

METROLOGIA FORENSE (PART 1)

Josep M. Arqués Soldevila

Divisió de Policia Científica de la Policia de la Generalitat - Mossos d'Esquadra

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2845-5653>

La metrologia forense és una branca desconeguda fins a l'arribada d'algunes sèries de televisió. Cal assenyalar i recordar que el que veiem a la televisió sempre pot distar molt de la realitat, i, per aquest motiu, la finalitat de l'article és donar a conèixer la realitat de la metrologia forense, rigorosa, que sí que s'aplica en el món real.

L'article està ordenat per punts per a facilitar al lector la seva comprensió i s'ha dividit en dues parts, la segona de les quals es publicarà en el número 9 del BUTLLETÍ DE LA SOCIETAT CATALANA DE METROLOGIA.

1. Què és la metrologia forense?

A l'article «Informàtica forense i validació de mètodes» [1], publicat en el número anterior d'aquest mateix butlletí, es va introduir la definició de *ciència forense*, que podria ser entesa, de manera molt general, com «aquella que té per objecte l'aplicació de pràctiques científiques dins del procés legal».

Les ciències forenses han sofert una gran evolució d'ençà que van començar a ser objecte d'un veritable escrutini científic. No només han millorat les metodologies aplicades a les ciències forenses, sinó que també s'ha avançat molt en l'explicació i la interpretació dels resultats obtinguts en aquests assajos. I és justament en aquest darrer punt en què intervé de manera determinant la metrologia forense. Segons l'entrada en anglès de la *Wikipedia* [2], «la metrologia forense és la branca de la metrologia aplicada a les ciències forenses». En efecte, les diverses disciplines forenses proveeixen, bàsicament, mesures que, posteriorment, seran emprades per a explicar els fets que s'investiguen. D'altra banda, la metrologia forense proporciona diverses tècniques que permeten avaluar el marge d'error o la incertesa associada a les mesures generades per les disciplines forenses. Donada, doncs, l'especial natura de moltes proves forenses, involucrades en investigacions d'homicidis, agressions sexuals, terrorisme, etc., s'entendrà que la metrologia forense esdevingui una eina absolutament cabdal a l'hora d'interpretar correctament els resultats d'un informe pericial.

De fet, atès que la ciència de la metrologia es troba a la base de totes les mesures, els seus principis ens proporciono-

nen un marc bàsic per a l'avaluació crítica de totes les mesures forenses, independentment de la disciplina forense que les origini [3]. Aquest marc estableix un idioma comú en què tots els participants del procés legal (jutges, policies i advocats) poden comprendre millor els resultats d'un informe pericial, interpretar-los i explicar-los, si escau.

En l'àmbit de les ciències forenses, almenys a Europa, un dels marcs referencials més importants és la norma ISO/IEC 17025, sota l'empara de la qual es troben molts dels assajos típics d'aquestes ciències. Aquesta norma ha estat determinant a l'hora de demostrar la fiabilitat dels resultats oferts per aquestes disciplines, tot i que sovint també cal recórrer, segons cada ciència forense, a altres documents, com ara els manuals de bones pràctiques (per exemple, els elaborats per l'ENFSI - European Network of Forensic Science Institutes), o altres normes ISO complementàries.

1.1. Un cas d'estudi: la importància notòria en els decomisos de droga

Un exemple característic de metrologia forense el podem trobar en el discerniment de la importància notòria en els decomisos de drogues que s'efectuen en els dispositius policials.

La *importància notòria* és una noció legal que permet al sistema judicial establir la gravetat del delictes de tràfic de drogues basant-se en la quantitat de droga decomissada i la seva destinació. Quan la quantitat és prou gran per a suggerir un tràfic comercial i no només personal, aquest concepte ajuda a determinar una penalització més severa.

L'informe de l'Institut Nacional de Toxicologia (INTCF) de data 18/10/2001¹ [4] determina les quantitats de substàncies estupefaents que podrien considerar-se d'importància notòria en el context de la legislació espanyola.

