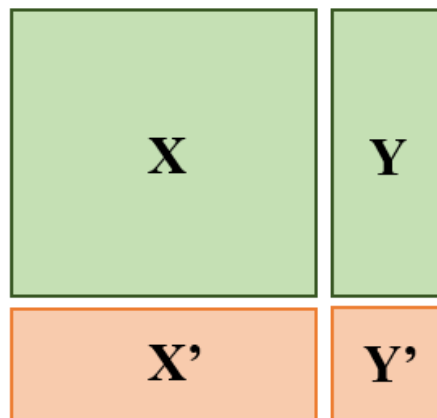
Això significa, que una màquina es pot considerar que aprèn si es capaç d’adquirir experiència fent una tasca determinada i millorar el rendiment d’aquesta tasca o similar en el futur.

Sobre el conjunt de dades X (característiques o variables d’entrenament de l’algoritme), es pretén estimar la categoria o grup al qual pertany cada pacient (Figura 7, Y), de tal manera que l’algoritme pretén trobar una funció d’ajust de les dades que s’aproximi al màxim a la l’equació real (Equació 1).

$$y = f(x) \approx f'(x) \quad (1)$$

On  $y = f(x)$  es la funció real, i  $f'(x)$  l’aproximada.

D’aquesta manera, s’espera que la funció  $f'(x)$  també funcioni amb el conjunt de dades  $X'$ ,  $Y'$  (Figura 7, dades per testejar l’algoritme).



**Figura 7.** “Training set” (X,Y) i “test set” (X', Y')

### 2.3.1.1. Tipus de Mètodes

L’aprenentatge automàtic es pot classificar en diferents mètodes (Figura 8), els més comuns són:

- Aprenentatge automàtic supervisat: aquesta tècnica utilitza un conjunt de dades prèviament etiquetades per entrenar els algoritmes per tal de classificar dades o fer prediccions precises. A mesura que es van entrant dades, el model s’adapta fins que queda completament ajustat. Aquest mètode requereix menys dades d’entrenament (‘training set’) que els altres i el procés és més fàcil, ja que els resultats es poden comparar amb les dades que ja es troben etiquetades.

Aquest mètode es sol utilitzar en problemes de classificació, regressió o estimació.

Donat que les dades d'aquest projecte es troben ja etiquetades, es treballarà en aquest tipus de mètode, l'aprenentatge automàtic supervisat, i concretament, amb els diferents algorismes que s'exposen a continuació:

- Naive Bayes: Aquest mètode utilitza el teorema de Bayes per calcular les probabilitats segons una hipòtesi determinada i determinar la classe més probable que s'ha d'assignar a una variable d'entrada segons les seves característiques.
- Random Forest: es tracta d'un mètode que combina els resultats obtinguts de múltiples *Decision trees*, amb l'objectiu d'obtenir un únic resultat. La tècnica *Decision Tree* té una estructura jeràrquica, en forma d'arbre, i està formada per un node 'pare', les branques, els nodes interns (també coneguts com nodes decisius) i els nodes 'fulles'. Aquest diagrama inicia amb el node 'pare', el qual no té branques entrants. Les branques sortints d'aquest node són les entrades dels nodes interns. En funció de les característiques que s'utilitzen per diferenciar i classificar, tant en el node 'pare' com en els nodes interns s'avalua si la variable entrant compleix la característica o no, i segons el resultat, es formen subconjunts, els quals són representats pels nodes 'fulles'.
- Regressió Logística: es tracta d'un algorisme de classificació que s'utilitza per predir la probabilitat de una variable dependent categòrica. Aquesta variable és de tipus binari (0 o 1) [20].
- Support Vector Machine (SVM): es un mètode de classificació que té com a objectiu trobar un límit de decisió que separi de la millor forma possible els diferents punts de dades. El marge és la distància que hi ha entre el límit de separació i la primera dada de cada classe. Com més ample sigui el marge entre les dues classes, més ben classificades es trobaran. Es pot veure un esquema a la figura 8 [21].

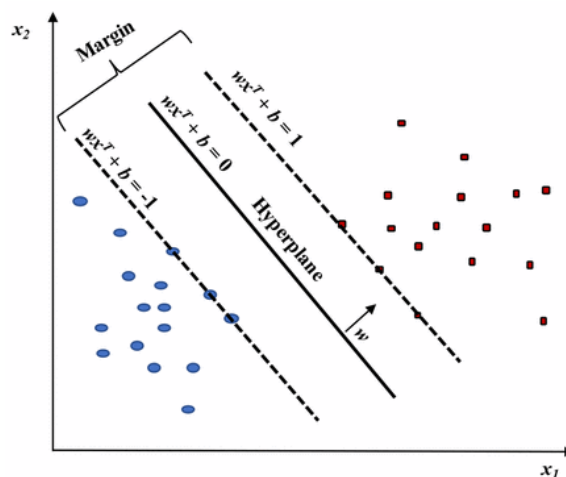


Figura 8. Model SVM lineal. Classificació de dues classes (roig vs. blau) [21]

- Anàlisi Discriminant: es tracta d'un mètode de classificació supervisat de variables qualitatives en què dos o més grups ja estan etiquetats i les noves observacions es classifiquen segons la probabilitat, calculada a partir del teorema de Bayes, de que pertanyin a un grup o a un altre [22].

- **K-Nearest Neighbours:** aquest mètode esta basat en la proximitat per poder fer prediccions o classificar una dada dins d'una sèrie de dades. En problemes de classificació, en primer lloc es selecciona el valor de 'k' (nombre de veïns que es vol considerar). Tot seguit, es calcula la distància entre el punt que es vol classificar i la resta de punts. Entre tots els k veïns més propers, dels quals cada un pot pertànyer a una classe diferent, el punt en qüestió s'assigna al grup més comú entre els veïns. En problemes de regressió, es busquen els k veïns que es troben més propers al punt en qüestió i es retorna la mitjana dels valors d'aquests punts. Aquest valor serà el predit [23].
- **Aprentatge automàtic no supervisat:** en aquest cas, aquesta tècnica utilitza un conjunt de dades que no es troben etiquetades. La màquina s'ha d'encarregar d'analitzar les entrades i buscar possibles similituds entre elles i les que tenen algun aspecte en comú, es classifiquen juntes. Aquesta tècnica s'utilitza per classificar en grups (coneguts com 'clusters', en anglès) i per fer prediccions.
- **Aprentatge automàtic per reforç:** aquesta tècnica es troba al mig de les dues anteriors. En aquest cas, es notifica quan la resposta és incorrecta però no se li indica com corregir-la; és a dir, consisteix en deixar que un algoritme aprengui dels seus errors provant diversos enfocaments diferents per tal d'arribar a l'objectiu [24]. Aquesta tècnica es sol utilitzar per la presa de decisions o sistemes de premis.

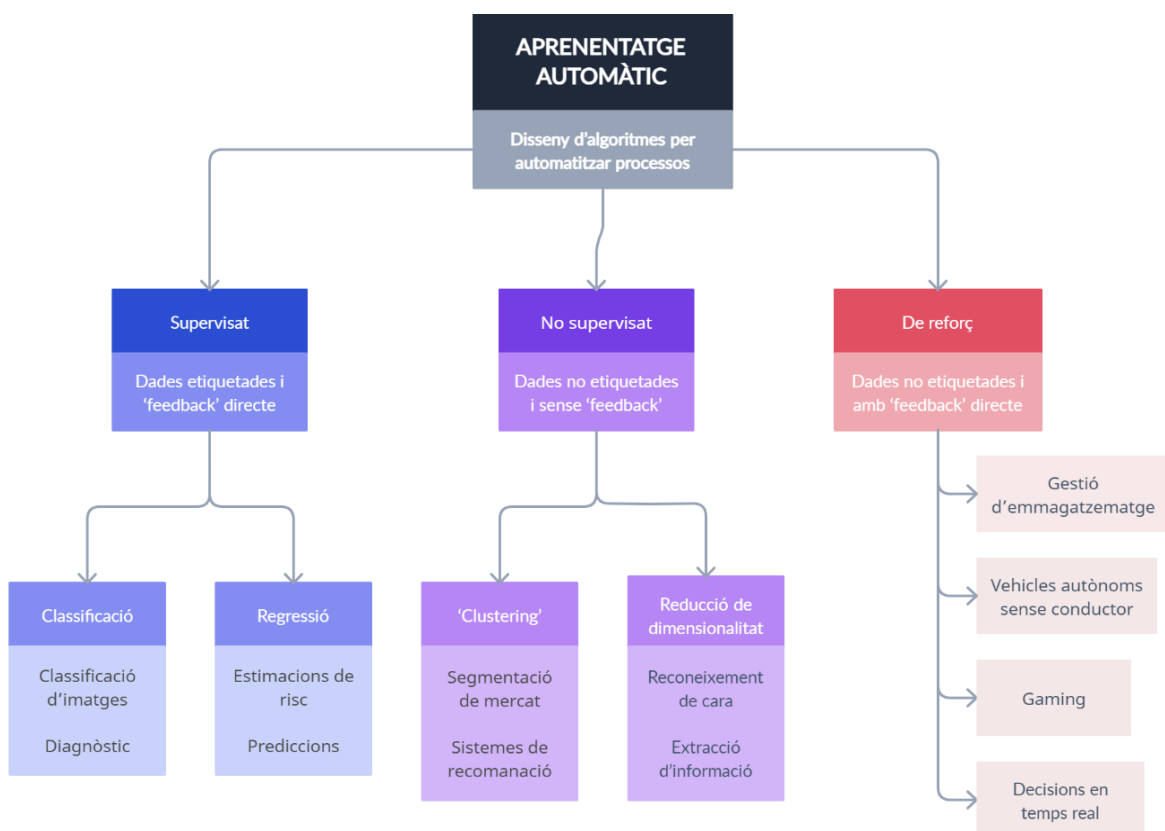


Figura 9. Esquema general sobre l'aprenentatge automàtic

### 2.3.1.2. *Aprenentatge Profund* (“Deep Learning”)

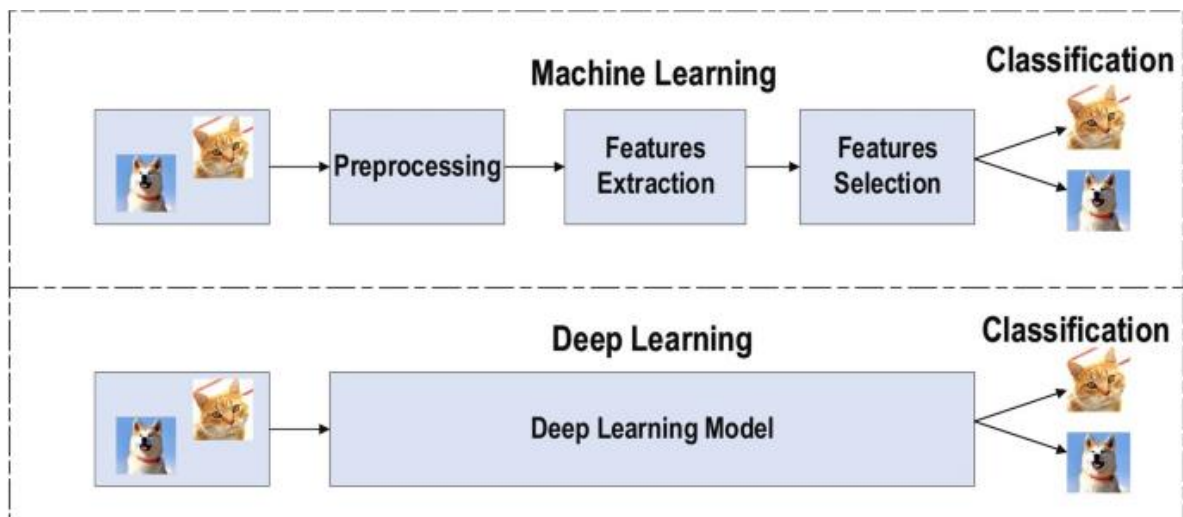
Quan parlem de ML, hem de tenir en compte un subconjunt d’aquest, que es l’aprenentatge profund, conegut també com “Deep Learning (DL)”.

El DL és un conjunt de tècniques que consisteixen en la formació de xarxes neuronals artificials, que simulen el cervell humà, les quals s’adapten i aprenen a partir de una gran quantitat de dades que poden ser supervisades o no.

Encara que el DL és un subconjunt del ML, és important conèixer les diferències que hi ha entre les dues tècniques.

Aconseguir fer processos de classificació utilitzant tècniques de ML convencionals requereix diversos passos seqüencials, específicament el pre-processament, l'extracció de característiques, la selecció de les característiques, l'aprenentatge i la classificació. Per contra, DL té la capacitat d'automatitzar l'aprenentatge de conjunts de característiques per a diverses tasques, de manera que permet aconseguir l'aprenentatge i la classificació en un sol pas [25].

A continuació, es pot veure de forma esquemàtica la diferència entre els dos (Figura 9).



**Figura 10.** Diferència entre el desenvolupament del DL i ML [25]

El DL s'ha convertit en un tipus d'algorisme del ML increïblement popular en els darrers anys a causa de l'enorme creixement i evolució, tot i que encara es troba en un procés de desenvolupament continu [25].

Recentment, ja s'ha pogut demostrar que el rendiment del DL ha arribat a superar el rendiment humà en tasques com la classificació d'imatges.

Tot i això, hi ha moments i processos en què la capacitat humana és necessària, per això cal tenir en compte que aquestes tècniques són útils en situacions en que la intel·ligència d'una màquina pot ser igual o millor a la humana.

### 2.3.1.3. *La Intel·ligència Artificial i la Medicina*

La tecnologia i la medicina estan seguint camins totalment paral·lels en els últims anys. Els avenços tecnològics van modificant i millorant el concepte de salut i les necessitats sanitàries promouen el desenvolupament de la tecnologia [18].

La IA, tal i com l'hem definit abans, juga un paper molt important en aquests avenços. Gràcies a les seves nombroses funcionalitats, les seves aplicacions en el món de la medicina van des de l'àrea assistencial, fins a l'educació sanitària. Unes de les múltiples aplicacions són:

- **Prevenició de malalties:** permet dissenyar sistemes informàtics capaços de diagnosticar, amb precisió, diferents tipus de malalties. Un article publicat a la revista cubana de medicina general integral mostra com es va aconseguir obtenir un model predictiu utilitzant tècniques d'IA per estimar el risc de malaltia cardiovascular, i així millorar la seva prevenició en centres d'atenció primària de salut. L'estudi es va fer amb 1633 pacients, d'entre els quals 857 eren de sexe femení i 776 de sexe masculí, amb una franja d'edat de 35 a 74 sense antecedents de malaltia cardiovascular. Analitzant els resultats, els atributs més significatius van ser els antecedents d'hipertensió arterial, seguit pel colesterol de lipoproteïnes d'alta densitat i de baixa densitat, la proteïna C reactiva i la tensió arterial sistòlica. A partir d'aquests atributs i amb l'ús de la intel·ligència artificial, es van derivar les regles de predicció i es va obtenir una taxa de veritables positius del 95,2% [26].
- **Presa de decisions:** permet, a partir de la recopilació, anàlisi i processament de dades, donar suport i guiar als professionals en les decisions que han de prendre, reduint els temps d'espera i minimitzant els riscos d'error. Un estudi publicat a la revista odontològica 'Dentist Journal' informa sobre el desenvolupament d'un model predictiu per ajudar als dentistes a diagnosticar i planejar un tractament personalitzat. Aquest estudi es va fer amb 700 registres de pacients d'entre 10 i 30 anys. Els resultats van ser favorables, amb una precisió del 84% [27].
- **Diagnòstic i tractament de malalties:** en aquest àmbit destaquen els programes capaços d'interpretar imatges i fer un diagnòstic, gràcies a la gran capacitat de la IA per reconèixer patrons. A més, també destaca la capacitat de poder dissenyar un tractament personalitzat per a cada pacient, oferint el servei de comunicació 24h amb un assistent virtual. En un estudi fet per alumnes de la Universitat Oberta de Catalunya, es va dissenyar un model que permet predir la presència de càncer de mama a partir de dades antropomètriques i d'analítiques de sang, per així facilitar el procés de diagnòstic i reduir seqüeles innecessàries. Es van realitzar tres models diferents (Decision Tree, Gaussian Naive Bayes, i k-Nearest Neighbours), i analitzant els valors de precisió, sensibilitat i exactitud de tots tres models, es va arribar a la conclusió que el model més adequat segons la base de dades utilitzada es el model d'arbre de decisió. Així, es va concloure que un model com el presentat en aquest estudi pot ser útil per al diagnòstic del càncer de mama quan ja es tenen sospites sobre la patologia [28].

- Formació i educació: permet simular intervencions reals a través de la realitat virtual, o entrenar habilitats de diagnòstic o comunicació amb el pacient. Un article publicat a la revista 'Educación Médica' va fer un estudi sobre l'acceptació de la realitat virtual com a eina per adquirir habilitats clíniques abans del contacte amb el pacient. La prova es va realitzar en 274 estudiants de tres cursos diferents del grau de Medicina, els quals van utilitzar l'aplicació mòbil de realitat virtual amb unes ulleres estereoscòpiques. Per avaluar la eina, els estudiants van fer emplenar un qüestionari de 8 preguntes, les quals s'havien de respondre amb una puntuació del 1 al 5, i estaven relacionades amb el potencial de l'aplicació i el grau de satisfacció de l'estudiant. Tots els resultats obtinguts als tres cursos diferents que es van analitzar van superar el 4 sobre 5, així reafirmant que aquest recurs es una eina efectiva per ajudar als estudiants en el seu procés d'aprenentatge, tant teòric com pràctic [29].
  
- Investigació: es un àmbit on la intel·ligència artificial hi juga un rol molt important. La empresa Apple ha desenvolupat diversos estudis amb, entre d'altres, NYU Langone Medical Center. Aquest centre mèdic dels Estats Units disposa de l'aplicació gratuïta Concussion Tracker per a dispositius Apple. Aquesta plataforma està dirigida a pacients amb commocions cerebrals, i permet als investigadors identificar els pacients que tenen una greu patologia o símptomes anormals a conseqüència de la malaltia. El funcionament de l'aplicació és molt bàsic: els pacients responen cinc preguntes relacionades amb els símptomes, fan una caminada de sis minuts i se sotmeten a exercicis de concentració. Llavors, Concussion Tracker registra la informació i l'envia al grup d'investigadors de NYU Langone. L'estudi fet per aquest centre va ser de sis setmanes, paral·lelament amb dos grups de pacients, un conjunt va utilitzar l'aplicació fora del centre i l'altre grup va completar les tasques davant d'un coordinador de recerca. Els professionals del centre van poder afirmar que aquesta investigació ha permès avaluar els protocols de tractament actuals d'una manera que abans no era possible, així com millorant la comprensió de com milloren els símptomes de commoció cerebral d'un pacient al llarg de la seva recuperació [30].

A més, aquesta tecnologia també s'ha combinat amb la robòtica, i ha millorat molts processos quirúrgics i la qualitat de vida i recuperació dels pacients que es sotmeten a intervencions quirúrgiques.

Vists els exemples esmentats anteriorment, s'ha pogut demostrar en diversos estudis l'impacte significatiu que té el model predictiu en diferents àmbits de la medicina. Dins del marc d'aquest projecte, ens centrem en buscar un algorisme que ens permeti anticipar-nos a qualsevol situació negativa que pugui patir un pacient. A continuació, podem veure alguns de molts estudis publicats en què s'ha fet ús de la Intel·ligència Artificial en aquest context.

En un estudi publicat a la revista Heliyon, un grup d'investigadors de la Universitat d'Alacant, van crear un model amb una taxa d'encert de més del 95% que és capaç de predir si un pacient infectat per Covid-19 morirà o superarà la malaltia. En l'anàlisi van poder veure que en el cas dels homes, una variable clau per determinar el desenllaç era l'edat, mentre que en les dones, altres variables com ara els nivells de LDH, urea o PCR eren més significatius [31].

Un altre estudi publicat a la revista 'Nature Medicine' demostra que una plataforma basada en la Intel·ligència Artificial anomenada 'Targeted Real-Time Early Warning System (TREWS)' ha ajudat als hospitals a reduir les morts per sèpsia fins a un 18%. Aquesta plataforma envia alertes als metges i infermers quan es detecta un possible cas de complicació, per tal que puguin prevenir la progressió de manera proactiva. Durant l'estudi, TREWS va controlar 590736 pacients de 5 hospitals diferents. L'estudi va concloure demostrant que el sistema TREWS, amb una sensibilitat del 82%, té una capacitat de detecció precoç de 6 hores abans que fent-ho de forma tradicional [32].

Finalment, un tercer exemple és un estudi publicat a la revista Medisan on s'elabora un model predictiu per al diagnòstic precoç de la diabetis mellitus tipus II en una població d'una província de Cuba. L'estudi es va realitzar sobre tots els pacients atesos en les consultes de l'àrea d'endocrinologia i es van dividir en dos cohorts: un d'anàlisi i l'altre de validació. Els resultats van concloure que, amb una sensibilitat d'un 96,9% i una especificitat de 86,6%, el model predictiu elaborat es una eina molt útil per al diagnòstic i per evitar les complicacions cròniques que poden derivar-se d'aquesta malaltia [33].

Tot i els esmentats exemples, entre d'altres, d'aplicacions de models predictius en l'àmbit clínic, fins on arriben els nivells de recerca i els coneixements de l'alumna, no hi ha cap estudi publicat que sigui capaç de detectar una infecció del líquid postoperatori, i d'aquí l'objectiu d'aquest treball.

### 3. Justificació Clínica

La cirurgia hepàtica es una intervenció comú que comporta riscos postoperatoris significatius, entre ells, la infecció del líquid intraabdominal. Aquesta complicació, coneguda com abscess postoperatori intraabdominal, comporta que els pacients hagin de tornar a l'hospital o allargar la seva estada postoperatòria i pot tenir conseqüències greus per a la seva salut.