Si prenem aquest informe com a referència, en el cas concret de l'heroïna, per exemple, es determina que a par-

1. El document consultat és l'annex I d'aquest document, titulat *Cuadros de cantidades de notoria importancia y dosis mínimas psicoactivas de las principales sustancias tóxicas objeto de tráfico de drogas, actualmente vigentes*.

tir de 300 g ja es produeix el supòsit de la importància notòria. Suposem doncs, a tall d'exemple, que s'intervé heròina en un dispositiu policial i que el laboratori que l'analitza determina una mesura del pes de la substància base de $(304,00 \pm 6,08)$ g (és a dir, una mesura d'un pes amb una incertesa associada del 2 %). Considerant el principi d'*in dubio pro reo*,² el tribunal no consideraria que s'hagi produït la condició agreujant d'importància notòria, ja que si es té en compte la incertesa més favorable al detingut (297,92 g, 310,08 g), la mesura és inferior als 300 grams.

Aquest cas que acabem de presentar és un exemple senzill en què la metrologia forense ajuda a interpretar científicament el resultat obtingut en un laboratori segons la normativa legal vigent. Per descomptat, el laboratori, per a poder assegurar la fiabilitat dels resultats emesos, haurà de tenir en compte la vigència dels calibratges dels seus equips gravimètrics, la competència tècnica del personal, així com l'adequació i validació dels seus mètodes de treball segons els manuals de bones pràctiques i les normes ISO que escaiguin.

No obstant això, tal com veurem en l'apartat següent, no totes les disciplines forenses permeten gestionar la incertesa dels resultats que generen d'una manera tan fàcil i objectiva.

2. Els mètodes humans i el paradigma de la individualització

Una part molt important dels informes pericials que es fan a la policia científica es basen en l'avaluació de dues proposicions en competició (informes *avaluatius*, segons la terminologia emprada per ENFSI [5]). En general, volem saber si una troballa indubtable (per exemple, una empremta dactilar d'una persona detinguda, obtinguda en un entorn controlat) és compatible o es pot associar amb una troballa dubtable (per exemple, una empremta dactilar —total o parcial, trobada en l'escena del crim).³ En definitiva, es vol avaluar si ambdues empremtes, indubtable i dubtable, poden provenir de la mateixa font. I qui diu empremtes dactilars, diu un document escrit per una persona coneguda *versus* un document d'interès policial (per exemple, un text manuscrit anònim en què s'amenaça una persona), una imatge d'una persona detinguda amb la persona que apareix en un fotograma d'un vídeo d'un atracament, etc. La tipologia de troballes a comparar, indubtables *versus* dubtables, és molt gran, i abasta, a més dels exemples ja exposats, tota mena d'evidències trobades a les escenes dels crims: roderes de vehicles, empremtes de calçat, marques

2. *In dubio pro reo* ('en cas de dubte, a favor del reu'): és una locució llatina que expressa el principi jurídic que, en cas de dubte quant a la culpabilitat, el veredicté sempre anirà a favor del reu.

3. De vegades també pot interessar, per exemple, efectuar la comparació entre dues empremtes dubtables, també anomenades *latents*, trobades en diferents escenes d'un crim.

produïdes per eines (martells, alçaprens...), fibres, pintures, cintes adhesives, etc.

En general, aquestes analítiques es duen a terme emprant els anomenats *mètodes humans* (amb assistència o no d'equips diversos). Per exemple, en un cas típic de comparació d'empremtes dactilars, un analista específicament entrenat duria a terme l'anàlisi comparativa entre una empremta dubtable trobada a l'escena del crim amb l'empremta indubtable associada presumptament a la persona que ha comès el crim. Aquesta empremta indubtable (material de referència) pot ser proporcionada com a candidat per un programari específic que efectua cerques a la base de dades d'empremtes.

Aquests tipus d'anàlisis s'havien fonamentat tradicionalment en el que s'anomena el *paradigma de la individualització*, basat en l'assumpció teòrica que la unitat existeix [6]. Per unitat s'entén la consideració que l'origen o font d'una mostra dubtable pugui provenir només d'un origen o font única, amb *exclusió segura* de tota la resta. Això comporta la creença que podem arribar a identificar plenament un objecte o un individu a partir d'una mostra presa a l'escena del crim. Notem, però que sempre hi ha un risc > 0 (per petit que sigui) de cometre un error a l'hora d'acceptar acríticament una identificació categòrica com aquesta. No tenir en compte aquesta possibilitat és anar més enllà de la ciència i del mètode científic, molt més prudents a l'hora d'establir les seves conclusions.

De fet, quan es van començar a desenvolupar aquestes disciplines fins i tot es desconeixia si s'havien produït o no falsos positius en l'emissió dels informes pericials per la senzilla raó que no s'efectuaven exercicis de comparació interlaboratorials (o intralaboratorials) amb material de referència. No es consideraven les limitacions de les metodologies, ni es tenia en compte que l'experiència del pèrit no ho era tot: un pèrit pot tenir molta experiència, però si ho fa malament, d'aquí a un any tindrà un any més d'experiència, però continuarà emetent resultats erronis. La incertesa, en aquest cas, quedava sense quantificar i el jutge cedia el seu paper al pèrit, el qual en el fons acabava determinant la culpabilitat o la innocència del presumpte autor del delicté.

Arran de totes les crítiques suscidades des del món científic, els mètodes emprats en criminalística van començar a ser passats pel sedàs de la ciència. Avui en dia, aquests procediments han millorat molt. S'ha incidit molt en la importància de l'entrenament dels analistes, hi ha revistes científiques especialitzades en aquest àmbit (i, per tant, sotmeses a revisions entre iguals); s'han estudiat i s'han minimitzat els biaixos, tant els produïts en el procediment del mètode, com en la interpretació dels resultats; s'han calculat, en la mesura del possible, les taxes d'error, i s'han establert controls en les execucions dels procediments.

2.1. El mètode ACA-V

Una tècnica comunament acceptada en l'actualitat per a les anàlisis que deriven en l'elaboració d'informes *ava-*

l'atius és l'anomenada ACA-V⁴ (anàlisi, comparació, avaluació i verificació), acrònim de les quatre etapes principals del procés. Tot i que aquesta metodologia pot ser aplicada a moltes disciplines (roderes, empremtes dactilars, escriptura manuscrita, etc.), a tall d'exemple es veurà el seu funcionament en l'anàlisi comparativa d'empremtes dactilars (vegeu figura 1).

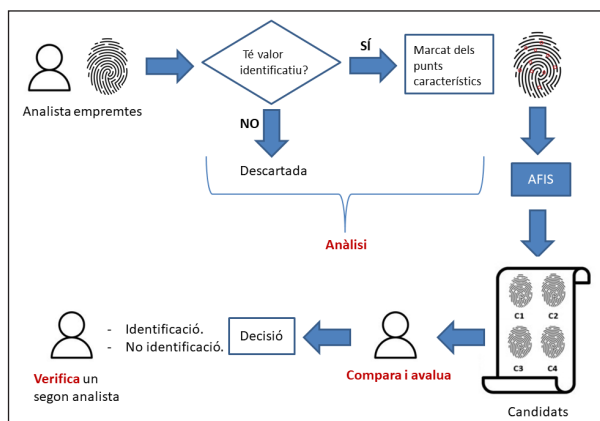


FIGURA 1. Metodologia ACA-V.
FONT: Elaboració pròpia.

- **Anàlisi.** En primer lloc, l'analista ha de comprovar si la mostra (empremta) té valor identificatiu per ella mateixa. Si no és així, s'ha de descartar.⁵ En cas contrari, l'empremta és susceptible de ser analitzada i l'analista en marcarà els punts característics.⁶ A continuació, l'empremta serà introduïda en un sistema AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*), el qual proporcionarà una llista de candidats.
- **Comparació.** En aquesta fase, l'empremta dubtable es compararà amb els candidats obtinguts pel sistema AFIS. Aquesta comparació es durà a terme a partir dels punts característics determinats a la primera fase. Amb l'aplicació d'aquesta metodologia, en considerar el valor identificatiu de l'empremta en si mateixa i marcar els punts característics abans d'obtenir els candidats, s'evita el biaix de confirmació de l'analista. Aquest biaix pot aparèixer quan l'analista, d'acord amb una creença prèvia sobre la possible identitat d'un sospitós, es veu influït per aquesta creença mentre examina les empremtes, sobreestimant les coincidències entre l'empremta dubtable i la indubtable, o bé obviant diferències importants entre elles. Per aquest motiu, les dues fases, anàlisi i comparació, han de romandre separades.
- **Avaluació.** Tot seguit, l'analista, a la llum de les evidències trobades en les dues fases anteriors, prendrà

4. En anglès, *ACE-V: Analysis, Comparison, Evaluation and Verification*.

5. L'empremta no és susceptible de ser analitzada si no té un nombre mínim de punts característics o si no compleix determinats trets que l'analista sap que ha de posseir.