L'abscess postoperatori intraabdominal es forma per la presència de bacteris quan infecten el líquid intraabdominal i inclús formen pus. Aquesta complicació es sol manifestar després d'una operació o un traumatisme, en concret, quan es produeix una perforació de la zona abdominal.

Els símptomes de la infecció poden variar segons l'estat de salut previ del pacient, però generalment solen ser les següents [34]:

- Malestar abdominal amb progrés de lleu a greu i augment de la sensibilitat al tacte
- Febre o escalfreds
- Dolor abdominal
- Vòmits
- Distensió o inflamació abdominal
- Falta d'apetit i pèrdua de pes
- Diarrea
- Fatiga i debilitat

Les conseqüències que pot arribar a tenir aquesta infecció van des de quadres lleus, fins a complicacions molt greus que poden derivar fins inclús la mort del pacient. S'han realitzat estudis que confirmen que els abscessos intraabdominals que es desenvolupen produeixen una taxa de mortalitat del 10 al 40%.

Com totes les complicacions, s'ha de tenir en compte que no tothom presenta els mateixos símptomes ni amb la mateixa línia de temps. L'evolució d'aquesta infecció depèn principalment de la presència de sèpsia, una ràpida progressió de la infecció al llarg de tot el cos, i de la malaltia principal del pacient, així com l'estat de salut general [35].

Aquesta complicació comporta que molts pacients hagin de tornar a ser hospitalitzats per incorporar un drenatge, haver de ser tractats amb antibiòtics o inclús sotmetre's a una re-intervenció quirúrgica, la qual cosa comporta un increment de les despeses econòmiques i un empitjorament de la qualitat de vida del pacient.

A banda de la reducció de les complicacions, una detecció precoç de qualsevol complicació permet iniciar el tractament oportú de forma immediata i reduir la morbiditat i la mortalitat.

Tots aquests motius són els detonants que ens porten a la necessitat de dissenyar una eina que permeti la detecció precoç de la infecció per tal d'evitar o tractar aquesta complicació i donar lloc a millors resultats clínics i econòmics.

En el context d'aquest treball, es vol fer un anàlisi de diferents variables recopilades a la base de dades electrònica de l'HUGTiP, i utilitzar les tècniques de ML per poder dissenyar un algoritme que permeti predir o detectar la infecció.

## **4. Hipòtesi**

Existeix una relació entre diferents biomarcadors del cos després d'una intervenció quirúrgica de fetge, que permetrà dissenyar un algorisme que sigui capaç de predir o detectar de manera precoç la infecció del líquid intraabdominal postoperatori.

## **5. Objectius del Projecte**

Donat el problema esmentat anteriorment en l'apartat 3, justificació clínica, els objectius que es plantegen en el següent estudi es poden classificar en generals i específics.

### **5.1. Objectius Generals**

- Disseny d'un algorisme que permeti predir o detectar de manera precoç la infecció del líquid intraabdominal en pacients que s'han sotmès a una cirurgia hepàtica.

### **5.2. Objectius Específics**

- Estudi descriptiu i comparatiu de les variables recollides de tots els pacients operats en el servei de cirurgia general de l'HUGTiP en els últims 5 anys de cirurgia hepatobiliar que han desenvolupat complicacions en el post-operatori i dels pacients que no han desenvolupat cap complicació després de la mateixa intervenció.
- Avaluació de les diferències a nivell analític en el moment de col·locació del drenatge entre pacients que no necessiten drenatge i que els que sí n'han requerit.
- Avaluació de les diferències a nivell analític just el moment posterior a la cirurgia entre pacients que no necessiten drenatge i que els que sí n'han requerit.
- Comparació intragrup i intergrup en quant a les diferències analítiques en el moment post-IQ i abans de la col·locació del drenatge.
- Comparació de diferents algorismes basats en ML a partir de les variables seleccionades.
- Validació de l'algorisme utilitzant un conjunt de dades conegudes.

## 6. Dades

Els pacients del conjunt de dades corresponen als últims cinc anys (2019 – 2024) dels registres hospitalaris de pacients operats de fetge de l'HUGTiP.

S'han demanat un total de 11 variables generals i 40 analítiques, que queden resumides en la Taula 2.

**Taula 2.** Llistat de variables a analitzar

VARIABLE	TIPUS	UNITATS	DESCRIPCIÓ
<b>Variables generals</b>			
Edat	Quantitativa discreta	-	Edat del pacient
Sexe	Qualitativa nominal	-	Sexe del pacient
Data de la cirurgia	Quantitativa d'interval	-	Dia en què s'ha realitzat la cirurgia
Data de l'alta	Quantitativa d'interval	-	Dia en què el/la pacient/a ha estat donat/da d'alta
Estada hospitalària	Quantitativa discreta	dies	Dies d'estada a l'hospital
Drenatge	Quantitativa discreta	-	Indica si el/la pacient ha portat drenatge o no
Data del drenatge	Quantitativa d'interval	-	Dia en què s'ha inserit el drenatge
Data petició analítica	Quantitativa d'interval	-	Dia en què s'ha realitzat l'analítica
Tipus de cirurgia	Qualitativa ordinal	-	Indica el tipus de cirurgia que s'ha sotmès el/la pacient
Diagnòstic	Qualitativa ordinal	-	Indica el diagnòstic del pacient
Aplicació d'antibiòtic post-IQ	Qualitativa nominal	-	Indica si el pacient ha pres antibiòtic o no després de la IQ
<b>Valors analítics post-IQ</b>			
A.P. %	Quantitativa continua	%	Percentatge del factor de coagulació
A.P. (ràtio)	Quantitativa continua	-	Ràtio del factor de coagulació
A.P. Seg	Quantitativa continua	segons	Temps que triga a coagular
Amplitud de distribució eritrocitària (RDW)	Quantitativa continua	%	Mesura la variació de volum i mida dels eritròcits
Amplitud de distribució monocitària (MDW)	Quantitativa continua	%	Mesura la variació de volum i mida dels monòcits

Amplitud de distribució plaquetària (PDW)	Quantitativa continua	%	Mesura la variació de volum i mida de les plaquetes
Basòfils %	Quantitativa continua	%	Percentatge de basòfils presents a la sang
Basòfils #	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte de basòfils presents a la sang
Concentració Hemoglobina Corpuscular Mitja	Quantitativa continua	g/dL	Mesura la quantitat d'hemoglobina que hi ha als glòbuls rojos
Creatinina	Quantitativa continua	mg/dL	Quantitat de creatinina en sang per avaluar el funcionament dels ronyons
Eosinòfils #	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte de eosinòfils presents a la sang
Eosinòfils %	Quantitativa continua	%	Percentatge de eosinòfils presents a la sang
Fibrinogen derivat	Quantitativa continua	mg/dL	Mesura la quantitat de fibrinogen en sang
Glucosa	Quantitativa continua	mg/dL	Mesura quanta glucosa hi ha a la sang
Granulòcits immadurs %	Quantitativa continua	%	Percentatge de granulòcits immadurs presents a la sang
Hematies	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^{12}/L$	Recompte de glòbuls vermells presents a la sang
Hematòcrit	Quantitativa continua	%	Percentatge en volum de glòbuls vermells presents a la sang
Hemoglobina (Hgb)	Quantitativa continua	g/dL	Nivell de la proteïna Hemoglobina en sang
Hemoglobina Corpuscular Mitja	Quantitativa continua	pg	Determina la quantitat mitjana d'Hgb (en massa) a cada glòbul roig
Lactato-deshidrogenada (LHD)	Quantitativa continua	U/L	Quantitat d'aquest enzim en sang
Leucòcits	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte de leucòcits presents a la sang
Leucòcits - Òptics (D)	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte de leucòcits en mètodes òptics, principalment els mètodes òptics
Leucòcits - Òptics (N)	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte diferencial de leucòcits en neutròfils
Limfòcits #	Quantitativa continua	cèl·lules x $10^9/L$	Recompte de limfòcits presents a la sang
Limfòcits %	Quantitativa continua	%	Percentatge de limfòcits presents a la sang

Factor d'anèmia microcítica (MAF)	Quantitativa continua	g	Detecta el dèficit de ferro
Monòcits #	Quantitativa continua	cèl·lules x 10 <sup>9</sup> /L	Recompte de monòcits presents a la sang
Monòcits %	Quantitativa continua	%	Percentatge de monòcits presents a la sang
Neutròfils #	Quantitativa continua	cèl·lules x 10 <sup>9</sup> /L	Recompte de neutròfils presents a la sang
Neutròfils %	Quantitativa continua	%	Percentatge de neutròfils presents a la sang
Plaquetòcrit	Quantitativa continua	%	Percentatge del volum de plaquetes sobre el volum total de sang
Plaquetes	Quantitativa continua	cèl·lules x 10 <sup>9</sup> /L	Recompte de plaquetes presents a la sang
Potassi	Quantitativa continua	mmol/L	Concentració de potassi a la sang
Proteïna C reactiva	Quantitativa continua	mg/L	Concentració de proteïna C reactiva en sang per detectar inflamació
Sodi	Quantitativa continua	mmol/L	Concentració de sodi a la sang
Temps de tromboplastina parcial activat (T.T.P.A) Ràtio	Quantitativa continua	-	Expressa el temps de coagulació d'un pacient respecte un temps de referència
Temps de tromboplastina parcial activat (T.T.P.A) Seg.	Quantitativa continua	s	Avalua el temps que tarda la sang en coagular-se
Urea	Quantitativa continua	mg/dL	Mesura l'abundància d'urea present al corrent sanguini
Volum Corpuscular Mig (VCM)	Quantitativa continua	fL	Mesura la mida mitja dels glòbuls rojos presents a la sang
Volum Plaquetari Mig (VPM)	Quantitativa continua	fL	Indica la mida de les plaquetes

## 7. Metodologia

En aquest apartat es recull de manera descriptiva el marc metodològic que s'ha escollit per poder fer l'anàlisi.

S'han realitzat un seguit d'anàlisis per poder trobar un model predictiu que permeti detectar la infecció del líquid intraabdominal postoperatori, explicades als següents apartats.

### 7.1. Anàlisi descriptiva i estadística de les variables analítiques

En aquesta part del treball s'ha realitzat una anàlisi estadística i descriptiva de les variables analítiques, tant intergrupal com intragrupal, per tal d'observar si hi ha diferències significatives entre els pacients que han necessitat drenatge i els que no, així com entre els pacients dins de cada grup.

En primer lloc, s'ha avaluat la normalitat de totes les variables contínues, amb un test o un altre dependent del nombre de variables del qual es disposa:

- Si hi ha < de 50 pacients → Prova de Shapiro Wilks (*Shapiro–Wilk test*)
- Si hi ha > de 50 pacients → Prova de Kolmogórov-Smirnov (*Kolmogórov-Smirnov test*)

Tot seguit, les variables s'han representat segons el resultat del test de normalitat:

- Les variables distribuïdes normalment es mostren com a mitjana (marcada en color roig), desviació estàndard (DE) entre parèntesis i un interval de confiança (IC) del 95% (límit inferior - límit superior).
- Les variables distribuïdes de manera NO normal es mostren com a mediana (marcada en color blau), rang interquartílic (IQR) entre parèntesis i valor mínim – màxim.

Per a l'anàlisi de les diferències intergrup (drenatge vs. no drenatge), amb les variables distribuïdes normalment s'ha utilitzat la prova de distribució t de Student (*Student's t-test*). Per contra, amb les variables distribuïdes de manera no normal s'ha utilitzat la prova U de Mann-Whitney (*Mann-Whitney U test*).

Per a l'anàlisi de les diferències intragrupal, s'ha utilitzat la prova de ANOVA de mesures repetitives per les variables amb distribució normal. Per contra, amb les variables distribuïdes de manera no normal, s'ha utilitzat la prova de *Friedman* per mesures relacionades.

També s'ha calculat la mitja de dies que transcorren fins que un pacient requereixi drenatge, i aquesta dada s'ha utilitzat com a referència per prendre l'última base analítica dels pacients que no han necessitat drenatge.

Altrament, s'ha calculat la variància de les dades per a cada un dels grups (drenatge vs. no drenatge) per tal de tenir una mesura que indiqui l'evolució de les variables analítiques. Seguint la metodologia esmentada anteriorment, s'ha realitzat l'anàlisi descriptiva i estadística d'aquest paràmetre.

Finalment, aquelles variables que s'han considerat rellevants, s'han visualitzat gràficament mitjançant un diagrama de caixa (*box-plot*), ja que dona una representació visual molt completa de la distribució de les dades, incloent la mediana, els quartils, els valors atípics més potencials (*outliers*), la tendència central de les dades, la dispersió i la variabilitat d'aquestes. A més, també permet fer comparacions entre diferents grups o categories i avaluar si hi ha diferències significatives en la distribució.

Per poder entendre els resultats dels diagrames de caixes, és important saber interpretar-los correctament:

- La caixa indica l'interval en què es troba el 50% de les dades, i aquest rang es coneix com a l'IQR.
- La línia central de la caixa indica la mediana de les dades.
- Els extrems de baix i dalt de la caixa són el 1r i 3r quartil, respectivament.
- Les línies que s'estenen des de la caixa s'anomenen bigots, i representen la variància de les dades. Els extrems dels bigots fan referència al valor mínim i màxim de les mostres.
- Els punts que es troben més enllà dels límits superior i inferior s'anomenen valors atípics o *outliers*.

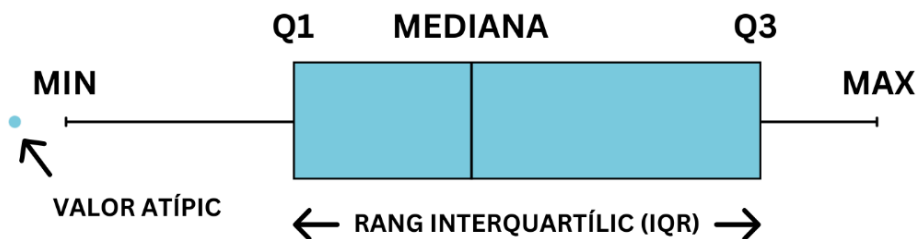


Figura 11. Diagrama de caixes

## 7.2. Anàlisi de les patologies prèvies dels pacients operats de fetge

En aquesta anàlisi, s'ha avaluat si les patologies prèvies a la IQ de cada pacient són significatives amb una prova de chi quadrat (*Chi-square test*) i es s'ha representat el descriptiu en funció del seu percentatge respecte la mostra.

## 7.3. Aplicació d'algoritmes d'IA per la predicció de pacients que necessitaran drenatge

S'han aplicat els algoritmes de ML per tal de realitzar prediccions sobre els següents casos:

- Predicció de drenatge utilitzant les primeres variables analítiques mesurades post-IQ
- Predicció de drenatge utilitzant les últimes variables analítiques recollides abans del drenatge
- Predicció de drenatge utilitzant les penúltimes variables analítiques recollides abans del drenatge
- Predicció de drenatge utilitzant les primeres variables analítiques just després de la intervenció, les últimes abans del drenatge i la variància

Primerament, s'ha aplicat un algoritme d'augment de dades del grup minoritari (pacients amb drenatge) per tal de balancejar els dos grups i augmentar la capacitat de predicció de l'algoritme. La tècnica emprada per augmentar les mostres ha estat la Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE), utilitzant 10 *neighbors*.

Per tots els algorismes s'ha fet una validació per mitjà del mètode de validació encreuada (*k-fold cross validation*), dividint les dades amb un total de 5 *folds*.

A més, s'ha realitzat una optimització dels paràmetres (*hyperparameter tuning*), per tal d'oferir la millor classificació possible mitjançant el mètode de Grid Search.

Donat que no hi ha un algoritme que funcioni perfecte en totes les aplicacions, en aquest estudi es farà una comparació de diferents algorismes, per tal de trobar el més adequat en cadascuna de les anàlisis.

S'utilitzaran els següents: Naive Bayes, Random Forest, regressió logística (Logistic Regression), Support Vector Machine (SVM), k-Nearest Neighbors (k-NN) i Anàlisi Discriminant.

Finalment, per avaluar els resultats dels algorismes de manera visual s'ha utilitzat la matriu de confusió o *Confusion matrix*, en anglès (Taula 3):

**Taula 3.** Matriu de confusió

		Reals	
		Positiu	Negatiu
Predicció	Positiu	Certs positius (TP)	Falsos positius (FP)
	Negatiu	Falsos negatius (FN)	Certs negatius (TN)

On TP són els casos que s'han detectat correctament com a positius, FP són els casos que s'han detectat com a positius i realment no són positius, FN són els casos que s'han detectat com a negatius i realment no són negatius, i TN són els casos que s'han detectat correctament com a negatius.

A partir dels valors de la Taula 3, es poden obtenir, de manera quantitativa, les mètriques de la matriu [36]:

- **Exactitud** (*accuracy*): mesura el nombre total de classificacions correctes entre el nombre total de casos. Representa com de prop està el resultat del valor real.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

- Precisió (*precision*): mesura la proporció de casos positius reals respecte tots els positius (siguin identificats com a veritables o no), es a dir, el percentatge de casos positius detectats. Permet observar la dispersió del conjunt de valors obtinguts.

$$precision = \frac{\sum TP}{\sum TP + FP} \quad (3)$$

- Sensibilitat (*sensitivity* o *recall*): representa la proporció de casos positius que han estat correctament identificats.

$$sensitivity = \frac{\sum TP}{\sum TP + FN} \quad (4)$$

- Especificitat (*specificity*): representa la proporció de casos negatius que han estat correctament identificats.

$$specificity = \frac{\sum TN}{\sum TN + FP} \quad (5)$$

A més, també s'obtidran les següents mètriques:

- F1-score: és la mètrica que engloba la precisió i la sensibilitat. És molt útil quan la distribució de les classes és molt desigual.

$$F1 - score = \frac{TP}{TP + \frac{1}{2}(FP + FN)} = \frac{2 * precision * sensitivity}{precision + sensitivity} \quad (6)$$

- Àrea sota la corba (AUC): avalua el rendiment de qualsevol model de classificació, permetent generar una representació gràfica, anomenada corba ROC. Com major sigui el valor de AUC, més bon classificador serà el model.

L'anàlisi estadística i descriptiva s'ha realitzat mitjançant el software IBM SPSS versió 29.0.2. D'altra banda, l'aplicació dels algoritmes d'IA s'ha realitzat mitjançant l'aplicació Classification Learner de Matlab.

## 8. Resultats

En aquesta secció, es mostren els resultats derivats de totes les anàlisis realitzades en aquest projecte.

En primera instància, s'han analitzat les variables generals que no varien en cada pacient, per tal d'observar si existeix alguna relació significativa amb la necessitat de requerir drenatge. Els resultats estadístics i descriptius es veuen resumits a la taula 4.

**Taula 4.** Resultats descriptius i estadístics referents a les variables categòriques

		Drenatge (N = 27)	NO drenatge (N = 247)	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	
				U	p
<b>VARIABLES NUMÈRIQUES</b>					
<b>Estada hospitalària</b>		9 (24) (3-72)	4 (3) (1-58)	<b>5.426</b>	<b>&lt;.001</b>
Edat		68 (17) (16-83)	68 (16) (19-85)	0.292	0.77
<b>Temps quirúrgic</b>		<b>236.24</b> (53.61) (215.85 - 256.63)	<b>218.69</b> (68.64) (210.95 - 226.42)	<b>1.64</b>	<b>0.055</b>
<b>VARIABLES CATEGÒRIQUES</b>					
				Chi - quadrat	
				$\chi^2$	P
Tipus de cirurgia	Altre bisegmentectomia	6.90%	17.70%	9.371	0.857
	Altres operacions de fetge	0.00%	0.33%		
	Hepatectomia dreta	6.90%	6.23%		
	Hepatectomia dreta ampliada	0.00%	2.30%		
	Hepatectomia esquerra	3.45%	3.61%		
	Hepatectomia esquerra ampliada	3.45%	0.66%		
	Hepatotomia. Incisió d'abscess de fetge. Extracció de càlculs	0.00%	0.33%		
	Lobectomia de fetge. Lobectomia total hepàtica amb excisió p	20.69%	10.49%		
	Lobectomia hepàtica laparoscòpia	10.34%	10.82%		
	Marsupialització de lesió de fetge	0.00%	1.31%		
	Metastasectomia hepàtica	0.00%	0.33%		
	Quistectomia parcial hepàtica	0.00%	0.66%		

	Quistoperiquistectomia hepàtica	0.00%	0.66%		
	Segmentectomia hepàtica	13.79%	8.20%		
	Segmentectomia hepàtica laparoscòpia	34.48%	36.07%		
	Tumorectomia hepàtica	0.00%	0.33%		
Diagnòstic	Altres malalties específiques del fetge	0.00%	2.95%		
	Altres tipus de colangitis	0.00%	0.33%		
	Altres tipus específics de carcinoma de fetge	3.45%	0.00%		
	Càlcul de conducte biliar amb colangitis crònica. amb obstrucció	0.00%	0.33%		
	Càlcul de vesícula biliar sense colecistitis. sense obstrucció	0.00%	0.33%		
	Carcinoma de cèl·lules hepàtiques	10.34%	17.05%		
	Carcinoma de conducte biliar intrahepàtic	24.14%	6.23%		
	Colesterolosi de vesícula biliar	0.00%	0.33%		
	Equinococcosi hepàtica no especificada	0.00%	1.31%		
	Hemangioma. Estructures intraabdominals	0.00%	0.98%		
	Infestació hepàtica per Echinococcus granulosus	0.00%	0.98%		
	Malaltia quística del fetge	0.00%	0.66%	39.861	0.068
	Neoplàsia benigna de fetge	0.00%	1.97%		
	Neoplàsia de comportament no especificat de l'aparell digestiu	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna d'unió rectosigmoide	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna de còrtex. Glàndula suprarenal dreta	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna de fetge primària.	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna de vesícula biliar	3.45%	2.30%		
	Neoplàsia maligna secundària de fetge i conducte biliar intrahepàtic	51.72%	58.03%		
	Neoplàsia maligna secundària de retroperitoneu i peritoneu	0.00%	0.98%		

	Neoplàsia maligna secundària. Altres localitzacions especificades	0.00%	0.98%		
	Neoplàsia maligna. Angle hepàtic	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna. Còlon ascendent	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna. Còlon sigmoide	0.00%	0.33%		
	Neoplàsia maligna. Conductes biliars extrahepàtics	3.45%	0.66%		
	Neoplàsia maligna. Ronyó dret, excepte pelvis renal	0.00%	0.33%		
	Sèpsia causada per <i>Escherichia coli</i>	0.00%	0.66%		
	Tumors carcinoides malignes d'altres localitzacions	3.45%	0.00%		
	Tumors carcinoides secundaris. Fetge	0.00%	0.33%		
Sexe	Masculí (0)	72.41%	59.67%	1.804	0.179
	Femení (1)	27.59%	40.33%		
Antibiòtic	No (0)	37.93%	66.23%	9.179	0.002
	Sí (1)	62.07%	33.77%		

## 8.1. Anàlisi descriptiva i estadística de les variables analítiques

En primera instància, s'ha fet una anàlisi descriptiva i estadística de totes aquelles variables analítiques per tal de veure si hi ha diferències significatives i variabilitat de les mostres entre pacients del mateix grup (anàlisi intragrup), o entre pacients de grups diferents (anàlisi intergrup).

### 8.1.1. Diferenciació intergrup

#### Diferenciació de les PRIMERES variables analítiques post-IQ entre pacients que han necessitat drenatge i pacients que no

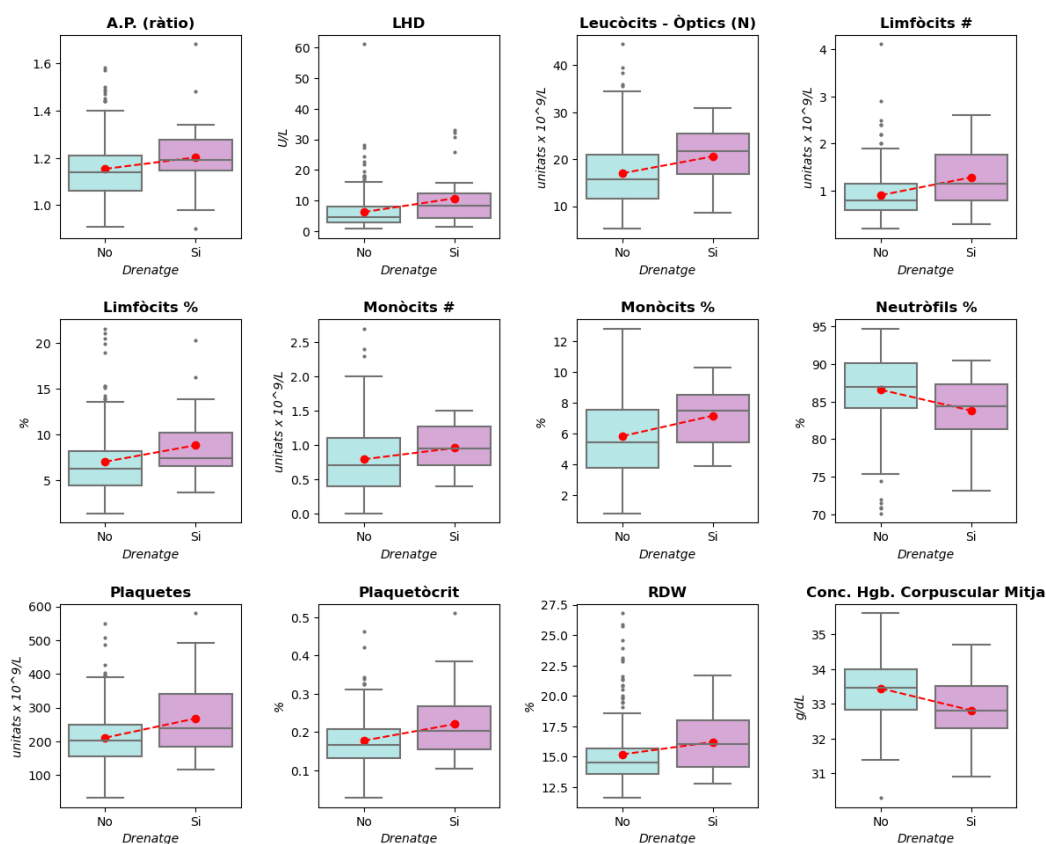
La taula 5 mostra el descriptiu de les variables analítiques just en el moment post-IQ, així com l'anàlisi estadística per a la diferenciació entre els pacients que han requerit drenatge i els que no. També es mostren els estadístics U de Mann-Whitney (variables no normals) i t-Student (variables normals), així com la significança P.

Taula 5. Resultats descriptius i estadístics referents a la primera analítica

	Drenatge (N = 27)	NO drenatge (N = 247)	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	
			U	P
<b>TEST NO PARAMÈTRIC</b>				
<b>A.P. (ràtio)</b>	1.19 (0.14) (0.9 - 1.68)	1.14 (0.15) (0.91 - 1.58)	<b>2.007</b>	<b>0.045</b>
A.P. Seg	12.9 (1.6) (9.7 - 20.3)	12.5 (1.5) (9.9 - 18.4)	1.729	0.084
Basòfils %	0.3 (0.15) (0.23 - 0.37)	0.2 (0.2) (0 - 1.5)	0.294	0.769
Basòfils #	0 (0.1) (0 - 0.1)	0 (0.1) (0 - 0.5)	1.112	0.266
Creatinina plasma	0.99 (0.39) (0.84 - 1.15)	0.84 (0.37) (0.35 - 2.69)	1.17	0.242
Eosinòfils #	0 (0) (0 - 0.1)	0 (0) (0 - 0.1)	1.501	0.133
Eosinòfils %	0.1 (0.1) (0 - 1)	0.1 (0.1) (0 - 2.3)	-0.455	0.649
Fibrinogen derivat	423.65 (97.42) (384.31 - 463)	412 (132) (204 - 908)	0.04	0.968
Glucosa plasma	146.6 (33.28) (133.39 - 160.28)	156 (76.7) (51.4 - 468.6)	-1.321	0.186
Granulòcits Immadurs %	0.2 (0.2) (0 - 0.6)	0.2 (0.2) (0 - 53.7)	-0.118	0.906
Hemoglobina corpuscular mitja	29.82 (2.32) (28.9 - 30.74)	30.4 (3) (19.8 - 37.2)	-1.311	0.19
<b>LHD</b>	8.4 (8.4) (1.5 - 33.1)	4.65 (5.4) (0.7 - 61.1)	<b>2.926</b>	<b>0.003</b>
Leucòcits	16.56 (4.88) (14.63 - 18.49)	13.8 (7.6) (4.3 - 38.4)	1.835	0.067
Leucòcits - Òptics (D)	18.56 (6.02) (15.47 - 21.66)	14.53 (7.88) (0.49 - 79.94)	1.94	0.052
<b>Leucòcits - Òptics (N)</b>	20.58 (6.34) (17.33 - 23.84)	15.71 (9.44) (5.16 - 44.48)	<b>2.363</b>	<b>0.018</b>
<b>Limfòcits #</b>	1.29 (0.67) (0.95 - 1.62)	0.8 (0.6) (0.2 - 4.1)	<b>2.486</b>	<b>0.013</b>
<b>Limfòcits %</b>	7.45 (4.5) (3.7 - 20.3)	6.3 (3.7) (1.4 - 21.6)	<b>2.1</b>	<b>0.036</b>
MDW	18.13 (2.1) (15.16 - 27.36)	18.01 (3.02) (13.45 - 61.54)	0.363	0.717
<b>Monòcits #</b>	0.96 (0.36) (0.78 - 1.13)	0.7 (0.7) (0 - 2.7)	<b>1.981</b>	<b>0.048</b>
<b>Monòcits %</b>	7.14 (2.09) (6.11 - 8.18)	5.4 (3.9) (0.8 - 12.8)	<b>2.294</b>	<b>0.022</b>
<b>Neutròfils %</b>	83.78 (4.62) (81.49 - 86.1)	87 (6) (70.1 - 94.7)	<b>-2.524</b>	<b>0.012</b>
P.D.W	17.07 (0.64) (16.8 - 17.33)	17.2 (0.8) (14.8 - 19.8)	-1.237	0.216
<b>Plaquetes impedància</b>	267.77 (121.99) (218.49 - 317.05)	202 (96) (32 - 548)	<b>2.299</b>	<b>0.022</b>

<b>Plaquetòcrit</b>	<b>0.2</b> (0.12) (0.10 - 0.51)	<b>0.17</b> (0.07) (0.03 - 0.46)	<b>2.252</b>	<b>0.024</b>
Potassi plasma	<b>4.09</b> (0.53) (3.37 - 6.2)	<b>3.95</b> (0.63) (2.48 - 6.48)	1.85	0.064
Proteïna C reactiva	<b>3.3</b> (2.2) (1.6 - 12.3)	<b>3.1</b> (7.9) (0.3 - 186.6)	0.413	0.68
<b>R.D.W</b>	<b>16.2</b> (2.40) (15.25 - 17.15)	<b>14.5</b> (2.2) (11.6 - 26.8)	<b>2.494</b>	<b>0.013</b>
Sodi plasma	<b>140.52</b> (3.17) (139.27 - 141.77)	<b>139.6</b> (3) (129.1 - 146.8)	1.531	0.126
T.T.P.A. Ràtio	<b>0.87</b> (0.11) (0.78 - 1.17)	<b>0.88</b> (0.11) (0.71 - 1.18)	0.201	0.841
T.T.P.A. Seg	<b>27.1</b> (3.5) (24.1 - 36.3)	<b>27.3</b> (3.5) (21.9 - 42.3)	0.074	0.941
Urea plasma	<b>29</b> (23) (14 - 93)	<b>29</b> (13) (7 - 91)	-0.193	0.847
VCM	<b>90.80</b> (5.59) (88.58 - 93.01)	<b>90.6</b> (7.7) (63 - 111)	-0.048	0.962
VPM	<b>8.53</b> (1.22) (8.04 - 9.03)	<b>8.5</b> (1.3) (6.6 - 11.5)	-0.32	0.749
<b>TEST PARAMÈTRIC</b>				
			<b>t - Student</b>	
			<b>t</b>	<b>P</b>
A.P. %	<b>77.63</b> (13.51) (72.28 - 82.97)	<b>81.68</b> (10.06) (80.41 - 82.94)	1.511	0.142
<b>Conc. HGB. Corpuscular Mitja</b>	<b>32.81</b> (1.02) (32.41 - 33.22)	<b>33.44</b> (0.89) (33.33 - 33.55)	<b>3.079</b>	<b>0.004</b>
Hematies impedància	<b>4.03</b> (0.71) (3.74 - 4.31)	<b>4.06</b> (0.55) (3.99 - 4.13)	0.264	0.794
Hematòcrit	<b>36.49</b> (6.37) (33.97 - 39.01)	<b>36.78</b> (4.41) (36.22 - 37.33)	0.23	0.82
Hemoglobina	<b>11.96</b> (2.31) (11.04 - 12.87)	<b>12.3</b> (1.55) (12.11 - 12.49)	0.759	0.454
MAF	<b>10.78</b> (2.42) (9.82 - 11.74)	<b>11.20</b> (1.71) (10.99 - 11.42)	0.889	0.381
Neutròfils #	<b>12.07</b> (3.67) (10.25 - 13.9)	<b>11.32</b> (3.54) (10.82 - 11.83)	-0.832	0.415

També es pot observar a la figura 12, els diagrames de caixes de les variables analítiques que han resultat estadísticament significatives.



**Figura 12.** Representació gràfica de les variables estadísticament significatives en la primera analítica

### Diferenciació de les ÚLTIMES variables analítiques abans del drenatge entre pacients que han necessitat drenatge i pacients que no

La taula 6 mostra el descriptiu de les variables analítiques en el moment previ al drenatge, així com, l'anàlisi estadística per a la diferenciació entre els pacients que han requerit drenatge i els que no. També es mostren els estadístics U de Mann-Whitney (variables no normals) i t-Student (variables normals), així com la significança P.

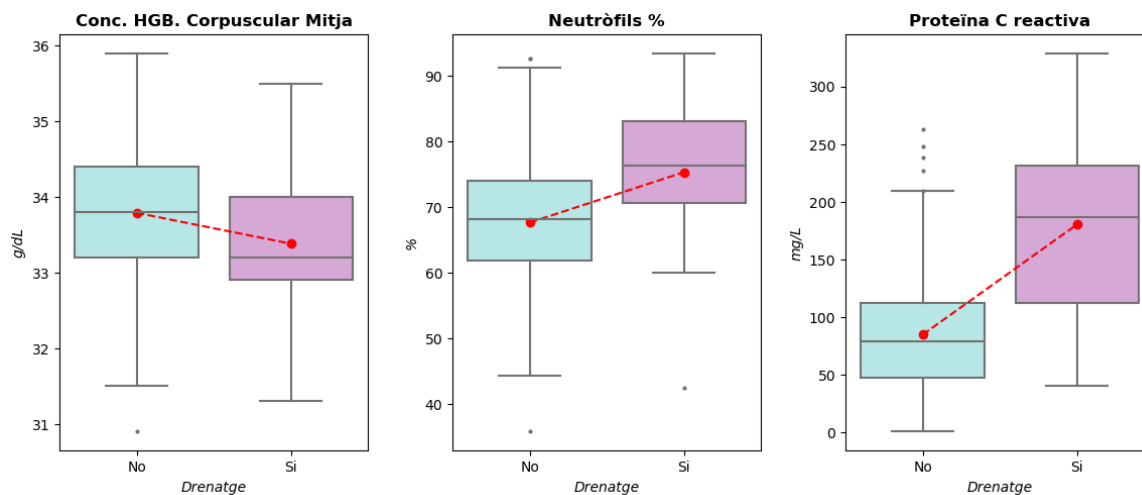
Tal i com ja s'ha esmentat anteriorment, per tenir un interval de temps més o menys regular entre totes les mostres s'ha calculat la mitja de dies que transcorren fins que un pacient necessita drenatge, i aquest valor s'ha utilitzat com a dia de referència per a prendre les dades analítiques dels pacients que no han requerit drenatge.

Taula 6. Resultats descriptius i estadístics referents a la última analítica

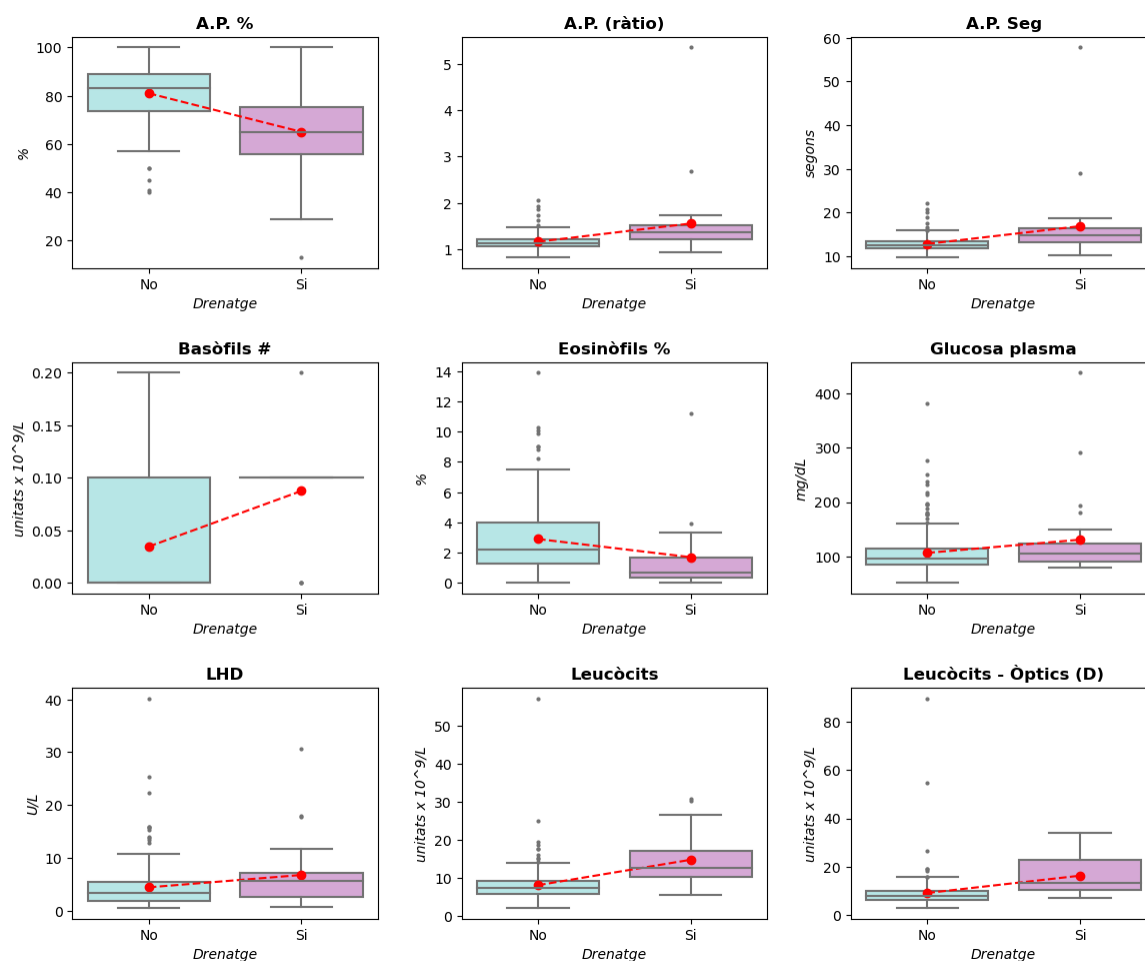
	Drenatge (N = 27)	NO drenatge (N = 247)	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	
			U	P
<b>TEST NO PARAMÈTRIC</b>				
<b>A.P. %</b>	<b>65</b> (19.43) (56.79 - 73.21)	<b>83</b> (16) (40 - 100)	<b>-4.252</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>A.P. (ratio)</b>	<b>1.37</b> (0.30) (0.94 - 5.35)	<b>1.14</b> (0.17) (0.83 - 2.05)	<b>4.411</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>A.P. Seg</b>	<b>14.85</b> (3.20) (10.10 - 57.80)	<b>12.40</b> (1.60) (9.70 - 22.10)	<b>4.094</b>	<b>&lt;.001</b>
Basòfils %	<b>0.74</b> (0.33) (0.56 - 0.91)	<b>0.50</b> (0.50) (0 - 2.20)	1.618	0.106
<b>Basòfils #</b>	<b>0.10</b> (0) (0 - 0.20)	<b>0</b> (0.10) (0 - 0.20)	<b>3.903</b>	<b>&lt;.001</b>
Creatinina plasma	<b>0.84</b> (0.90) (0.47 - 4.09)	<b>0.74</b> (0.34) (0.40 - 3.02)	1.6	0.11
Eosinòfils #	<b>0.10</b> (0.30) (0 - 1.90)	<b>0.20</b> (0.20) (0 - 1.20)	-1.88	0.06
<b>Eosinòfils %</b>	<b>0.70</b> (1.50) (0 - 11.20)	<b>2.25</b> (2.73) (0 - 13.90)	<b>-3.301</b>	<b>&lt;.001</b>
Fibrinogen derivat	<b>638.50</b> (214) (231 - 822)	<b>633</b> (167) (204 - 997)	0.66	0.51
<b>Glucosa plasma</b>	<b>107.60</b> (50.90) (78.10 - 438.50)	<b>94.30</b> (29) (51 - 251.10)	<b>2.031</b>	<b>0.042</b>
Granulòcits Immadurs %	<b>0.20</b> (0.40) (0 - 1.20)	<b>0.20</b> (0.30) (0 - 2.50)	-0.041	0.967
Hematòcrit	<b>32.10</b> (4.67) (30.18 - 34.03)	<b>33</b> (8.50) (19.70 - 46.10)	-0.794	0.427
Hemoglobina	<b>10.70</b> (1.59) (10.05 - 11.36)	<b>11.10</b> (2.90) (6.60 - 15.70)	-1.208	0.227
<b>LHD</b>	<b>5.70</b> (4.60) (0.70 - 30.60)	<b>3.20</b> (3.50) (0.50 - 40.20)	<b>2.189</b>	<b>0.029</b>
<b>Leucòcits</b>	<b>12.60</b> (7.40) (5.70 - 30.70)	<b>7.30</b> (3) (2.10 - 19.40)	<b>5.675</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits - Òptics (D)</b>	<b>16.35</b> (8.02) (12.08 - 20.62)	<b>7.87</b> (3.91) (2.94 - 89.58)	<b>4.26</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits - Òptics (N)</b>	<b>17.92</b> (8.40) (13.45 - 22.40)	<b>7.76</b> (4.14) (2.53 - 69.39)	<b>4.775</b>	<b>&lt;.001</b>
Limfòcits #	<b>1.25</b> (1.20) (0.70 - 4.80)	<b>1.30</b> (0.80) (0.20 - 3.40)	-0.195	0.846
<b>Limfòcits %</b>	<b>12.93</b> (6.96) (9.22 - 16.63)	<b>17.80</b> (10.80) (1.60 - 43.20)	<b>-2.838</b>	<b>0.005</b>
MAF	<b>10.04</b> (1.62) (9.31 - 10.78)	<b>10.20</b> (2.90) (6 - 15.20)	-0.931	0.352
<b>MDW</b>	<b>26.20</b> (5.09) (23.88 - 28.51)	<b>21.73</b> (3.12) (15.25 - 39.41)	<b>4.128</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Monòcits #</b>	<b>1</b> (0.40) (0.50 - 2.90)	<b>0.70</b> (0.40) (0.20 - 1.80)	<b>3.81</b>	<b>&lt;.001</b>
Monòcits %	<b>9.15</b> (4.08) (6.98 - 11.32)	<b>9.30</b> (3.80) (2.70 - 21.60)	-1.021	0.307

Neutròfils #	8.40 (5.60) (4.30 - 28.70)	4.80 (2.90) (1.10 - 15.80)	<b>4.618</b>	<b>&lt;.001</b>
P.D.W	16.94 (0.72) (16.64 - 17.23)	17 (0.60) (15.70 - 19.20)	-0.32	0.749
Plaquetes impedància	321.68 (143.33) (262.52 - 380.84)	187 (123) (68 - 695)	<b>3.809</b>	<b>&lt;.001</b>
Plaquetòcrit	0.26 (0.11) (0.22 - 0.31)	0.16 (0.09) (0.06 - 0.53)	<b>3.687</b>	<b>&lt;.001</b>
Potassi plasma	3.97 (0.43) (3.78 - 4.15)	3.96 (0.65) (2.81 - 5.69)	0.225	0.822
R.D.W	16.40 (3.70) (12.90 - 27.80)	14.50 (2.70) (11.90 - 26.40)	<b>2.974</b>	<b>0.003</b>
Sodi plasma	136.06 (4.18) (134.25 - 137.86)	139.30 (3.30) (125.70 - 145)	<b>-4.301</b>	<b>&lt;.001</b>
T.T.P.A. Ratio	0.94 (0.14) (0.80 - 2.27)	0.97 (0.10) (0.63 - 2.45)	-1.137	0.255
T.T.P.A. Seg	29 (4.70) (24.90 - 70.50)	30.10 (3.10) (19.50 - 75.90)	-0.525	0.6
Urea plasma	34 (29) (15 - 213)	30 (17.90) (7 - 196)	1.737	0.082
VCM	91.27 (4.34) (89.39 - 93.14)	91 (7.70) (62.90 - 110.30)	-0.119	0.905
VPM	8.36 (1.13) (7.87 - 8.85)	8.50 (1.30) (6.70 - 11.80)	-1.145	0.252
			<b>t - Student</b>	
			<b>t</b>	<b>P</b>
<b>TEST PARAMÈTRIC</b>				
Conc. HGB. Corpuscular Mitja	33.38 (0.94) (32.99 - 33.77)	33.82 (0.83) (33.70 - 33.93)	<b>2.075</b>	<b>0.047</b>
Hematies impedància	3.52 (0.48) (3.32 - 3.72)	3.64 (0.63) (3.55 - 3.73)	1.18	0.246
Hemoglobina corpuscular mitja	30.44 (1.87) (29.67 - 31.21)	30.94 (2.49) (30.60 - 31.29)	0.932	0.358
Neutròfils %	75.36 (12.42) (68.75 - 81.98)	67.99 (10.01) (66.59 - 69.39)	<b>-2.409</b>	<b>0.028</b>
Proteïna C reactiva	181.54 (81.84) (146.15 - 216.92)	84.73 (53.38) (76.92 - 92.54)	<b>-6.02</b>	<b>&lt;.001</b>

Així mateix, s'han representat els diagrames de caixes de les variables que han resultat significatives. La distribució de les variables normals es mostra a la figura 13, mentre que les variables no normals es poden veure a les figures 14 i 15.