6. Els punts característics, també coneguts com a *minúcies*, són detalls específics en el patró de crestes i solcs d'una empremta dactilar.

la decisió sobre si l'empremta dubtable coincideix amb la indubtable (identificació), o bé no són coincidents (no identificació).⁷ El nombre de punts característics que han de coincidir entre l'empremta dubtable i la indubtable per a determinar una identificació pot variar segons el país que es consideri. A Espanya, se'n demanen 12; mentre que a França, en són 17; a Itàlia, entre 16 i 17, i als Estats Units, se'n demanen de 8 a 12. Els punts coincidents entre l'empremta dubtable i la indubtable s'han de trobar en la mateixa posició, sentit, orientació i mida [8]. A més, també es té en consideració la raresa (en termes de freqüència d'aparició) dels punts considerats.

- **Verificació.** Aquest procés consisteix en un examen del procés, realitzat per part d'un analista independent del primer i igualment qualificat per la disciplina. La verificació es pot dur a terme de diferents maneres, per exemple, aquest segon analista podria repetir el procés des de zero, sense tenir cap indicatiu de la decisió a la qual ha arribat el primer analista, o podria tornar a elaborar el cas a partir de les decisions preses pel primer analista [7].

La descripció detallada d'aquesta metodologia permet homogeneïtzar l'anàlisi comparativa d'empremtes per a tot el personal del laboratori i qualificar-lo segons els procediments normalitzats de treball (recordem que aquesta mateixa metodologia és també d'aplicació a altres disciplines que generen informes *avaluatius*). D'aquesta manera tots els analistes comparteixen els mateixos criteris en totes les etapes del procés (des de la tria dels punts característics fins a l'expressió de resultats). Així mateix, l'existència de procediments normalitzats facilita la incorporació de nous analistes, proporcionant-los una formació objectiva i allunyada en la mesura del possible de tota mena de biaix.

2.2. Fiabilitat dels mètodes humans

Una eina habitualment emprada a l'hora de mesurar la precisió dels resultats d'un mètode humà és l'estudi de caixa negra. En un estudi d'aquestes característiques es mesura la precisió de les conclusions dels analistes sense tenir en compte com hi han arribat.

Seguint l'exemple de les empremtes dactilars, un estudi pioner d'aquest tipus és el descrit a l'article *The History and Legacy of the Latent Fingerprint Black Box Study* [9]. Aquest document descriu l'estudi de *caixa negra* publicat per l'FBI i Noblis⁸ el 2011 per avaluar la precisió i fiabilitat dels ana-

7. Poden existir altres maneres de descriure el resultat de la comparació. Per exemple, el resultat s'expressa en termes d'*individuació, exclusió o no conclouent*.

8. Noblis és una organització sense ànim de lucre dels Estats Units, dedicada a la ciència, tecnologia i estratègia per a entitats federals.

listes d'empremtes dactilars. Per a dur a terme l'experiment es van necessitar 169 analistes voluntaris, procedents de diverses agències vinculades a l'Estat i al personal del sector privat. Cada examinador va analitzar uns 100 parelles d'empremtes (emprant la metodologia ACA-V) d'un total de 744 parelles possibles. En aquest experiment de caixa negra només es va considerar la conclusió de cada analista (sense tenir en compte, per tant, la seva formació, els equips emprats, l'experiència, els procediments normalitzats de treball, etc.). Tot i que no es detallarà, val a dir que el disseny de l'experiment era molt robust amb la finalitat d'evitar biaixos i poder obtenir resultats útils.

Els resultats van revelar sis falsos positius entre 4.083 comparacions d'empremtes dactilars que eren no coincidents, cosa que representa una taxa global de falsos positius (FP) del 0,1 %. Tenint en compte que un fals positiu (FP) és la pitjor situació que es pot donar en ciències forenses (podria comportar la condemna d'una persona innocent), el resultat és molt bo, ja que indica que aquesta disciplina forense tendeix a evitar incriminacions incorrectes.

L'estudi també va revelar una taxa de falsos negatius (FN) del 7,5 %, notablement superior a la de falsos positius. Hem de tenir en compte que, com ja s'ha observat, els analistes forenses solen ser molt prudents en les seves conclusions per a evitar identificar erròniament una persona com a culpable. Aquesta actitud conservadora pot portar-los a rebutjar coincidències vàlides si no n'estan absolutament segurs, incrementant així els falsos negatius. D'altra banda, el disseny de l'experiment incloïa diferents qualitats d'impressió (aquest factor té molta afectació en el resultat) i diferents nivells de dificultat en la comparació, la qual cosa pot haver fet dubtar molts analistes (tal com podria passar amb alguns assajos reals).

L'estudi va tenir un impacte determinant en el món forense i es va convertir en un referent científic i metodològic per a promoure estudis semblants en altres disciplines (roderes, calçat, escriptura manuscrita, etc.).

La conjunció entre el mètode ACA-V i els estudis de caixa negra ens poden resultar de molta utilitat a l'hora de validar un mètode humà en el nostre laboratori. A partir de la bibliografia existent relacionada amb una certa disciplina forense, podem valorar si les taxes d'error són les esperades en la disciplina forense i incorporar els resultats que hem obtingut a la validació del mètode. El coneixement dels paràmetres de la nostra metodologia és essencial a l'hora de defensar un informe pericial en seu judicial i, de fet, són qüestions que poden sorgir en el decurs de la declaració del pèrit.

Notem que a l'hora d'efectuar una validació del mètode també s'hauran d'incloure els estudis de repetibilitat i reproductibilitat. A més, si en la disciplina forense s'empen equips que generen mesures, també s'hauran de tenir en compte les incerteses d'aquest instrumental.

Els estudis de caixa negra reflecteixen molt bé el moment present de la metodologia amb l'equip analista que l'aplica, però desconexim de quina manera es poden projectar en el futur les taxes d'error recollides a la validació i

com pot afectar en el resultat el canvi de l'equip humà o de les tipologies de mostres que entren al laboratori. Per aquest motiu és molt important la realització periòdica de comparacions interlaboratorials (o intralaboratorials) que demostrin la fiabilitat dels resultats i la competència de l'equip humà per mitjà dels assajos d'aptitud. A més, també cal tenir present que diferents estudis de caixa negra poden obtenir diferents taxes d'error dins de la mateixa disciplina forense [12] (notem la gran importància de definir un disseny d'experiment correcte que, reculli, entre altres, tota la varietat de mostres susceptibles de ser analitzades i les diferents qualitats en què aquestes es poden presentar en un cas real).

A l'exemple de la figura 2 es pot veure una matriu de confusió fictícia similar a la que es podria obtenir en la validació d'un mètode d'una disciplina forense.

Total mostres = 230	Valors esperats (positius)	Valors esperats (negatius)
Valors obtinguts o predits (positius)	TP=87	FP=1
Valors obtinguts o predits (negatius)	FN=5	TN=137

FIGURA 2. Paràmetres de rendiment obtinguts en la validació d'un mètode. FONT: Elaboració pròpia.

En aquest cas s'hauria dut a terme una validació amb 230 mostres (cada mostra suposaria un assaig) i s'haurien obtingut els valors següents per a la taxa de falsos positius i falsos negatius, els quals s'incorporarien a la validació del mètode:

$$\text{Taxa FP} = \frac{FP}{TN + FP} = 0,007$$

$$\text{Taxa FN} = \frac{FN}{TP + FN} = 0,054$$

2.3. Expressió de resultats en informes pericials

En els apartats anteriors, s'ha descrit com es pot fer l'expressió de resultats en anàlisis comparatives d'empremtes dactilars. Ara bé, en altres tipologies d'estudis *avaluatius*, com es duria a terme? En moltes disciplines forenses l'expressió de resultats s'efectua en termes de *compatibilitat* (entre la mostra indubtable i la dubtable), o bé segons una escala verbal que, inherentment, no sap com quantificar la incertesa del resultat (per exemple: «Amb un grau d'incertesa mínim, les característiques analitzades coincideixen àmpliament»).