**Figura 13.** Representació gràfica de les variables normals estadísticament significatives en l'última anàlisi



**Figura 14.** Representació gràfica de les variables NO normals estadísticament significatives en l'última anàlisi (1)

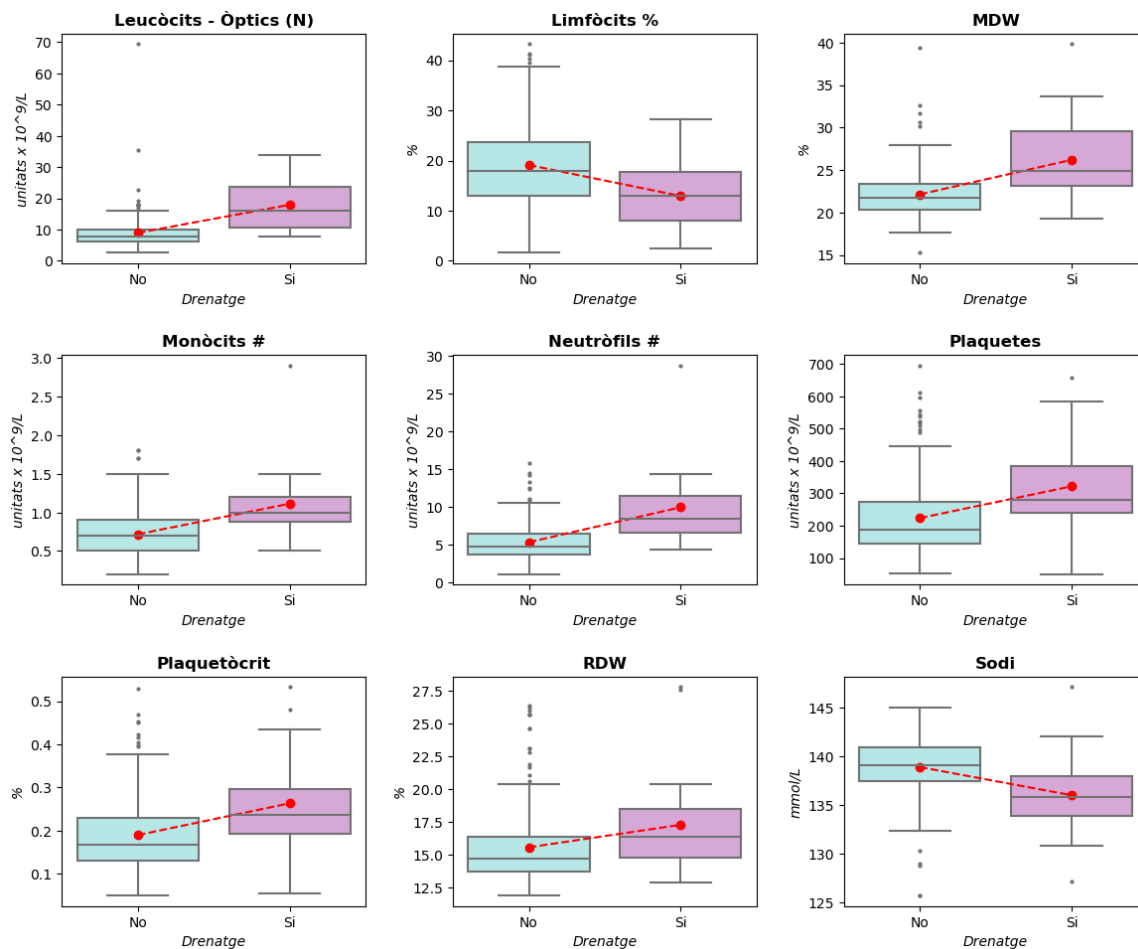


Figura 15. Representació gràfica de les variables NO normals estadísticament significatives en l'última anàlisi (2)

### 8.1.2. Diferenciació intragrupal

#### Diferenciació de les PRIMERES i ÚLTIMES variables analítiques recollides dels pacients que no han necessitat drenatge

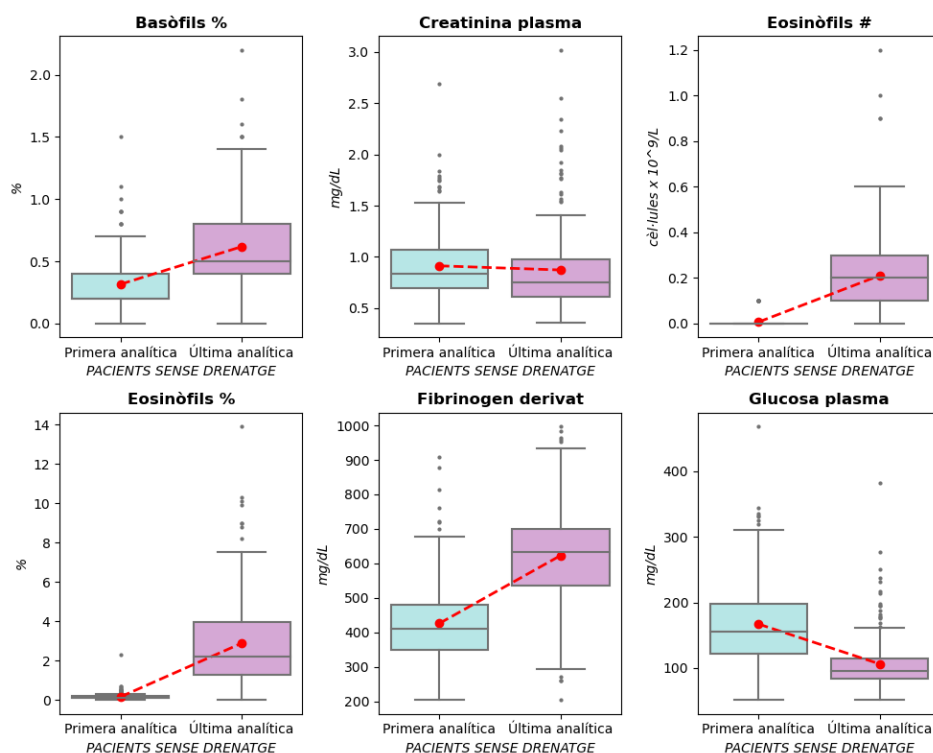
La taula 7 mostra el descriptiu de les variables analítiques dels pacients que no han requerit drenatge, considerant la primera analítica post-IQ i del dia establert com el valor mig fins que un pacient requereix el drenatge. De la mateixa manera, també es mostra l'anàlisi estadística U de Mann-Whitney (variables no normals) i t-Student (variables normals), així com la significança P, per veure si hi ha variabilitat dins d'aquest interval de temps.

**Taula 7.** Resultats descriptius i estadístics de la comparació entre la primera i la última analítica dels pacients sense drenatge

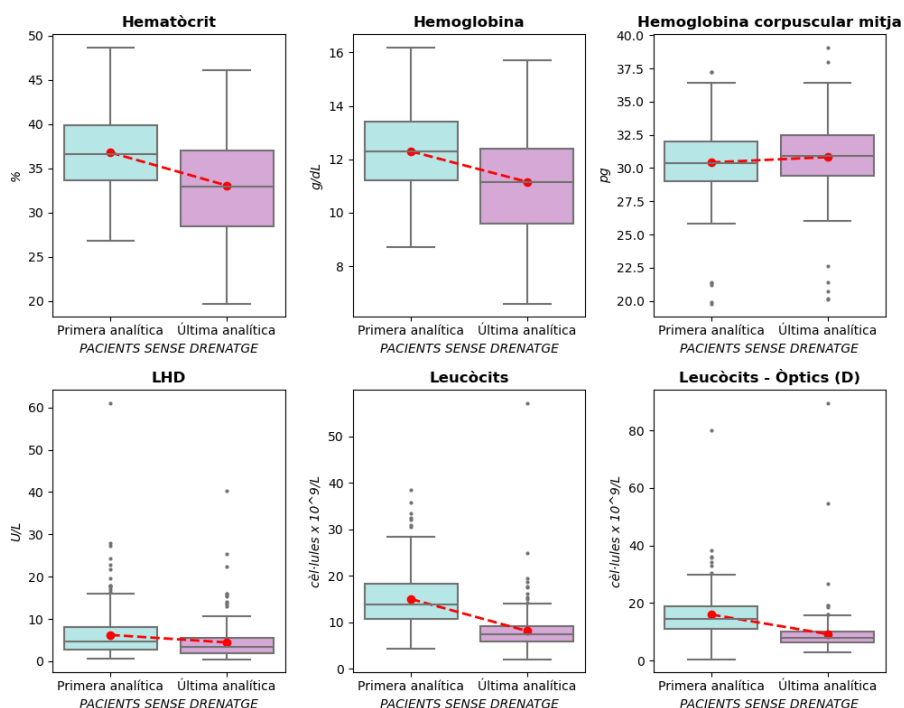
	PACIENTS SENSE DRENATGE		Wilcoxon test (per mostres emparellades)	
	1ra analítica	Última analítica		
<b>TEST NO PARAMÈTRIC</b>				
			<b>W</b>	<b>P</b>
A.P. %	81.68 (10.06) (80.41 - 82.94)	83 (16) (40 - 100)	-0.753	0.452
A.P. (ràtio)	1.14 (0.15) (0.91 - 1.58)	1.14 (0.17) (0.83 - 2.05)	0.808	0.419
A.P. Seg	12.5 (1.5) (9.9 - 18.4)	12.40 (1.60) (9.70 - 22.10)	0.83	0.407
Basòfils %	0.2 (0.2) (0 - 1.5)	0.50 (0.50) (0 - 2.20)	8.323	<.001
Basòfils #	0 (0.1) (0 - 0.5)	0 (0.10) (0 - 0.20)	1.338	0.181
Creatinina plasma	0.84 (0.37) (0.35 - 2.69)	0.74 (0.34) (0.40 - 3.02)	-5.105	<.001
Eosinòfils #	0 (0) (0 - 0.1)	0.20 (0.20) (0 - 1.20)	10.296	<.001
Eosinòfils %	0.1 (0.1) (0 - 2.3)	2.25 (2.73) (0 - 13.90)	10.966	<.001
Fibrinogen derivat	412 (132) (204 - 908)	633 (167) (204 - 997)	10.362	<.001
Glucosa plasma	156 (76.7) (51.4 - 468.6)	94.30 (29) (51 - 251.10)	-10.891	<.001
Granulòcits Immadurs %	0.2 (0.2) (0 - 53.7)	0.20 (0.30) (0 - 2.50)	1.797	0.072
Hematòcrit	36.78 (4.41) (36.22 - 37.33)	33 (8.50) (19.70 - 46.10)	-9.498	<.001
Hemoglobina	12.3 (1.55) (12.11 - 12.49)	11.10 (2.90) (6.60 - 15.70)	-9.157	<.001
Hemoglobina corpuscular mitja	30.4 (3) (19.8 - 37.2)	30.94 (2.49) (30.60 - 31.29)	6.715	<.001

<b>LHD</b>	4.65 (5.4) (0.7 - 61.1)	3.20 (3.50) (0.50 - 40.20)	<b>-6.533</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits</b>	13.8 (7.6) (4.3 - 38.4)	7.30 (3) (2.10 - 19.40)	<b>-12.264</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits - Òptics (D)</b>	14.53 (7.88) (0.49 - 79.94)	7.87 (3.91) (2.94 - 89.58)	<b>-10.85</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits - Òptics (N)</b>	15.71 (9.44) (5.16 - 44.48)	7.76 (4.14) (2.53 - 69.39)	<b>-11.101</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Limfòcits #</b>	0.8 (0.6) (0.2 - 4.1)	1.30 (0.80) (0.20 - 3.40)	<b>8.084</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Limfòcits %</b>	6.3 (3.7) (1.4 - 21.6)	17.80 (10.80) (1.60 - 43.20)	<b>10.818</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>MAF</b>	11.20 (1.71) (10.99 - 11.42)	10.20 (2.90) (6 - 15.20)	<b>-9.062</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>MDW</b>	18.01 (3.02) (13.45 - 61.54)	21.73 (3.12) (15.25 - 39.41)	<b>7.269</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Monòcits #</b>	0.7 (0.7) (0 - 2.7)	0.70 (0.40) (0.20 - 1.80)	<b>-2.612</b>	<b>0.009</b>
<b>Monòcits %</b>	5.4 (3.9) (0.8 - 12.8)	9.30 (3.80) (2.70 - 21.60)	<b>9.544</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Neutròfils #</b>	11.32 (3.54) (10.82 - 11.83)	4.80 (2.90) (1.10 - 15.80)	<b>-10.8</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Neutròfils %</b>	87 (6) (70.1 - 94.7)	67.99 (10.01) (66.59 - 69.39)	<b>-10.928</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>P.D.W</b>	17.2 (0.8) (14.8 - 19.8)	17 (0.60) (15.70 - 19.20)	<b>-6.388</b>	<b>&lt;.001</b>
Plaquetes impedància	202 (96) (32 - 548)	187 (123) (68 - 695)	0.378	0.705
Plaquetòcrit	0.17 (0.07) (0.03 - 0.46)	0.16 (0.09) (0.06 - 0.53)	1.159	0.246
Potassi plasma	3.95 (0.63) (2.48 - 6.48)	3.96 (0.65) (2.81 - 5.69)	1.278	0.201
<b>Proteïna C reactiva</b>	3.1 (7.9) (0.3 - 186.6)	84.73 (53.38) (76.92 - 92.54)	<b>5.812</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>R.D.W</b>	14.5 (2.2) (11.6 - 26.8)	14.50 (2.70) (11.90 - 26.40)	<b>2.725</b>	<b>0.006</b>
<b>Sodi plasma</b>	139.6 (3) (129.1 - 146.8)	139.30 (3.30) (125.70 - 145)	<b>-2.825</b>	<b>0.005</b>
<b>T.T.P.A. Ràtio</b>	0.88 (0.11) (0.71 - 1.18)	0.97 (0.10) (0.63 - 2.45)	<b>9.152</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>T.T.P.A. Seg</b>	27.3 (3.5) (21.9 - 42.3)	30.10 (3.10) (19.50 - 75.90)	<b>9.022</b>	<b>&lt;.001</b>
Urea plasma	29 (13) (7 - 91)	30 (17.90) (7 - 196)	1.94	0.052
VCM	90.6 (7.7) (63 - 111)	91 (7.70) (62.90 - 110.30)	1.54	0.123
<b>VPM</b>	8.5 (1.3) (6.6 - 11.5)	8.50 (1.30) (6.70 - 11.80)	<b>3.745</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>TEST PARAMÈTRIC</b>				
			<b>t - Student</b>	
			<b>t</b>	<b>P</b>
<b>Conc. HGB. Corpuscular Mitja</b>	33.44 (0.89) (33.33 - 33.55)	33.82 (0.83) (33.70 - 33.93)	<b>-6.577</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Hematies impedància</b>	4.06 (0.55) (3.99 - 4.13)	3.64 (0.63) (3.55 - 3.73)	<b>11.406</b>	<b>&lt;.001</b>

A més, es poden observar a les figures 16, 17, 18, 19 i 20 els diagrames de caixes de les variables analítiques no normals que han resultat estadísticament significatives, i a la figura 21, els corresponents a les variables normals.



**Figura 16.** Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (1)



**Figura 17.** Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (2)

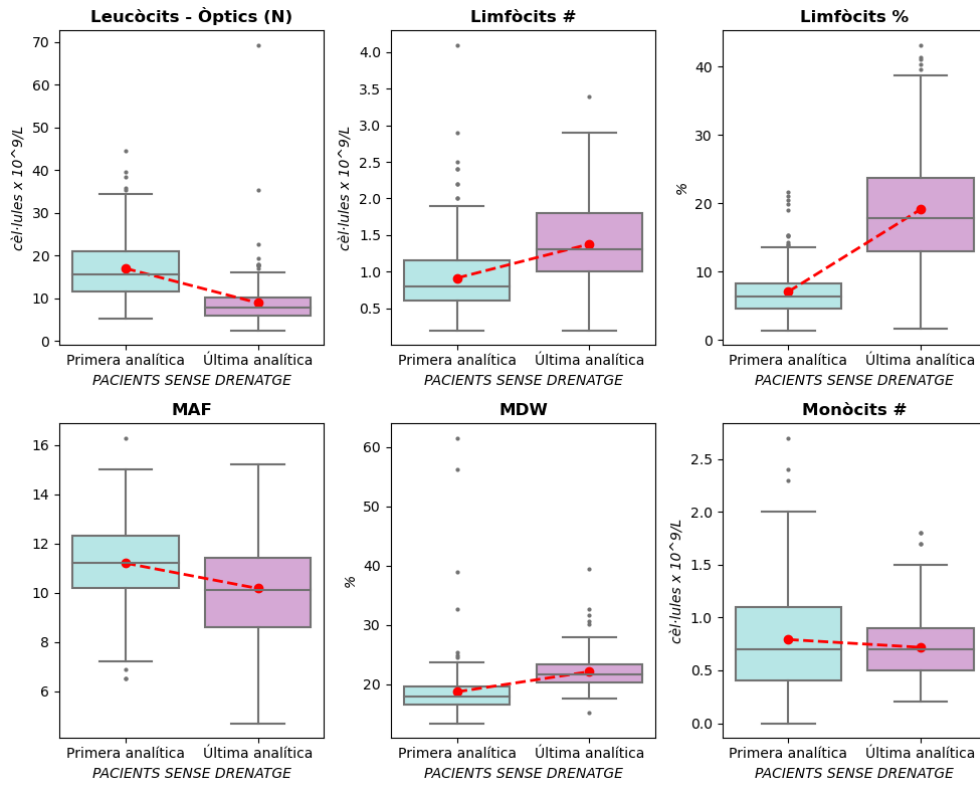


Figura 18. Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (3)