Tot i que un terme com *compatibilitat* és força lax, la veritat és que, com a mínim, no és una asseveració categòrica que afirmi que la mostra dubtable i la indubtable tenen un origen comú, amb exclusió segura de qualsevol altra font. Cal tenir present que el pèrit només és coneixedor de l'àmbit d'especialització de la seva disciplina forense, però en molts casos la prova no és única i un dictamen de com-

patibilitat pot ser molt útil per al jutge, el qual haurà de tenir en compte altres evidències en el context d'una investigació sovint molt complexa.

Pel que fa a l'exemple d'escala verbal que s'ha vist, certament, no és gaire afortunat, ja que, tot i reconèixer l'existència d'una incertesa, no és capaç de quantificar-la. Pot ser temptador afegir-hi, si es pot calcular, algun tipus de càlcul probabilístic que ajudi a mesurar el grau d'incertesa del resultat. La incorporació de probabilitats als resultats, però, provoca sovint malentesos i produeix fal·làcies ben conegudes.⁹ Aquest tipus de problemàtica és similar a la que es produeix quan, de vegades, alguns titulars de premsa incorporen dades estadístiques. Si, per exemple, enunciem aquest fet en relació amb els ingressos hospitalaris en un determinat moment de l'evolució de la pandèmia per COVID [11]: «El 60-70 % de les admissions hospitalàries i les morts són de persones que han rebut dues dosis de les vacunes», com s'ha d'interpretar? Si aquest fet fos una dada objectiva en un informe pericial, com ho entendria el jutge? Com li explicariem el resultat al jutge? (vegeu figura 3).

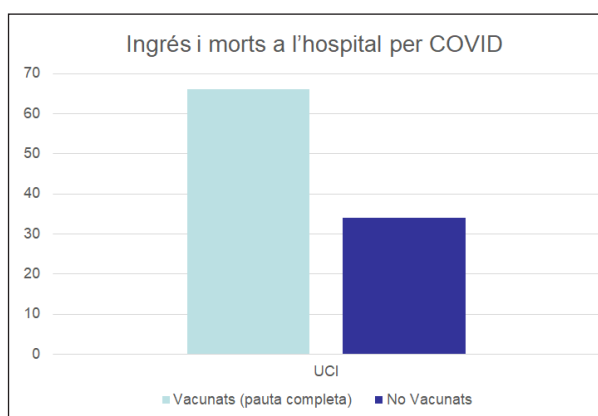


FIGURA 3. Percentatge d'admissions hospitalàries i morts per COVID. FONT: Elaboració pròpia.

La intuïció ens diu que, potser, les vacunes no han estat gens eficaces. Però és factible que sí que ho hagin estat i s'obtinguin aquestes dades? Notem que el gràfic de la figura 3 ens mostra la probabilitat que una persona que hagi estat ingressada a l'hospital tingui la pauta de vacunació sencera (dues dosis). Però això és el que realment volem saber? La dada que realment seria rellevant és conèixer *la probabilitat d'ingrés hospitalari, sabent que la persona tingui la pauta de vacunació sencera*.

La resposta es troba en les probabilitats condicionades i la fórmula de Bayes [10]. Les probabilitats condicionades representen la probabilitat que un esdeveniment es produeixi, donat que un altre esdeveniment ja ha tingut lloc. En aquest cas, tal com passa en l'àmbit judicial, és fàcil confondre la probabilitat que ens interessa amb la seva inversa i interpretar incorrectament els resultats.

9. Vegeu la fal·làcia del fiscal i la fal·làcia de l'observació del jurat a l'article «Derecho y probabilidad: falacias, fórmula de Bayes y redes bayesianas» [10].

Tot seguit es veurà amb un exemple [11] com, efectivament, és compatible una bona eficàcia de la vacuna amb les dades d'ingressos hospitalaris obtingudes. Suposem les dades següents:

- Hi ha 1.000 persones que si s'infecten tindran problemes prou greus per a anar a l'hospital.
- Suposem que de les 1.000 persones, 950 tenen la pauta sencera de vacunació i 50 no s'han vacunat.
- Les 50 persones no vacunades (recordem que pertanyen a la població que tindrà problemes greus si s'infecten) hauran d'ingressar a l'hospital.
- Sabem que la vacuna no és perfecta i que, per tant, tenir la pauta sencera no garanteix que la persona infectada no hagi d'ingressar a l'hospital. Suposem, però, que tenir la pauta de vacunació sencera redueix en un 90 % la probabilitat d'ingrés hospitalari. Com a resultat, 95 persones que disposen de la pauta sencera també hauran d'ingressar a l'hospital (vegeu figura 4).