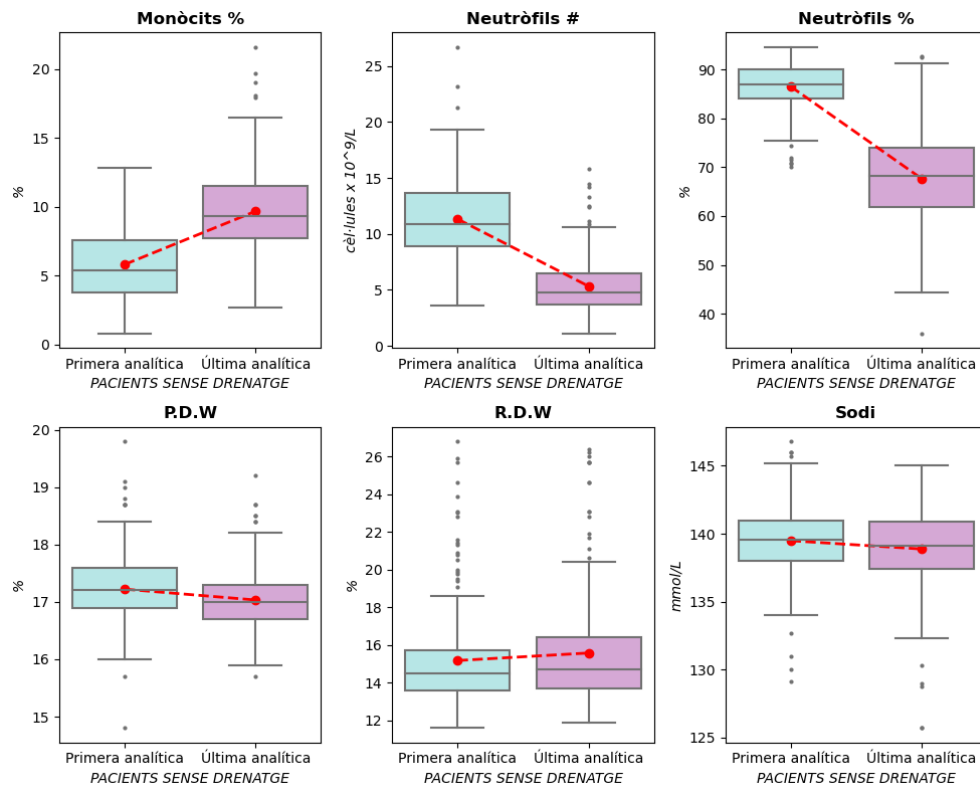
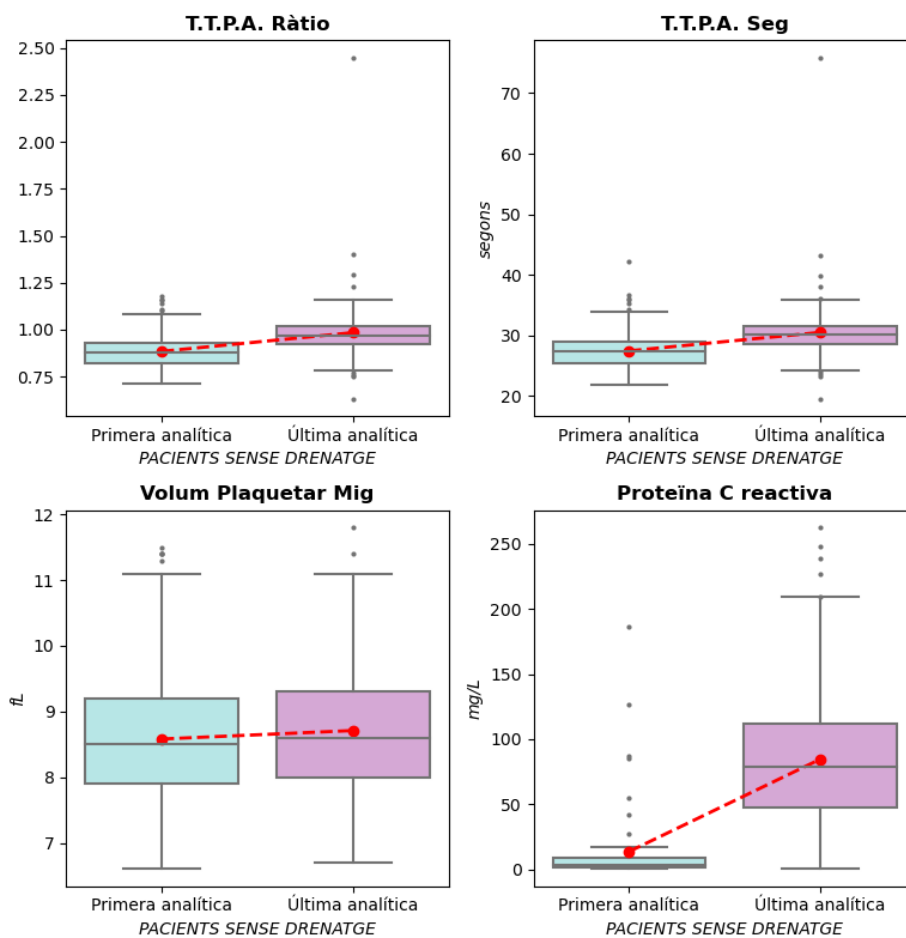
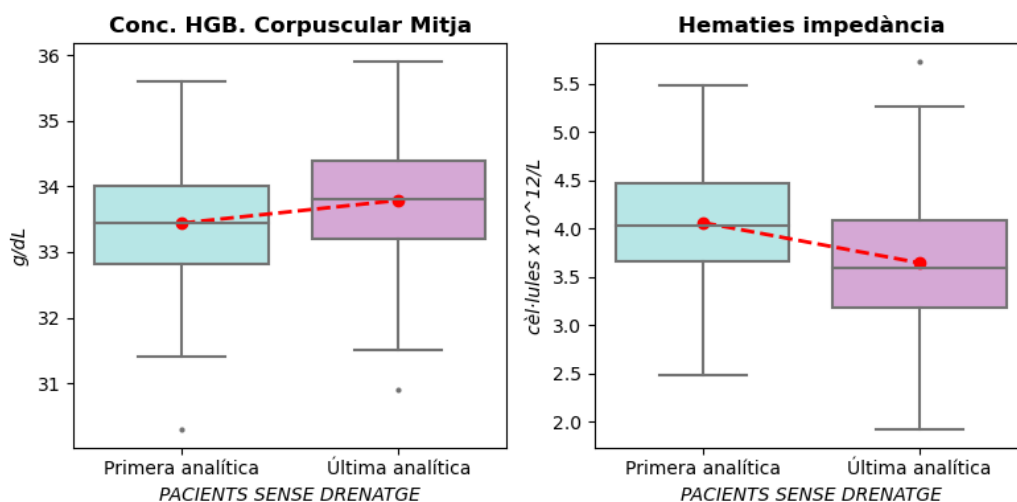


Figura 19. Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (4)



**Figura 20.** Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge (5)



**Figura 21.** Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients sense drenatge

## Diferenciació de les PRIMERES, PENÚLTIMES i ÚLTIMES variables analítiques recollides dels pacients que han necessitat drenatge

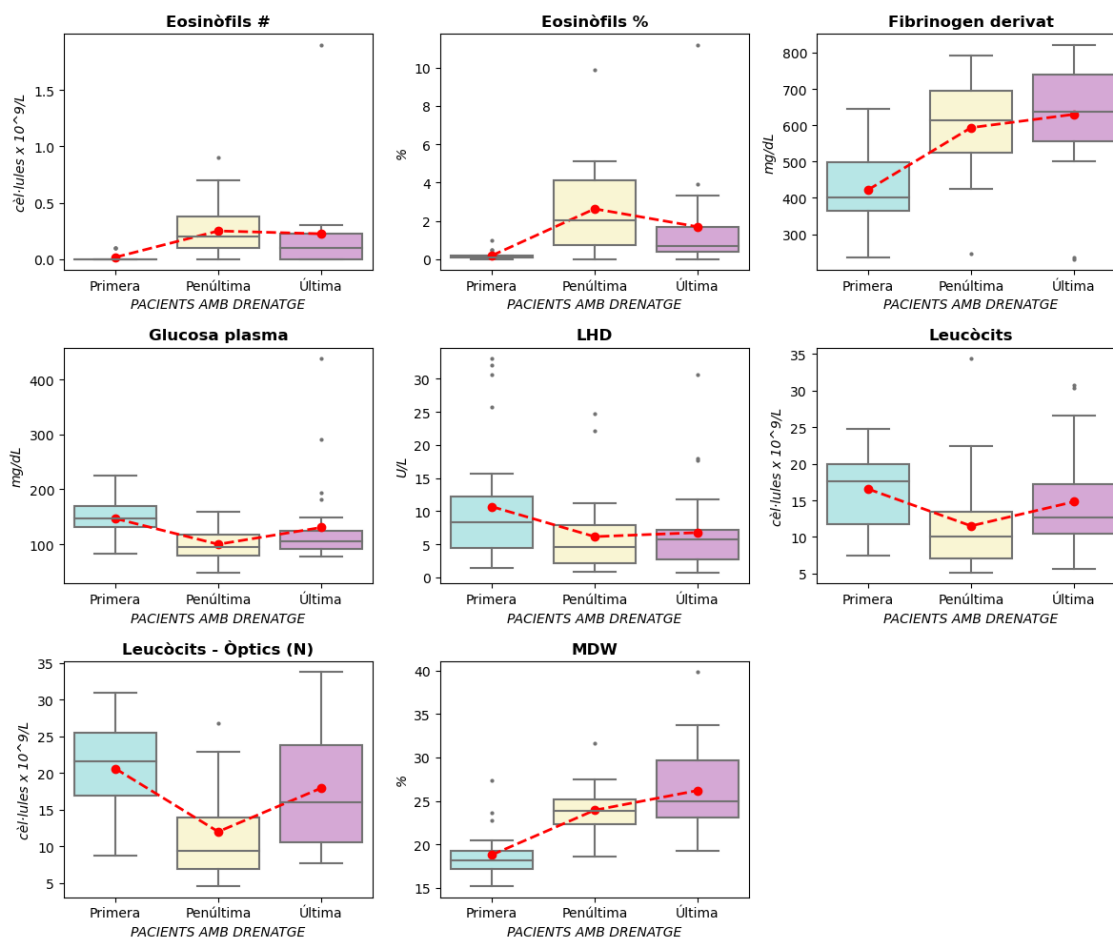
La taula 8 mostra el descriptiu de les variables analítiques dels pacients que han necessitat drenatge, considerant la primera mostra post-IQ, la penúltima i la última base analítica abans de la inserció del drenatge. També es mostra l'anàlisi estadística per veure si hi ha variabilitat dins d'aquest interval de temps dins del mateix grup.

**Taula 8.** Resultats descriptius i estadístics de la comparació entre la primera, la penúltima i la última analítica dels pacients amb drenatge

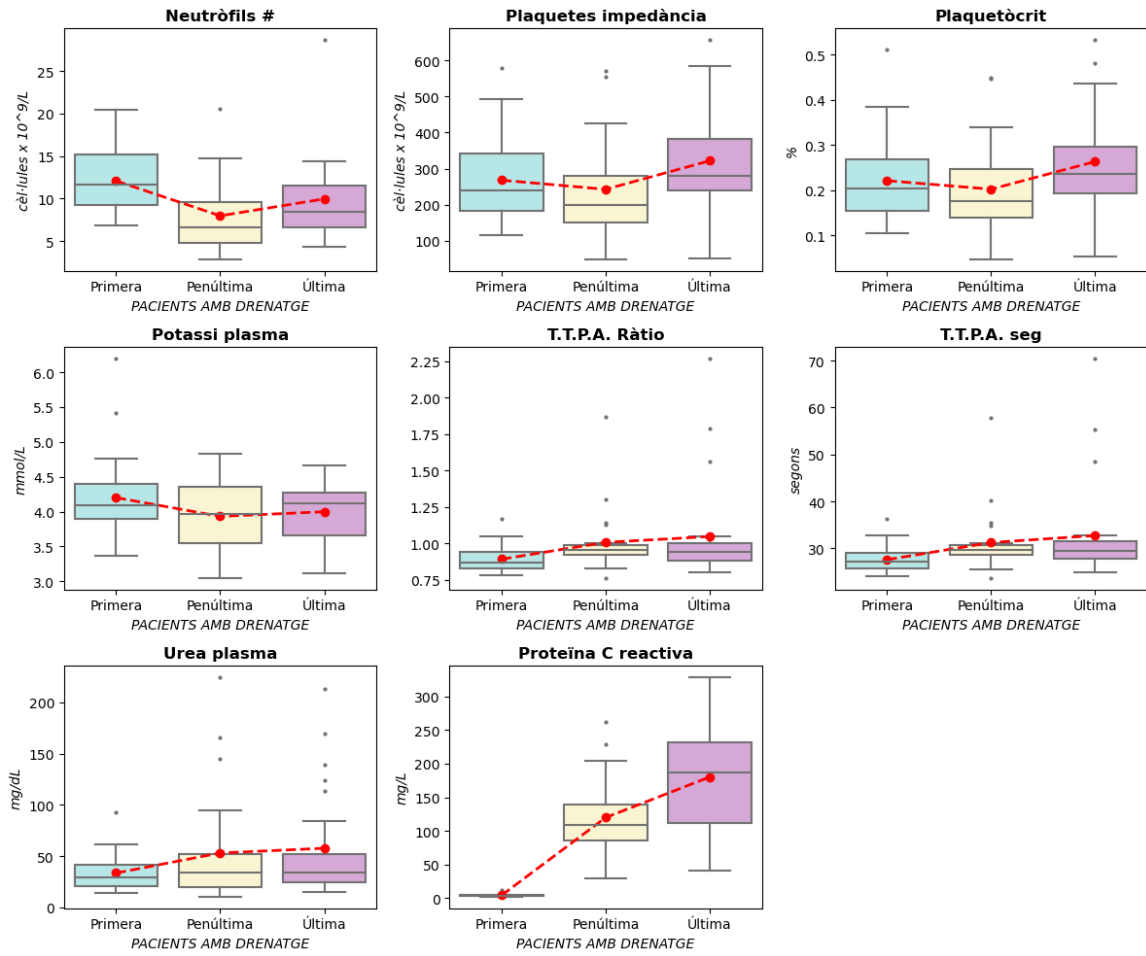
PACIENTS AMB DRENATGE					
	Primera analítica	Penúltima analítica	Última analítica		
TEST NO PARAMÈTRIC					
				Friedman test per mostres emparellades	
				Q	P
A.P. (ràtio)	1.19 (0.14) (0.9 - 1.68)	1.24 (0.22) (1.02 - 2.36)	1.37 (0.30) (0.94 - 5.35)	5.04	0.08
A.P. Seg	12.9 (1.6) (9.7 - 20.3)	13.4 (2.3) (11 - 25.5)	14.85 (3.20) (10.10 - 57.80)	2.211	0.331
Basòfils #	0 (0.1) (0 - 0.1)	0 (0.1) (0 - 0.1)	0.10 (0) (0 - 0.20)	4.2	0.122
Creatinina plasma	0.99 (0.39) (0.84 - 1.15)	0.84 (0.69) (0.42 - 3.20)	0.84 (0.90) (0.47 - 4.09)	0.681	0.711
Eosinòfils #	0 (0) (0 - 0.1)	0.20 (0.30) (0 - 0.90)	0.10 (0.30) (0 - 1.90)	7	0.03
Eosinòfils %	0.1 (0.1) (0 - 1)	2.05 (3.60) (0 - 9.90)	0.70 (1.50) (0 - 11.20)	11.636	0.003
Fibrinogen derivat	423.65 (97.42) (384.31 - 463)	593.36 (124.51) (538.16 - 648.57)	638.50 (214) (231 - 822)	17.84	<.001
Glucosa plasma	146.6 (33.28) (133.39 - 160.28)	98.49 (28.62) (85.80 - 111.18)	107.60 (50.90) (78.10 - 438.50)	10.091	0.006
Granulòcits Immadurs %	0.2 (0.2) (0 - 0.6)	0.20 (0.60) (0 - 2.40)	0.20 (0.40) (0 - 1.20)	1.59	0.452
LHD	8.4 (8.4) (1.5 - 33.1)	4.6 (5.8) (0.8 - 22.2)	5.70 (4.60) (0.70 - 30.60)	16.455	<.001
Leucòcits	16.56 (4.88) (14.63 - 18.49)	10.76 (4.51) (8.76 - 12.76)	12.60 (7.40) (5.70 - 30.70)	6.636	0.036
Leucòcits - Òptics (N)	20.58 (6.34) (17.33 - 23.84)	9.41 (10.43) (4.50 - 26.73)	17.92 (8.40) (13.45 - 22.40)	6.5	0.039
Limfòcits #	1.29 (0.67) (0.95 - 1.62)	1.15 (1) (0.3 - 4.8)	1.25 (1.20) (0.70 - 4.80)	0.884	0.643
Limfòcits %	7.45 (4.5) (3.7 - 20.3)	14.21 (7.78) (10.76 - 17.66)	12.93 (6.96) (9.22 - 16.63)	2.909	0.234
MDW	18.13 (2.1) (15.16 - 27.36)	23.93 (3.08) (22.29 - 25.57)	26.20 (5.09) (23.88 - 28.51)	11.4	0.003
Monòcits #	0.96 (0.36) (0.78 - 1.13)	0.9 (0.4) (0.5 - 2)	1 (0.40) (0.50 - 2.90)	0.6	0.741

Neutròfils #	12.07 (3.67) (10.25 - 13.9)	6.6 (5.1) (2.8 - 20.5)	8.40 (5.60) (4.30 - 28.70)	7.091	0.029
Plaquetes impedància	267.77 (121.99) (218.49 - 317.05)	201 (197) (124 - 572)	321.68 (143.33) (262.52 - 380.84)	13.238	0.001
Plaquetòcrit	0.2 (0.12) (0.10 - 0.51)	0.22 (0.10) (0.17 - 0.26)	0.26 (0.11) (0.22 - 0.31)	9.238	0.01
Potassi plasma	4.09 (0.53) (3.37 - 6.2)	4.01 (0.53) (3.76 - 4.27)	3.97 (0.43) (3.78 - 4.15)	6.818	0.033
Proteïna C reactiva	3.3 (2.2) (1.6 - 12.3)	115.23 (53.33) (89.53 - 140.93)	181.54 (81.84) (146.15 - 216.92)	14	<.001
R.D.W	16.2 (2.40) (15.25 - 17.15)	16.2 (3) (13.2 - 23.9)	16.40 (3.70) (12.90 - 27.80)	0.488	0.783
T.T.P.A. Ràtio	0.87 (0.11) (0.78 - 1.17)	0.96 (0.05) (0.83 - 1.3)	0.94 (0.14) (0.80 - 2.27)	6	0.05
T.T.P.A. Seg	27.1 (3.5) (24.1 - 36.3)	29.9 (1.8) (25.6 - 40.3)	29 (4.70) (24.90 - 70.50)	6	0.05
Urea plasma	29 (23) (14 - 93)	35 (36) (10 - 224.9)	34 (29) (15 - 213)	7.253	0.027
<b>TEST PARAMÈTRIC</b>					
				<b>ANOVA per mesures repetides</b>	
				<b>F</b>	<b>P</b>
A.P. %	77.63 (13.51) (72.28 - 82.97)	72.41 (14.41) (66.02 - 78.80)	65 (19.43) (56.79 - 73.21)	4.306	0.031
Basòfils %	0.3 (0.15) (0.23 - 0.37)	0.43 (0.24) (0.32 - 0.53)	0.74 (0.33) (0.56 - 0.91)	7.448	0.009
Conc. HGB. Corpuscular Mitja	32.81 (1.02) (32.41 - 33.22)	33.56 (0.92) (33.15 - 33.96)	33.38 (0.94) (32.99 - 33.77)	6.887	0.003
Hematies impedància	4.03 (0.71) (3.74 - 4.31)	3.46 (0.40) (3.28 - 3.64)	3.52 (0.48) (3.32 - 3.72)	7.857	0.004
Hematòcrit	36.49 (6.37) (33.97 - 39.01)	31.58 (4.11) (29.76 - 33.40)	32.10 (4.67) (30.18 - 34.03)	7.893	0.003
Hemoglobina	11.96 (2.31) (11.04 - 12.87)	10.60 (1.38) (9.98 - 11.21)	10.70 (1.59) (10.05 - 11.36)	4.774	0.024
Hemoglobina corpuscular mitja	29.82 (2.32) (28.9 - 30.74)	30.65 (2.07) (29.73 - 31.57)	30.44 (1.87) (29.67 - 31.21)	4.021	0.045
Leucòcits - Òptics (D)	18.56 (6.02) (15.47 - 21.66)	12.02 (5.78) (9.05 - 14.99)	16.35 (8.02) (12.08 - 20.62)	5.433	0.011
MAF	10.78 (2.42) (9.82 - 11.74)	9.59 (1.55) (8.94 - 10.24)	10.04 (1.62) (9.31 - 10.78)	3.224	0.065
Monòcits %	7.14 (2.09) (6.11 - 8.18)	10.31 (3.41) (8.79 - 11.82)	9.15 (4.08) (6.98 - 11.32)	4.476	0.028
Neutròfils %	83.78 (4.62) (81.49 - 86.1)	72.45 (10.87) (67.63 - 77.27)	75.36 (12.42) (68.75 - 81.98)	5.701	0.017
P.D.W	17.07 (0.64) (16.8 - 17.33)	16.94 (0.54) (16.68 - 17.20)	16.94 (0.72) (16.64 - 17.23)	0.67	0.481
Sodi plasma	140.52 (3.17) (139.27 - 141.77)	138.06 (3.09) (136.57 - 139.55)	136.06 (4.18) (134.25 - 137.86)	13.349	<.001
VCM	90.80 (5.59) (88.58 - 93.01)	90.39 (4.94) (88.01 - 92.77)	91.27 (4.34) (89.39 - 93.14)	0.023	0.946
VPM	8.53 (1.22) (8.04 - 9.03)	8.64 (1.10) (8.11 - 9.17)	8.36 (1.13) (7.87 - 8.85)	1.125	0.314

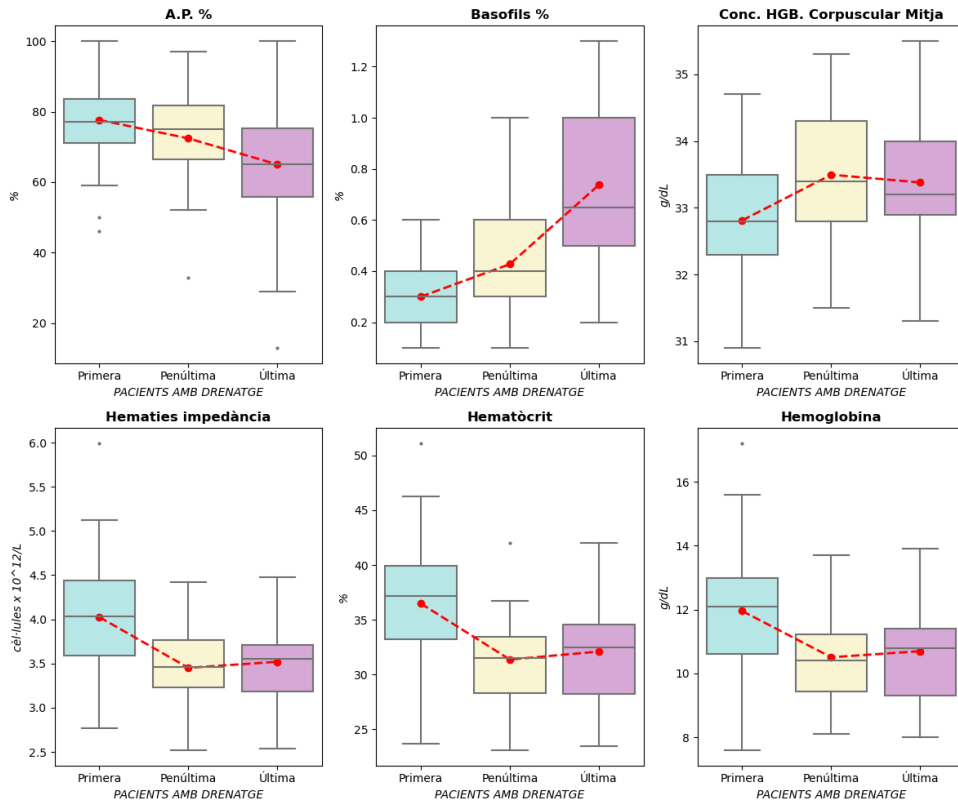
Les figures 22 i 23 mostren els diagrames de caixes de les variables analítiques NO normals que han resultat estadísticament significatives, mentre que les figures 24 i 25 mostren els gràfics de les variables normals.



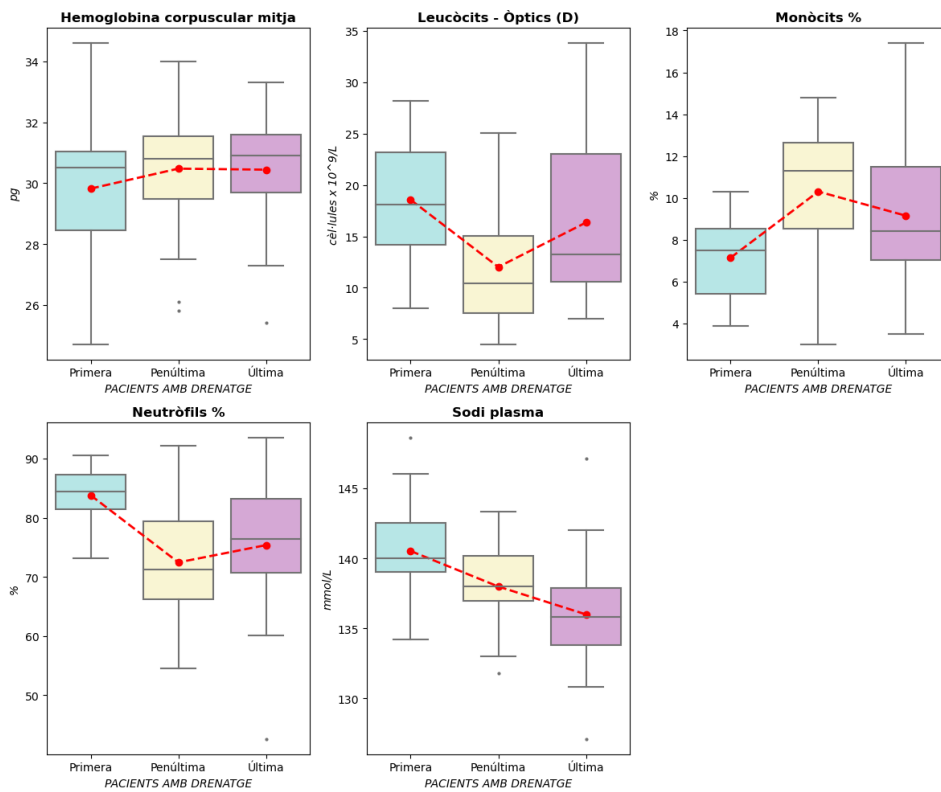
**Figura 22.** Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (1)



**Figura 23.** Representació gràfica de l'evolució de les variables NO normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (2)



**Figura 24.** Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (1)



**Figura 25.** Representació gràfica de l'evolució de les variables normals estadísticament significatives dels pacients amb drenatge (2)

Com en aquesta secció s'han considerat tres mostres de temps diferents, amb les variables que han resultat estadísticament significatives, s'ha realitzat una comparació parella – parella per tal d'avaluar les diferències duals. A la taula 9 es poden veure els resultats de la P ajustada, la qual es una simplificació més precisa del valor P convencional.

**Taula 9.** Resultats estadístics de la comparació per parelles entre les primeres, penúltimes i últimes analítiques

COMPARACIÓ PER PARELLES			
TEST NO PARAMÈTRIC			
VARIABLE	COMPARACIÓ		P ajustada
A.P. (ràtio)	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	0.086
	Penúltim	Últim	0.433
A.P. Seg	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	0.433
	Penúltim	Últim	0.991
Basòfils #	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	0.329
	Penúltim	Últim	0.602
Creatinina plasma	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
Eosinòfils #	Primer	Penúltim	0.497
	Primer	Últim	<b>0.043</b>
	Penúltim	Últim	0.859
Eosinòfils %	Primer	Penúltim	0.264
	Primer	Últim	<b>0.002</b>
	Penúltim	Últim	0.264
Fibrinogen derivat	Primer	Penúltim	<b>0.022</b>
	Primer	Últim	<b>0</b>
	Penúltim	Últim	0.433
Glucosa plasma	Primer	Penúltim	0.525
	Primer	Últim	<b>0.005</b>
	Penúltim	Últim	0.211
Granulòcits immadurs %	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	0.723
	Penúltim	Últim	1
LHD	Primer	Penúltim	0.874
	Primer	Últim	<b>0</b>
	Penúltim	Últim	<b>0.013</b>
Leucòcits Òptics (N)	Primer	Penúltim	0.231
	Primer	Últim	<b>0.04</b>
	Penúltim	Últim	1
Leucòcits	Primer	Penúltim	0.874
	Primer	Últim	<b>0.031</b>
	Penúltim	Últim	0.395

Limfòcits #	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
Limfòcits %	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	0.264
	Penúltim	Últim	1
MDW	Primer	Penúltim	0.133
	Primer	Últim	<b>0.002</b>
	Penúltim	Últim	0.539
Monòcits #	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
Neutròfils #	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	<b>0.032</b>
	Penúltim	Últim	0.165
Plaquetes impedància	Primer	Penúltim	0.84
	Primer	Últim	<b>0.001</b>
	Penúltim	Últim	<b>0.041</b>
Plaquetòcrit	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	<b>0.01</b>
	Penúltim	Últim	0.092
Potassi plasma	Primer	Penúltim	0.071
	Primer	Últim	0.071
	Penúltim	Últim	1
Proteïna C reactiva	Primer	Penúltim	<b>0.014</b>
	Primer	Últim	<b>0.001</b>
	Penúltim	Últim	1
RDW	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
T.T.P.A. Ratio	Primer	Penúltim	0.991
	Primer	Últim	<b>0.045</b>
	Penúltim	Últim	0.433
T.T.P.A. seg	Primer	Penúltim	0.991
	Primer	Últim	<b>0.045</b>
	Penúltim	Últim	0.433
Urea plasma	Primer	Penúltim	0.228
	Primer	Últim	<b>0.026</b>
	Penúltim	Últim	1
<b>TEST PARAMÈTRIC</b>			
A.P. %	Primer	Penúltim	0.863
	Primer	Últim	<b>0.082</b>
	Penúltim	Últim	<b>0.083</b>
Basòfils %	Primer	Penúltim	0.552
	Primer	Últim	<b>0.023</b>
	Penúltim	Últim	0.112

Conc. Hgb. Corpuscular Mitja	Primer	Penúltim	<b>0.003</b>
	Primer	Últim	<b>0.033</b>
	Penúltim	Últim	1
Hematies impedància	Primer	Penúltim	<b>0.014</b>
	Primer	Últim	<b>0.036</b>
	Penúltim	Últim	0.732
Hematòcrit	Primer	Penúltim	<b>0.011</b>
	Primer	Últim	<b>0.039</b>
	Penúltim	Últim	0.714
Hemoglobina	Primer	Penúltim	<b>0.059</b>
	Primer	Últim	0.16
	Penúltim	Últim	0.891
Hemoglobina corpuscular mitja	Primer	Penúltim	<b>0.002</b>
	Primer	Últim	0.279
	Penúltim	Últim	1
Leucòcits Òptics (D)	Primer	Penúltim	<b>0.01</b>
	Primer	Últim	0.7
	Penúltim	Últim	0.191
MAF	Primer	Penúltim	0.112
	Primer	Últim	0.43
	Penúltim	Últim	0.867
Monòcits %	Primer	Penúltim	<b>0.021</b>
	Primer	Últim	0.258
	Penúltim	Últim	1
Neutròfils %	Primer	Penúltim	<b>0.013</b>
	Primer	Últim	0.246
	Penúltim	Últim	0.891
PDW	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
Sodi plasma	Primer	Penúltim	<b>0.037</b>
	Primer	Últim	<b>&lt;.001</b>
	Penúltim	Últim	<b>0.025</b>
VCM	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	1
VPM	Primer	Penúltim	1
	Primer	Últim	1
	Penúltim	Últim	<b>0.038</b>

### 8.1.3. Evolució de les variables analítiques per la diferenciació entre pacients amb i sense drenatge

En aquest apartat es realitza una anàlisi estadística per tal de veure com evoluciona cada una de les variables i observar si hi ha diferències entre els dos grups d'estudi. La taula 10 mostra el descriptiu de la variància de les variables analítiques entre la primera i la última mostra considerada, així com l'anàlisi estadística per a la diferenciació entre els pacients que han requerit drenatge i els que no. També es mostren els estadístics amb la prova U de Mann-Whitney, ja que en aquest cas, totes les variables son no normals, a més de la significança P.

**Taula 10.** Resultats descriptius i estadístics referents a la variància que mostra cada grup en cada variable

	Drenatge (N = 27)	NO drenatge (N = 247)	TEST NO PARAMÈTRIC	
			Independent-Samples Mann-Whitney U Test	
			U	P
<b>A.P. %</b>	89.93 (206.93) (25.90 - 418.25)	91.42 (110.91) (1.33 - 935.50)	<b>1.965</b>	<b>0.049</b>
<b>A.P. (ratio)</b>	0.03 (0.05) (0 - 0.14)	0.01 (0.03) (0 - 0.56)	<b>3.283</b>	<b>0.001</b>
<b>A.P. Seg</b>	2.89 (5.17) (0.39 - 16.58)	1.89 (3.24) (0.02 - 65.82)	<b>3.139</b>	<b>0.002</b>
Basòfils %	0.04 (0.09) (0 - 0.21)	0.04 (0.06) (0 - 0.80)	-0.497	0.62
<b>Basòfils #</b>	0.002 (0.001) (0.001 - 0.003)	0 (0) (0 - 0.03)	<b>2.827</b>	<b>0.005</b>
<b>Conc. HGB. Corpuscular Mitja</b>	0.32 (0.17) (0.23 - 0.41)	0.24 (0.30) (0.01 - 1.33)	<b>2.153</b>	<b>0.031</b>
<b>Creatinina plasma</b>	0.01 (0.08) (0 - 0.59)	0.01 (0.02) (0 - 2.19)	<b>2.919</b>	<b>0.004</b>
Eosinòfils #	0.01 (0.02) (0 - 0.74)	0.01 (0.02) (0 - 0.45)	0.57	0.568
Eosinòfils %	2.16 (3.66) (0 - 25.83)	1.47 (3.39) (0.01 - 42.32)	-0.263	0.793
Fibrinogen derivat	14754.48 (27613.72) (4099.62 - 56895.90)	13823.13 (20807.93) (6 - 80760.70)	0.541	0.589
Glucosa plasma	1155.63 (1283.96) (71.71 - 13879.24)	1180.47 (2053.99) (22.94 - 38144.75)	-0.411	0.681
Granulòcits Immadurs %	0.03 (0.15) (0 - 0.60)	0.02 (0.05) (0 - 398.28)	0.952	0.341
<b>Hematies impedància</b>	0.15 (0.21) (0.03 - 0.82)	0.13 (0.18) (0 - 0.91)	<b>2.655</b>	<b>0.008</b>
<b>Hematòcrit</b>	13.73 (21.83) (1.64 - 67.35)	9.50 (13.53) (0.02 - 55.91)	<b>2.21</b>	<b>0.027</b>
<b>Hemoglobina</b>	1.29 (2.19) (0.23 - 7.09)	0.93 (1.35) (0.02 - 5.07)	<b>2.502</b>	<b>0.012</b>
Hemoglobina corpuscular mitja	0.23 (0.28) (0.04 - 2.97)	0.17 (0.31) (0 - 6.32)	1.479	0.139

<b>LHD</b>	3.64 (7.74) (0.37 - 87.37)	2.55 (5.56) (0.03 - 122.90)	<b>3.4</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Leucòcits</b>	21.19 (17.04) (3.01 - 82.85)	12.50 (16.09) (0.13 - 214.58)	<b>2.081</b>	<b>0.037</b>
<b>Leucòcits - Òptics (D)</b>	27.31 (18.06) (17.68 - 36.93)	14.21 (22.12) (1.08 - 3990.09)	<b>2.146</b>	<b>0.032</b>
<b>Leucòcits - Òptics (N)</b>	37.39 (21.54) (25.91 - 48.87)	20.10 (30.30) (1.05 - 383.31)	<b>2.649</b>	<b>0.008</b>
Limfòcits #	0.07 (0.37) (0.01 - 1.51)	0.10 (0.15) (0 - 10.20)	1.095	0.273
<b>Limfòcits %</b>	18.91 (19.94) (0.08 - 72.51)	24.03 (39.71) (0.72 - 220.50)	<b>-2.147</b>	<b>0.032</b>
<b>MAF</b>	1.31 (1.59) (0.14 - 6.00)	0.75 (1.09) (0.01 - 5.13)	<b>2.347</b>	<b>0.019</b>
MDW	10.75 (11.88) (4.73 - 65.25)	7.63 (9.59) (0.01 - 368.96)	1.241	0.215
Monòcits #	0.09 (0.11) (0.01 - 0.63)	0.05 (0.09) (0 - 1.14)	1.932	0.053
Monòcits %	9.54 (7.25) (5.68 - 13.40)	4.47 (5.91) (0.09 - 35.34)	1.812	0.07
Neutròfils #	7.92 (17.63) (2.52 - 55.13)	9.60 (10.37) (0.32 - 54.07)	0.545	0.586
Neutròfils %	56.19 (56.92) (0.29 - 322.65)	69.97 (72.16) (6.23 - 414.50)	-1.841	0.066
P.D.W	0.08 (0.05) (0.02 - 0.34)	0.04 (0.07) (0 - 0.86)	1.791	0.073
<b>Plaquetes impedància</b>	4279 (6012.59) (1658.90 - 33993.76)	2229.92 (3700.30) (7 - 28436.33)	<b>4.425</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Plaquetòcrit</b>	0 (0.01) (0 - 0.02)	0 (0) (0 - 0.02)	<b>4.052</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Potassi plasma</b>	0.17 (0.18) (0.02 - 0.51)	0.12 (0.15) (0 - 0.91)	<b>2.513</b>	<b>0.012</b>
<b>Proteïna C reactiva</b>	5973.36 (4289.2) (3687.81 - 8258.91)	1120.74 (2807.26) (1.51 - 22440.40)	<b>3.877</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>R.D.W</b>	0.27 (0.93) (0.03 - 12.55)	0.08 (0.42) (0 - 10.67)	<b>3.36</b>	<b>&lt;.001</b>
<b>Sodi plasma</b>	6.58 (6.57) (1.02 - 26.68)	4.37 (5.03) (0.16 - 79.68)	<b>2.456</b>	<b>0.014</b>
T.T.P.A. Ràtio	0 (0.01) (0 - 0.01)	0 (0.01) (0 - 0.25)	0.694	0.488
T.T.P.A. Seg	3.66 (7.09) (0.94 - 13.27)	4.29 (5.88) (0.42 - 243.05)	0.999	0.318
<b>Urea plasma</b>	37.37 (141.65) (10.76 - 1671.86)	30.13 (95.59) (0.33 - 3024.14)	<b>2.671</b>	<b>0.008</b>
<b>VCM</b>	1.14 (2.95) (0.15 - 14.85)	0.71 (1.82) (0.01 - 28.61)	<b>3.014</b>	<b>0.003</b>
VPM	0.13 (0.06) (0.06 - 1.27)	0.13 (0.17) (0.01 - 1.47)	1.067	0.286

## 8.2. Anàlisi de les patologies prèvies dels pacients operats de fetge

Com a segona anàlisi, s'obtenen els resultats descriptius i estadístics referents a les patologies prèvies dels pacients amb i sense drenatge (Taula 11). Es mostra el percentatge de pacients afectats per cada una de les patologies, així com l'estadístic ( $\chi^2$ ) i la significança estadística (P-valor).

**Taula 11.** Descriptiu i estadístic referent a patologies prèvies

	<b>Drenatge SI</b> N = 27 (%)	<b>Drenatge NO</b> N = 247 (%)	$\chi^2$	P
Tòxics	18.52	12.14	0.873	0.35
Anèmia	14.81	7.34	1.874	0.171
Cardiopatia	48.15	32.87	2.561	0.11
Patologia vascular	3.7	2.8	0.073	0.788
Patologia autoimmunitària	0	0.35	0.095	0.758
Patologia respiratòria	11.11	23.43	2.155	0.142
Sèpsies	0	1.4	0.383	0.536
Hepatopatia	0	5.24	1.487	0.223
Patologia endocrina	37.04	31.47	0.352	0.553
Patologia neurològica	3.7	3.85	0.001	0.971
Patologia psiquiàtrica	11.11	5.94	1.101	0.294
Embaràs	0	0.35	0.095	0.758
<b>Patologia renal</b>	18.52	6.99	<b>4.459</b>	<b>0.035</b>
Patologia digestiva	3.7	2.8	0.073	0.788
Neoplàsies	96.3	96.5	0.003	0.955
Pancreatitis	0	2.45	0.676	0.411

## 8.3. Aplicació d'algoritmes d'IA per la predicció de pacients que necessitaran drenatge

Les taules 12, 13, 14 i 15 mostren els resultats de la classificació supervisada entre els pacients que han requerit drenatge i els que no, utilitzant totes les variables analítiques de cada pacient. Es mostren les corbes ROC obtingudes, així com les diferents mètriques calculades, directa o indirectament.

En les corbes ROC, la línia taronja fa referència als casos positius (pacients que requeriran drenatge), mentre que la línia blava fa referència als casos negatius (pacients que no requeriran drenatge). El cercle representa el punt òptim de funcionament de cada model sobre la corba ROC.

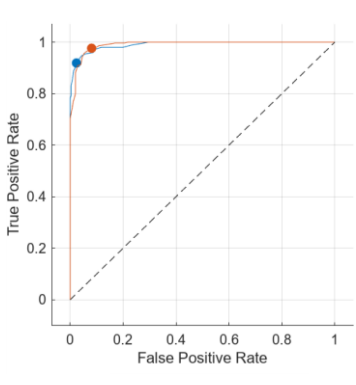
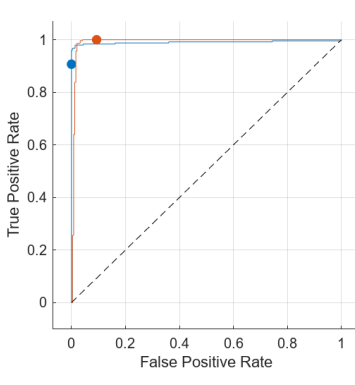
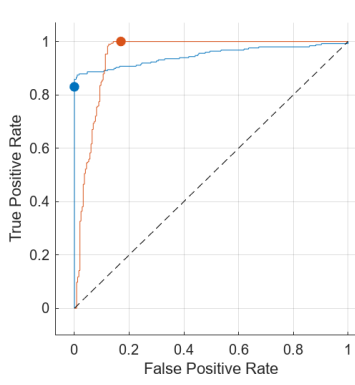
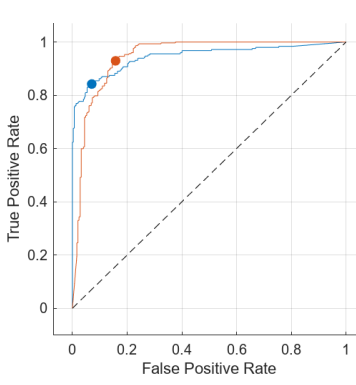
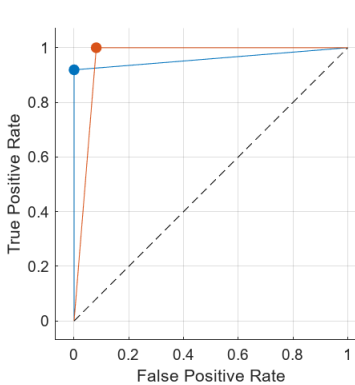
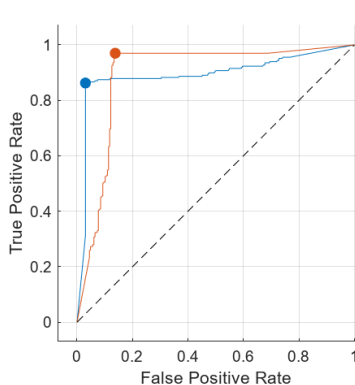
## Predicció de drenatge utilitzant les primeres variables analítiques mesurades post-IQ

**Taula 12.** Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la primera analítica

<p><b>a) Bagged Tree</b></p> <p>Sensibilitat = 0.956  Especificitat = 0.927  Precisió = 0.940  F1 – score = 0.948  AUC = 0.988  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 94.30 %</p>	<p><b>b) SVM</b></p> <p>Sensibilitat = 1  Especificitat = 0.895  Precisió = 0.919  F1 – score = 0.958  AUC = 0.983  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 95.22 %</p>	<p><b>c) Anàlisi Discriminant</b></p> <p>Sensibilitat = 0.966  Especificitat = 0.753  Precisió = 0.824  F1 – score = 0.889  AUC = 0.907  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 86.95 %</p>
<p><b>d) Naive Bayes</b></p> <p>Sensibilitat = 0.989  Especificitat = 0.716  Precisió = 0.807  F1 – score = 0.889  AUC = 0.95  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 86.58 %</p>	<p><b>e) K-NN</b></p> <p>Sensibilitat = 0.996  Especificitat = 0.866  Precisió = 0.899  F1 – score = 0.946  AUC = 0.933  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 93.75 %</p>	<p><b>f) Regressió logística</b></p> <p>Sensibilitat = 0.979  Especificitat = 0.809  Precisió = 0.861  F1 – score = 0.916  AUC = 0.904  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 90.26 %</p>

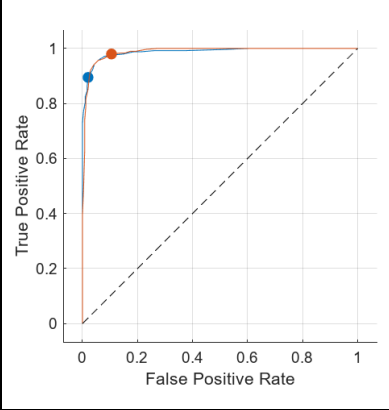
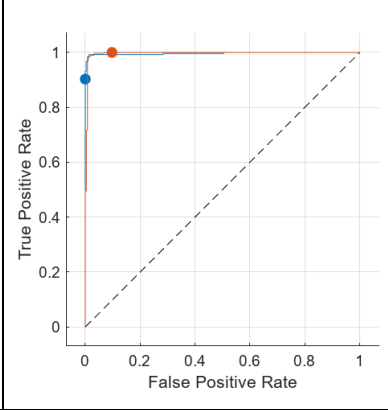
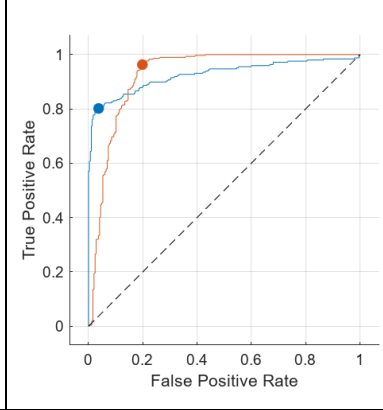
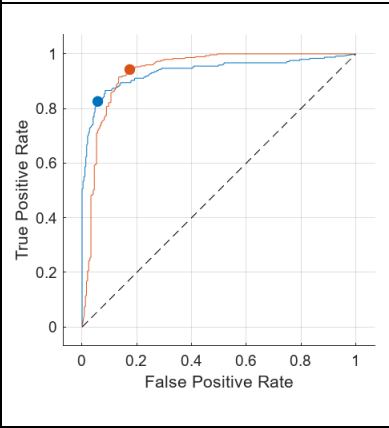
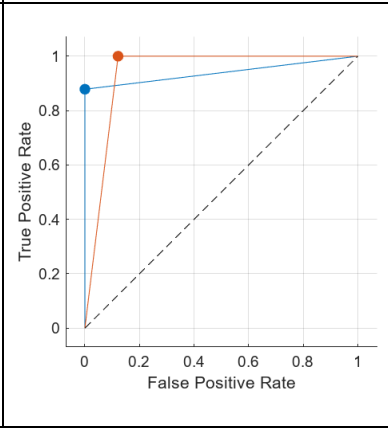
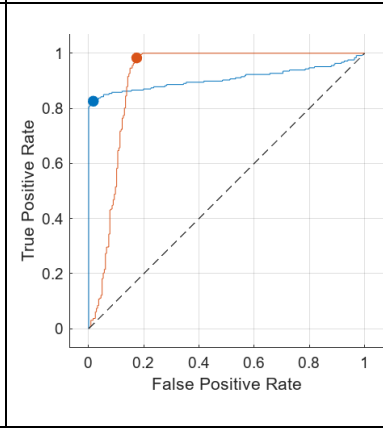
## Predicció de drenatge utilitzant les últimes variables analítiques recollides abans del drenatge

**Taula 13.** Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la última analítica

		
<p><b>a) Bagged Tree</b></p> <p>Sensibilitat = 0.976  Especificitat = 0.919  Precisió = 0.936  F1 – score = 0.956  AUC = 0.99  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 95.04 %</p>	<p><b>b) SVM</b></p> <p>Sensibilitat = 1  Especificitat = 0.907  Precisió = 0.928  F1 – score = 0.963  AUC = 0.991  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 95.77 %</p>	<p><b>c) Anàlisi Discriminant</b></p> <p>Sensibilitat = 1  Especificitat = 0.830  Precisió = 0.876  F1 – score = 0.934  AUC = 0.947  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 92.28 %</p>
		
<p><b>d) Naive Bayes</b></p> <p>Sensibilitat = 0.929  Especificitat = 0.842  Precisió = 0.876  F1 – score = 0.902  AUC = 0.946  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 88.97 %</p>	<p><b>e) K-NN</b></p> <p>Sensibilitat = 1  Especificitat = 0.919  Precisió = 0.937  F1 – score = 0.967  AUC = 0.959  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 96.32 %</p>	<p><b>f) Regressió logística</b></p> <p>Sensibilitat = 0.969  Especificitat = 0.862  Precisió = 0.894  F1 – score = 0.931  AUC = 0.894  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 92.10 %</p>

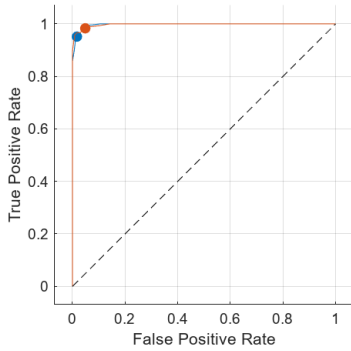
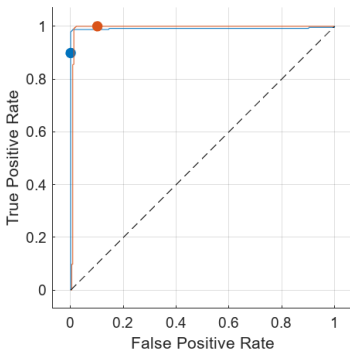
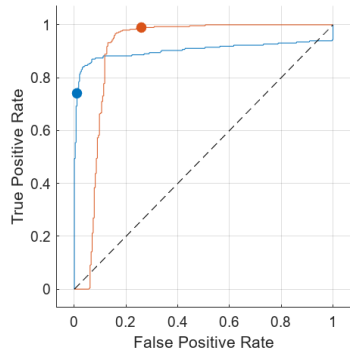
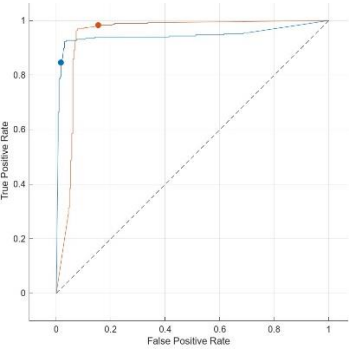
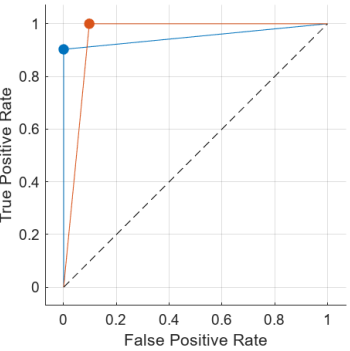
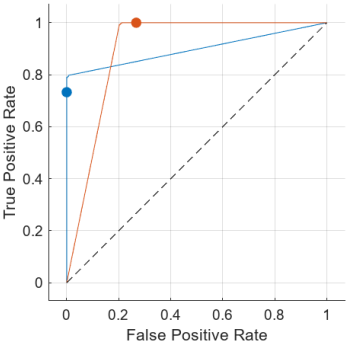
## Predicció de drenatge utilitzant les penúltimes variables analítiques recollides abans del drenatge

**Taula 14.** Resultats de l'aplicació d'algoritmes d'IA considerant les dades de la penúltima analítica

		
<p><b>a) Bagged Tree</b></p> <p>Sensibilitat = 0.979                  Especificitat = 0.895                  Precisió = 0.918                  F1 – score = 0.948                  AUC = 0.988                  Exactitud (accuracy) = 94.12 %</p>	<p><b>b) SVM</b></p> <p>Sensibilitat = 1                  Especificitat = 0.903                  Precisió = 0.925                  F1 – score = 0.961                  AUC = 0.996                  Exactitud (accuracy) = 95.59 %</p>	<p><b>c) Anàlisi Discriminant</b></p> <p>Sensibilitat = 0.963                  Especificitat = 0.802                  Precisió = 0.854                  F1 – score = 0.905                  AUC = 0.926                  Exactitud (accuracy) = 88.97 %</p>
		
<p><b>d) Naive Bayes</b></p> <p>Sensibilitat = 0.943                  Especificitat = 0.826                  Precisió = 0.867                  F1 – score = 0.903                  AUC = 0.936                  Exactitud (accuracy) = 88.97 %</p>	<p><b>e) K-NN</b></p> <p>Sensibilitat = 1                  Especificitat = 0.876                  Precisió = 0.908                  F1 – score = 0.952                  AUC = 0.939                  Exactitud (accuracy) = 94.49 %</p>	<p><b>f) Regressió logística</b></p> <p>Sensibilitat = 0.983                  Especificitat = 0.826                  Precisió = 0.872                  F1 – score = 0.924                  AUC = 0.908                  Exactitud (accuracy) = 91.18 %</p>

## Predicció de drenatge utilitzant les primeres variables analítiques just després de la intervenció, les últimes abans del drenatge i la variància

**Taula 15.** Resultats de l'aplicació d'algorismes d'IA considerant les dades de la primera, la última analítica i la variància entre elles

		
<p><b>a) Bagged Tree</b></p> <p>Sensibilitat = 0.983                  Especificitat = 0.951                  Precisió = 0.961                  F1 – score = 0.972                  AUC = 0.998                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 96.88 %</p>	<p><b>b) SVM</b></p> <p>Sensibilitat = 1                  Especificitat = 0.899                  Precisió = 0.922                  F1 – score = 0.96                  AUC = 0.992                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 95.40 %</p>	<p><b>c) Anàlisi Discriminant</b></p> <p>Sensibilitat = 0.99                  Especificitat = 0.741                  Precisió = 0.821                  F1 – score = 0.898                  AUC = 0.903                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 87.68 %</p>
		
<p><b>d) Naive Bayes</b></p> <p>Sensibilitat = 0.983                  Especificitat = 0.846                  Precisió = 0.885                  F1 – score = 0.931                  AUC = 0.945                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 92.10 %</p>	<p><b>e) K-NN</b></p> <p>Sensibilitat = 1                  Especificitat = 0.903                  Precisió = 0.925                  F1 – score = 0.961                  AUC = 0.951                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 95.59 %</p>	<p><b>f) Regressió logística</b></p> <p>Sensibilitat = 1                  Especificitat = 0.733                  Precisió = 0.818                  F1 – score = 0.9                  AUC = 0.898                  Exactitud (<i>accuracy</i>) = 87.87 %</p>

## 9. Discussió

Aquest projecte, dut a terme a la unitat d'HPB de l'HUGTiP de Badalona, té com a objectiu la implementació d'un algoritme predictiu que sigui capaç de detectar, de manera precoç i preventiva, si un pacient operat de fetge tindrà una infecció del líquid intraabdominal i, conseqüentment, si se li haurà de realitzar algun tractament. L'exemple més clar de tractament, a part de l'ús d'antibiòtics, seria la inserció d'un drenatge.

A grans trets, l'obtenció d'aquest algoritme podria significar una millora significativa de la qualitat en l'atenció mèdica i en el benestar post-operatori del pacient, ja que els professionals podrien anticipar-se a l'empitjorament clínic dels malalts. A més, els resultats i les dades obtingudes d'aquest estudi podrien ser valuoses per a futurs projectes de recerca i investigació.

Tal i com s'ha comentat anteriorment a la Metodologia, s'han realitzat diverses anàlisis per tal de veure amb quines dades es pot predir de manera més precisa el moment d'una infecció intraabdominal que requerirà de tractament (drenatge).

En primer lloc, abans d'entrar amb les anàlisis de les variables analítiques numèriques, s'han analitzat les variables generals categòriques que no canvien de manera temporal en cada pacient, per tal d'observar si existeix alguna relació significativa amb la necessitat de requerir drenatge. Els resultats es poden observar a la taula 4. La majoria de variables categòriques no presenten diferències entre els pacients dels dos grups, excepte l'estància hospitalària ( $P < 0.001$ ), el temps quirúrgic ( $P = 0.055$ ) i l'aplicació d'antibiòtic ( $P = 0.002$ ). Exceptuant el temps quirúrgic, tot i resultar significatius, s'ha considerat que són més aviat uns indicadors lògics secundaris a la complicació en si, i que per tant, no s'adeqüen a l'objectiu del projecte.

Els anàlisis de les variables analítiques numèriques s'han fet de dues maneres: intergrupals i intragrupal.

L'observació intergrupals té com a objectiu obtenir les variables que presenten diferències significatives entre els dos grups de pacients (amb drenatge o sense drenatge).

D'una banda, s'han analitzat les primeres analítiques mesurades just després de la intervenció. Les variables numèriques, tant no normals com normals, que poden ser indicadores de que un pacient possiblement tindrà una infecció i necessitarà drenatge, es poden observar marcades amb negreta a la Taula 5. Aquestes són les que presenten un p-valor inferior a 0.05. Entre les variables no normals trobem el valor de RDW i el recompte de limfòcits ( $P = 0.013$ ), de plaquetes ( $P = 0.022$ ), de monòcits ( $P = 0.048$ ), de leucòcits òptics N ( $P = 0.018$ ); el ràtio AP ( $P = 0.045$ ); el percentatge de limfòcits ( $P = 0.036$ ), de monòcits ( $P = 0.022$ ) i de neutròfils ( $P = 0.012$ ); el plaquetòcrit ( $P = 0.024$ ) i la quantitat de LHD ( $P = 0.003$ ). D'altra banda, entre les variables normals tenim la concentració d'hemoglobina corpuscular mitja ( $P = 0.004$ ).

Molts d'aquests resultats són esperables a nivell clínic perquè destaquen la resposta inflamatòria de l'organisme davant d'una possible infecció.

També podem observar algunes variables amb un nivell de significança més moderat, tot i que es troben dins al rang de  $P < 0.05$  per poder considerar-se com a possibles variables indicadores d'infecció i que per tant, també caldria tenir present.

En els gràfics de la figura 12 es poden observar aquestes diferències per cada variable significativa entre els dos grups, mostrant una mitjana i un rang de valors bastant diferents entre ells, així com una recta amb bastanta pendent entre els dos grups, fet que indica una diferència entre els dos grups.

D'altra banda, s'han analitzat les últimes analítiques mesurades just abans de la inserció del drenatge dels pacients que l'han necessitat, amb el mateix nombre de pacients anàlegs que no ho han necessitat. Els resultats estadístics i descriptius es poden veure resumits en la taula 6. Entre les variables no normals trobem el percentatge d'AP, el ràtio, el nivell d'AP mesurat en segons, el recompte de basòfils, de leucòcits, de leucòcits òptics (D), de leucòcits òptics (N), de monòcits, de neutròfils, de plaquetes, el percentatge d'eosinòfils, el MDW, el plaquetòcrit i el nivell de sodi en sang (totes amb  $P < 0.001$ ). També s'inclouen el percentatge de limfòcits ( $P = 0.005$ ), el nivell de glucosa ( $P = 0.042$ ), el nivell de LHD ( $P = 0.029$ ) i el RDW ( $P = 0.003$ ). D'altra banda, entre les variables normals trobem la concentració d'hemoglobina corpuscular mitja ( $P = 0.047$ ), el nivell de proteïna C reactiva ( $P < 0.001$ ) i el percentatge de neutròfils ( $P = 0.028$ ).

Els resultats suggereixen que existeixen marcadors analítics específics que poden predir una futura complicació. Els pacients que necessitaran drenatge tenen tendència a presentar nivells alterats en components cel·lulars de la sang com leucòcits i plaquetes, així com en marcadors de resposta inflamatòria com la Proteïna C Reactiva. Aquestes variables donen una significança molt alta, p-valor menor a 0.001, per la qual cosa podem afirmar que són indicadors importants.

Cal destacar que, comparant l'estudi amb les primeres analítiques i les últimes, com es d'esperar, a les últimes hi ha molts més marcadors que podrien ajudar a predir la infecció, tot i que en les primeres analítiques ja es poden observar algunes diferències.

Un cop discutits els resultats a nivell intergrup, s'han d'observar els resultats de l'anàlisi intragrupal, el qual té com a objectiu obtenir les variables que presenten diferències significatives entre el mateix grup de pacients però en moments temporals diferents.

Per un costat, s'han comparat les primeres i últimes analítiques en pacients que no han presentat cap tipus de complicació que hagi desencadenat en la inserció d'un drenatge. Es poden veure els resultats estadístics i descriptius a la taula 7. Entre les variables que no segueixen una distribució normal, trobem el percentatge de basòfils, d'eosinòfils, de limfòcits, de monòcits, de neutròfils, el recompte dels 4 últims mencionats, el nivell de creatinina a la sang, de fibrinogen, de glucosa, l'hematòcrit, la quantitat d'hemoglobina total i mitja, el nivell de LHD, el recompte de leucòcits i leucòcits òptics N i D, el valor de MAF, de MDW, de PDW, el TTPA mesurat en ràtio i segons, el VPM, i el nivell de PCR (totes amb  $P < 0.001$ ). També s'inclouen el RDW ( $P = 0.006$ ) i la quantitat de sodi en sang ( $P = 0.005$ ). Pel que fa a les variables normals, tenim la concentració d'Hgb corpuscular mitja i la quantitat d'hematies presents a la sang (ambdues amb  $P < 0.001$ ).

Per l'altre costat, s'han comparat les primeres, les penúltimes i les últimes analítiques en pacients que han necessitat drenatge. Observant les variables no normals, trobem el recompte d'eosinòfils ( $P = 0.03$ ), de neutròfils ( $P = 0.029$ ), de leucòcits ( $P = 0.036$ ), de leucòcits òptics N ( $P = 0.039$ ) i el potassi a la sang ( $P = 0.033$ ); el percentatge d'eosinòfils ( $P = 0.003$ ) i el MDW ( $P = 0.003$ ); el nivell de fibrinogen, de LHD i de PCR (tots tres amb  $P < 0.001$ ); el nivell de glucosa ( $P = 0.006$ ), de urea ( $P = 0.027$ ), el nombre de plaquetes ( $P = 0.001$ ) i el plaquetòcrit ( $P = 0.01$ ); així com el TTPA mesurat en ràtio i segons (ambdós amb  $P < 0.05$ ). Pel que fa a les variables normals, tenim el percentatge de coagulació ( $P = 0.031$ ), de basòfils ( $P = 0.009$ ), de monòcits ( $P = 0.024$ ), de neutròfils ( $P = 0.017$ ); la concentració d'Hgb corpuscular mitja, l'hematòcrit (ambdós amb  $P = 0.003$ ), el nivell d'Hgb corpuscular mitja ( $P = 0.045$ ), el nivell d'Hgb en sang ( $P = 0.024$ ), el recompte de leucòcits òptics D ( $P = 0.011$ ) i el nivell de sodi a la sang ( $P < 0.001$ ).

Donat que en aquest últim cas s'han considerat tres intervals de temps diferents, a la taula 9 es pot veure la comparació parella – parella de les variables significatives per tal de identificar si el canvi més dràstic es produeix entre la primera i la penúltima analítica, entre la primera i la última o entre la penúltima i la última.

Considerant els estudis dels pacients amb i sense drenatge, s'observa que en ambdós casos hi ha diferències significatives en moltes de les variables analitzades. Això indica que, amb el pas dels dies, tant els pacients que han rebut drenatge com aquells que no l'han requerit han mostrat una evolució, ja sigui positiva o negativa, respecte al primer dia postoperatori. Tanmateix, és més freqüent que les diferències tradueixin una millora clínica en els casos de no drenatge mentre que, en els casos de drenatge, solen ser diferències que es relacionen amb empitjoraments clínics.

Per acabar amb l'anàlisi estadística de les variables numèriques, s'ha fet una observació de l'evolució a nivell temporal de tots dos grups, calculant la variància de cada una de les variables. Aquests resultats són molt útils per veure realment quines són les variables que es diferencien entre els dos grups de pacients, i així poder identificar quines són les que s'han de tenir al punt de mira per tal de detectar una possible infecció. En aquest cas, totes les variables segueixen una distribució normal. Entre elles, tenim el nivell de coagulació en percentatge ( $P = 0.049$ ), en ràtio ( $P = 0.001$ ) i en segons ( $P = 0.002$ ); el recompte de basòfils ( $P = 0.005$ ), el de leucòcits òptics N i la quantitat d'urea (tots dos amb  $P = 0.008$ ); el nombre de leucòcits òptics D i el percentatge de limfòcits (tots dos amb  $P = 0.032$ ); la concentració d'Hgb corpuscular mitja ( $P = 0.031$ ); el nivell de creatinina a la sang ( $P = 0.004$ ), el nivell de MAF ( $P = 0.019$ ), el nivell de RDW, de LHD, la quantitat de plaquetes, el plaquetòcrit i la PCR (totes amb  $P < 0.001$ ); la quantitat d'hematies, el nivell de sodi i el VCM (les tres amb  $P = 0.003$ ); l'hematòcrit ( $P = 0.027$ ); el nivell d'hemoglobina i la quantitat de potassi (ambdues amb  $P = 0.012$ ), i el recompte de leucòcits ( $P = 0.037$ ).

Amb aquests resultats, es pot veure que hi ha variables que presenten variacions significatives de manera independent en tots dos grups d'estudi quan s'estudien diferents moments de temps, però que si es comparen entre els dos grups en el mateix dia, no mostren cap diferència important. Per tant, aquestes variables no són òptimes per poder identificar els pacients que requeriran drenatge. En canvi, les variables mencionades al paràgraf anterior són aquelles que presenten diferències rellevants entre els dos grups d'estudi i per tant, ens ajudaran a poder distingir de manera proactiva els pacients que necessitaran drenatge.

En segon lloc, s'ha observat estadísticament l'impacte que podrien tenir les patologies prèvies de cada pacient amb la recuperació de la cirurgia de fetge. Es poden observar els resultats de les proves de chi-quadrat ( $\chi^2$ ) i els valors P associats per a cada variable de la Taula 11. Aquests valors permeten avaluar si hi ha algun tipus de relació entre la necessitat de drenatge i les patologies prèvies que pugui tenir cada pacient. Per a la majoria de malalties, no hi ha diferències estadísticament significatives entre els grups, donat que  $P > 0.05$ , la qual cosa indica que aquestes patologies no estan associades amb la necessitat de drenatge. Els pacients que pateixen de patologies renals són els únics que presenten un p-valor inferior a 0.05 ( $P = 0.035$ ), la qual cosa indica que tenen major probabilitat de patir una infecció post-IQ i, conseqüentment, requerir un drenatge.

Després d'analitzar els resultats de tots els estudis estadístics descrits fins aquí, aquest estudi confirma la importància d'algunes variables que ja es consideren a la pràctica habitual en el seguiment postoperatori dels pacients, com ara els marcadors de leucòcits o el nivell de PCR, els quals indiquen la presència d'infecció o inflamació. Però, més enllà dels que ja es coneixien, hi ha altres variables que no estan tant clarament relacionades o que el seu impacte es de difícil interpretació, com la urea, els nivells de sodi o potassi o la quantitat de LHD, que fins ara no es solen tenir en compte, però que també podrien ser rellevants per determinar si un pacient presentarà complicacions o no.

No obstant això, el gran volum de variables que han resultat significatives de forma diferencial entre els dos grups fa difícil que un professional clínic les pugui tenir totes en compte a l'hora de prendre decisions. En altres paraules, una persona no és capaç d'avaluar l'impacte de la variació de cadascuna d'aquestes variables analítiques ni com es correlacionen les seves variacions entre si. Per tant, es fa evident la necessitat d'eines que puguin realitzar una anàlisi global de totes les variables, i és per aquesta raó que es planteja la implementació d'eines de ML.

Donada la necessitat mencionada al paràgraf anterior, en tercer i últim lloc, s'han aplicat diferents algoritmes d'IA amb l'objectiu d'identificar quins models ofereixen el millor rendiment en termes de predicció i precisió per tal de trobar un algoritme que sigui capaç de classificar els pacients que presentaran una complicació i els que no.

A continuació, es presenten els resultats de les quatre bases de dades que s'han entrenat.

Per tal d'organitzar la discussió, es consideren les dades de la manera següent:

1. Primeres analítiques: aquesta base de dades inclou les primeres analítiques de tots els pacients just després de la IQ. Es poden veure, a la taula 12, els resultats numèricament i gràficament, amb la corba ROC. Els algorismes amb millors rendiments són el Bagged Tree i el SVM. El Bagged Tree ha mostrat una sensibilitat i especificitat elevades, amb una precisió del 94.0%, un F1-score de 0.948 i un AUC de 0.988, suggerint que aquest model és molt fiable per a la predicció de pacients amb risc d'infecció. El SVM, per la seva banda, ha destacat amb una sensibilitat perfecta del 100%, tot i que amb una especificitat lleugerament inferior al Bagged Tree. Això implica que el SVM és excel·lent per detectar tots els casos de pacients infectats, però podria generar més falsos positius. No obstant això, l'*accuracy* de 95.22% i un F1-score de 0.958 mostren la seva solidesa com a predictor.

Altres algorismes com l'Anàlisi Discriminant, el Naive Bayes, el K-NN i la Regressió Logística també han demostrat un rendiment acceptable, tot i que amb alguns compromisos en termes de sensibilitat i especificitat.

La selecció del model ideal dependrà de la prioritització de les necessitats clíniques: si es busca una detecció completa de casos positius, el SVM i el K-NN són excel·lents opcions, mentre que el Bagged Tree ofereix un bon compromís entre detecció i precisió, amb un alt rendiment en la majoria de les mètriques.

2. Últimes analítiques: aquest conjunt de mostres inclou les últimes analítiques de tots els pacients mesurades abans de la inserció del drenatge. D'entre els models analitzats, es pot veure, a la taula 13, com el Bagged Tree i l'SVM han tornat a mostrar un rendiment excel·lent. El Bagged Tree presenta una sensibilitat del 97.6% i una especificitat del 91.9%, amb una precisió del 93.55% i un F1-score de 0.956. L'Àrea sota la corba ROC (AUC) és de 0.99, i l'*accuracy* del 95.04%, indicant una capacitat molt alta per discriminar entre pacients que desenvoluparan una infecció i els que no. Similarment, l'SVM ha assolit una sensibilitat perfecta del 100% i una especificitat del 90.7%, amb una precisió del 92.8% i un F1-score de 0.963. L'AUC és de 0.991 i l'*accuracy* del 95.77%, el que fa d'aquest model un predictor molt fiable. El K-NN també ha mostrat un rendiment notable, igualant l'SVM en sensibilitat perfecta i una especificitat de 91.9%, amb una precisió del 93.7% i un F1-score de 0.967. L'AUC és de 0.959 i l'*accuracy* és el més alt de tots, amb un 96.32%.

Els models amb sensibilitat perfecta (SVM, K-NN, Anàlisi Discriminant) són destacables per garantir que tots els casos d'infecció siguin detectats, el que és crucial per la detecció precoç. Tot i això, l'Anàlisi Discriminant presenta una especificitat més baixa en comparació amb els millors models.

El K-NN sobresurt amb les millors mètriques en exactitud, F1-score i especificitat, oferint un excel·lent equilibri entre detecció completa i minimització de falsos positius.

Els models com el Naive Bayes i la Regressió Logística presenten un rendiment menor comparat amb els altres models, especialment en termes de precisió i AUC, indicant que podrien no ser tan fiables en la predicció de casos positius.

3. Penúltimes analítiques: tot i veure que amb les últimes analítiques és pot predir la infecció de manera molt precisa, s'han entrenat les penúltimes analítiques per veure si es manté la precisió, ja que en aquest estudi interessa detectar el problema el més aviat possible. D'entre els models analitzats, es pot veure a la taula 14 com el Bagged Tree i l'SVM han mostrat un rendiment excel·lent. El Bagged Tree presenta una sensibilitat del 97.9% i una especificitat del 89.47%, amb una precisió del 91.8% i un F1-score de 0.948. L'àrea sota la corba ROC (AUC) és de 0.988, mentre que l'exactitud és del 94.12%, reflectint una capacitat molt alta per discriminar entre pacients que desenvoluparan una infecció i aquells que no. De manera similar, l'SVM ha aconseguit una sensibilitat perfecta del 100% i una especificitat del 90.3%, amb una precisió del 92.5% i un F1-score de 0.961. L'AUC és el més elevat, de 0.996 i l'exactitud del 95.6%, consolidant aquest model el millor predictor per aquestes dades analítiques.

El K-NN també ha demostrat un rendiment destacat, amb una sensibilitat perfecta i una especificitat del 87.6%, una precisió del 90.8% i un F1-score de 0.952. L'AUC és de 0.934 i l'exactitud és del 94.49%, mostrant un bon equilibri entre la detecció de casos positius i la reducció de falsos positius.

Els models amb sensibilitat perfecta (SVM i K-NN) són destacables per garantir que cap cas de infecció sigui perdut, mentre que el Bagged Tree destaca per garantir una alta sensibilitat amb una bona especificitat, precisió, F1-score i AUC. Això el converteix en una opció excel·lent per a la detecció precoç amb una baixa taxa de falsos positius i una alta capacitat de discriminació.

En contrast, models com l'Anàlisi Discriminant i el Naive Bayes han presentat una sensibilitat alta però amb una especificitat més baixa, fet que els converteix en models menys favorables en termes d'evitar falsos positius i garantir una predicció exacta.

Finalment, la Regressió Logística, tot i presentar un bon equilibri amb una sensibilitat bastant alta, és el model amb menor exactitud.

4. Primeres, últimes i variància: finalment, s'ha fet l'estudi per considerar totes les mesures analítiques des de que un pacient s'opera fins que se li ha d'inserir el drenatge, tenint en compte la variància que presenten les variables durant els dies d'ingrés. Es poden observar els resultats dels algoritmes a la taula 15, on podem veure que el Bagged Tree destaca com el millor model globalment, amb sensibilitat molt alta del 98.3% i una AUC quasi perfecta (0.999), indicant un excel·lent equilibri i una alta capacitat de discriminació entre casos positius y negatius. A més, també presenta molt bona especificitat (95.1%) i un F1-score de 0.972. Els models amb sensibilitat perfecta com l'SVM, K-NN i Regressió Logística també són destacables, però mostren una especificitat inferior, cosa que podria conduir a un nombre més alt de falsos positius.

Tanmateix, l'Anàlisi Discriminant i el Naive Bayes mostren un rendiment adequat però inferior comparat amb els millors models en termes de sensibilitat i precisió.

Pel que fa als resultats obtinguts mitjançant l'aplicació de la IA sobre les mostres analítiques recollides, coincideixen en tots quatre casos que els millors algoritmes de predicció per aquest estudi són el K-NN, el Bagged Tree i l'SVM. A la pràctica clínica, la selecció del model ideal dependrà de la prioritització de detectar tots els casos positius versus la reducció dels falsos positius.

De manera general, un dels aspectes clau amb els que ens hem de quedar, i que pot marcar una diferència important en el procés postoperatori d'un pacient, és que s'ha observat la possibilitat de predir futures infeccions amb una gran precisió a partir de les primeres analítiques. Aquest avenç suposa un avantatge significatiu respecte a les capacitats actuals dels metges, ja que permet un seguiment més estricte i una intervenció més precoç i personalitzada. A més, proporciona informació essencial en fases inicials, quan les decisions mèdiques poden influir de manera més decisiva en l'evolució de la malaltia i en la qualitat de vida del pacient. Això permet als metges avançar-se a la complicació amb mesures més agressives i una vigilància més estreta per evitar retards en el tractament i possibles empitjoraments innecessaris.

Tot i això, cal destacar que també s'han obtingut molt bons resultats utilitzant les subseqüents analítiques i la variància entre elles. Per tant, això permet fer una predicció en diferents temps evolutius del postoperatori del pacient. En conseqüència, donat que en alguns casos la primera analítica possiblement sigui un moment molt precoç per intervenir, el seguiment continuat permetrà monitoritzar el pacient i prendre decisions clíniques amb una major seguretat i antelació.

Així doncs, l'ús de ML en tot l'evolutiu del postoperatori de pacients sotmesos a cirurgia hepàtica basat amb les variables analítiques, pot suposar un canvi significatiu sobre l'enfocament dels clínics envers els controls i tractaments. D'aquesta manera, es proposa el desenvolupament d'una eina informàtica integrada als sistemes informàtics dels hospitals, amb l'objectiu de servir com a assistent en la presa de decisions clíniques per a aquests tipus de pacients.

## 10. Limitacions

Durant el desenvolupament del treball, s'ha topat amb diversos obstacles que, en alguns casos, han afectat significativament a la cronologia que s'havia planificat inicialment.

En primer lloc, l'extracció de les dades clíniques va requerir molt més temps de l'esperat. Es va fer la petició al mes de desembre, esperant tenir-les com a molt tard al febrer, i aquest procés es va allargar fins al 12 de juny. Aquest impediment inicial va condicionar l'avanç de les següents etapes del projecte i va impedir poder fer l'entrega al mes de juny o juliol, com estava previst des del primer moment.

A més, un cop obtingudes les dades clíniques, aquestes presentaven una estructura deficient i molt diferent entre elles, la qual cosa va incrementar la complexitat del treball i va requerir dedicar moltes hores a la reestructuració i ordenació de les dades abans de poder continuar amb l'anàlisi.

Finalment, un desafiament important va ser la manca d'uniformitat en els intervals de temps de les dades clíniques entre els diferents pacients. Aquesta inconsistència va complicar la comparació, ja que no es disposava d'un marc temporal homogeni per a tots els casos estudiats. A més, també va impedir poder fer l'anàlisi de les constants diàries, ja que per cada pacient i dins de cada un d'ells, hi havia mesures amb intervals de temps molt diferents.

## 11. Conclusió

En aquest treball, s'ha investigat la relació entre diversos dades analítiques postoperatòries i la detecció precoç de la infecció del líquid intraabdominal en pacients sotmesos a una cirurgia hepàtica.

Els resultats obtinguts confirmen que existeix una correlació significativa entre alguns valors analítics i la presència d'infecció postoperatòria, de la mateixa manera que l'ús de l'aplicació de tècniques de ML sobre les analítiques dels pacients intervinguts de cirurgia hepàtica pot ser una important eina d'assistència a la decisió clínica gràcies a la seva gran capacitat de predicció d'infecció intraabdominal.

A més, s'han trobat diferències significatives a partir de les primeres analítiques, la qual dona resposta als objectius d'aquest projecte, i proporciona als metges una informació molt important per anticipar-se a una possible complicació, aplicar mesures en més antelació i evitar un empitjorament innecessari.

L'èxit d'aquest enfocament no només marca un avenç significatiu en la detecció precoç d'infeccions postoperatòries en cirurgies hepàtiques, sinó que també obre noves perspectives per a l'aplicació d'aquesta metodologia en altres tipus de cirurgies, amb l'objectiu d'augmentar la seguretat i potenciar el benestar dels pacients en tots els àmbits de la medicina.

## Referències

- [1] «Hospital Germans Trias i Pujol - Viquipèdia. l'enciclopèdia lliure». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: [https://ca.wikipedia.org/wiki/Hospital\\_Germans\\_Trias\\_i\\_Pujol](https://ca.wikipedia.org/wiki/Hospital_Germans_Trias_i_Pujol)
- [2] «L'hospital - Germans Trias». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://hospitalgermanstrias.cat/web/guest/hospital>
- [3] «El fetge | ASSCAT». Consulta: 25 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://asscat-hepatitis.org/ca/consecuencias-hepaticas/el-fetge/>
- [4] «El fetge | enciclopedia.cat». Consulta: 25 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.enciclopedia.cat/enciclopedia-de-medicina-i-salut/el-fetge>
- [5] Masia8. «Imagen vectorial de concepto de conducto biliar en estilo de caricatura.». Dreamstime. Consulta: 25 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://es.dreamstime.com/imagen-vectorial-de-concepto-conducto-biliar-en-estilo-caricatura-%C3%A1rbol-humano-anatom%C3%ADa-para-dise%C3%B1os-m%C3%A9dicos-ilustraci%C3%B3n-image235764774>
- [6] «Problemas hepáticos - Síntomas y causas - Mayo Clinic». Consulta: 25 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/liver-problems/symptoms-causes/syc-20374502>
- [7] J. Álvarez-Cienfuegos i A. Benito. *CIRUGÍA HEPÁTICA*. 2004a ed. Arán Ediciones S.L. . Consulta: 27 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.aecirujanos.es/files/documentacion/documentos/guia-cirugia-hepatica.pdf>
- [8] «Cirugía del hígado – Información general – Hospital Universitario Austral». Consulta: 25 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.hospitalaustral.edu.ar/patologias-tratamientos/cirugia-del-higado-informacion-general/>
- [9] «Hígado: Anatomía | Concise Medical Knowledge». Consulta: 27 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.lecturio.com/es/concepts/higado/>
- [10] C. Manterola *et al.*. «Anatomía Quirúrgica y Radiológica del Hígado. Fundamentos para las Resecciones Hepáticas». *International Journal of Morphology*. vol. 35. núm. 4. p. 1525-1539. 2017. doi: 10.4067/S0717-95022017000401525.
- [11] «Trasplante hepático. Trasplante de Hígado. Clínica Universidad de Navarra». Consulta: 29 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/tratamientos/trasplante-hepatico>
- [12] «Cirugía de Hígado o Hepatectomía – dr Francisco León». Consulta: 29 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://drfranciscoleon.com/?tratamiento=cirugia-de-higado-hepatectomia>
- [13] A. Diez-Caballero. «Las ventajas de la cirugía robótica - Quirúrgica». *Quirúrgica*. 2014. Consulta: 29 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.quirurgica.com/cirugia-robotica-2/>
- [14] «Cirugia Robotica Da Vinci». Consulta: 2 abril 2024. [En línia]. Disponible a: <http://www.icirugiarobotica.com/cirugia-robotica-da-vinci/>
- [15] «Abex». Consulta: 2 abril 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.abexsl.es/es/sistema-robotico-da-vinci/da-vinci-xi>
- [16] E. Cugat Andorrà *et al.*. «Desafío y futuro de la cirugía robótica hepática y pancreática. Análisis de 64 casos en una unidad especializada». *Cir Esp*. vol. 100. núm. 3. p. 154-160. març 2022. doi: 10.1016/J.CIRESP.2021.01.009.
- [17] «Què és el peritoneu? | Hospital El Pilar - Grupo Quirónsalud». Consulta: 6 abril 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.quironsalud.com/pilar/ca/preguntes-freqüents/que-es-el-peritoneu>
- [18] J. F. Avila-Tomás. M. A. Mayer-Pujadas. i V. J. Quesada-Varela. «[Artificial intelligence and its applications in medicine I: introductory background to AI and robotics]». *Aten Primaria*. vol. 52. núm. 10. p. 778-784. des. 2020. doi: 10.1016/J.APRIM.2020.04.013.
- [19] S. Chandramouli. S. Dutt. i A. Das. *Machine Learning*. 1st edition. Pearson Education India. 2018.
- [20] L. Gonzalez. «Regresión Logística – Teoría». Consulta: 3 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://aprendeia.com/algoritmo-regresion-logistica-machine-learning-teoria/>
- [21] S. HUANG. N. CAI. P. P. PACHECO. S. NARRANDES. Y. WANG. i W. XU. «Applications of Support Vector Machine (SVM) Learning in Cancer Genomics». *Cancer Genomics Proteomics*. vol. 15. núm. 1. 2018.

- [22] J. Amat Rodrigo. «Análisis discriminante lineal (LDA) y análisis discriminante cuadrático (QDA)». Consulta: 3 maig 2024. [En línia]. Disponible a: [https://cienciadedatos.net/documentos/28\\_linear\\_discriminant\\_analysis\\_lda\\_y\\_quadratic\\_discriminant\\_analysis\\_qda](https://cienciadedatos.net/documentos/28_linear_discriminant_analysis_lda_y_quadratic_discriminant_analysis_qda)
- [23] P. Cunningham i S. J. Delany. «k-Nearest Neighbour Classifiers - A Tutorial». *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 54, núm. 6, jul. 2021. doi: 10.1145/3459665.
- [24] «Machine Learning: definició, funcionament, usos». Consulta: 5 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://datascientest.com/es/machine-learning-definicion-funcionamiento-usos>
- [25] L. Alzubaidi *et al.*. «Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions». *Journal of Big Data 2021 8:1*, vol. 8, núm. 1, p. 1-74, març 2021. doi: 10.1186/S40537-021-00444-8.
- [26] J. B. Vega Abascal, A. R. Piriz Assa, i D. Nápoles Riaño. «Modelo predictivo de enfermedad cardiovascular basado en inteligencia artificial en la atención primaria de salud». *Revista Cubana de Medicina General Integral*, vol. 39, 2023.
- [27] J. Prasad, D. R. Mallikarjunaiah, A. Shetty, N. Gandedkar, A. B. Chikkamuniswamy, i P. C. Shivashankar. «Machine Learning Predictive Model as Clinical Decision Support System in Orthodontic Treatment Planning». *Dentistry Journal 2023. Vol. 11. Page 1*, vol. 11, núm. 1, p. 1, des. 2022. doi: 10.3390/DJ11010001.
- [28] A. Lendínez. «Modelo predictivo en càncer de mama a partir de datos antropométricos y de analíticas de sangre». Trabajo Final de Màster. Universitat Oberta de Catalunya, 2021. [En línia]. Disponible a: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/134206/6/alendinezTFM0621memoria.pdf>
- [29] P. L. Castro *et al.*. «Study on the acceptance of virtual reality as a complement to the study of human anatomy». *Educación Médica*, vol. 24, núm. 4, p. 100820, jul. 2023. doi: 10.1016/J.EDUMED.2023.100820.
- [30] T. Sullivan. «Apple gets NYU Langone Concussion Tracker app for iPhone, Watch». *HealthcareITNews*, des. 2015. Consulta: 20 maig 2024. [En línia]. Disponible a: <https://www.healthcareitnews.com/news/apple-gets-nyu-langone-concussion-tracker-app-iphone-watch>
- [31] F. C. Marhuenda-Egea i J. Narro-Serrano. «Evaluation of risk factors for COVID-19 severity or death and their relationship to metabolic pathways». *Heliyon*, vol. 9, núm. 3, març 2023. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14161.
- [32] K. E. Henry *et al.*. «Factors driving provider adoption of the TREWS machine learning-based early warning system and its effects on sepsis treatment timing». *Nature Medicine 2022 28:7*, vol. 28, núm. 7, p. 1447-1454, jul. 2022. doi: 10.1038/s41591-022-01895-z.
- [33] M. González. «Modelo predictivo de riesgo para el diagnóstico temprano de la diabetes mellitus de tipo 2». *Revista Médica de Santiago de Cuba*, vol. 26, núm. 6, nov. 2022.
- [34] «Absceso en abdomen o pelvis: MedlinePlus enciclopedia médica». Consulta: 18 març 2024. [En línia]. Disponible a: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000212.htm>
- [35] P. Ansari. «Abscesos intraabdominales». *Manual MSD*, 2023.
- [36] D. M. W. Powers i Ailab. «Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation». oct. 2020. Consulta: 12 juny 2024. [En línia]. Disponible a: <http://arxiv.org/abs/2010.16061>