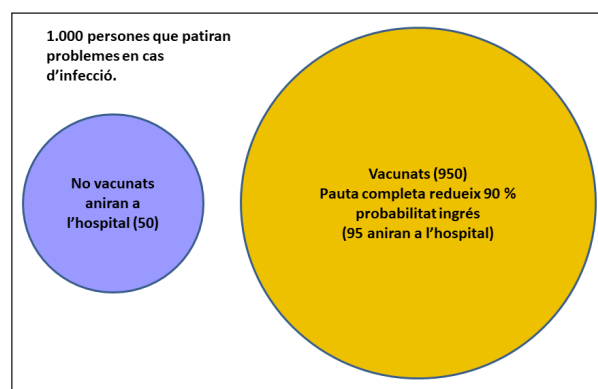


FIGURA 4. Exemple d'ingressos hospitalaris per la COVID en persones que patiran problemes en cas d'infecció segons si han rebut o no la pauta sencera de vacunació. FONT: Elaboració pròpia.

Fixem-nos que, seguint aquest exemple, les dues tercers parts dels hospitalitzats tenen la pauta sencera de vacunació,¹⁰ malgrat que si una persona té la pauta sencera i és vulnerable se li redueix la probabilitat d'ingrés en un 90 %. No és una vacuna perfecta, però la protecció que ofereix no és gens menyspreable!

La clau del problema resideix en el fet que la vacuna de la COVID va tenir una *cobertura molt gran*, alhora que es tracta d'una vacuna *imperfecta*. Amb una àmplia cobertura de vacunació (pràcticament la va rebre tothom), una baixa proporció de fracassos pot superar fàcilment el nombre de persones no vacunades, originant un titular (explicable i irrellevant) com el que hem reflectit a l'inici de l'exemple:

«El 60-70 % de les admissions hospitalàries i les morts són de persones que han rebut dues dosis de les vacunes».

Durant la declaració oral d'un pèrit en un judici, explicar un resultat complex com aquest seria realment difícil.

10. Aquest exemple s'explica en termes de notació matemàtica mitjançant el teorema de Bayes en [11].

És possible que el jutge i els altres actors que participen en el judici no disposin del bagatge matemàtic necessari per a entendre el resultat i les explicacions que els proporciona el pèrit. D'altra banda, també pot passar que el pèrit, encara que entengui el resultat, no el sàpiga transmetre adequadament enmig de la tensió que es viu durant el judici, o simplement que es confongui perquè l'explicació no és ni senzilla, ni molt menys intuïtiva.

3. Conclusions

En la primera part d'aquest article s'ha vist una definició intuïtiva del que s'anomena *metrologia forense* i el seu paper fonamental en l'avaluació crítica de les proves forenses analitzades en moltes disciplines criminalístiques.

L'article s'ha centrat en l'explicació del paradigma de la individualització i les crítiques que ha suscitat en el si de la comunitat científica, les quals han conduït a una millora de les metodologies emprades, així com a l'estudi de la seva fiabilitat. Finalment, també s'ha explicat la dificultat d'expressar els resultats d'un informe pericial de manera que sigui comprensible per al destinatari del document. A la segona part d'aquest article, es veurà un paradigma diferent, el de la versemblança, que si bé solucionarà part dels problemes introduïts en aquesta primera part, en suscitarà de nous.

Referències

- [1] ARQUÉS, J. M.; BLANQUEZ, M. «Informàtica forense i validació de mètodes». *Butlletí de la Secció Catalana de Metrologia* [en línia] [Barcelona: Institut d'Estudis Catalans], vol. 7 (abril 2024). <<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000490/00000069.pdf>> [Consulta: 26 setembre 2025]. ISSN 2696-001.
- [2] «Forensic metrology». A: *Wikipedia* [en línia]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Forensic_metrology> [Consulta: 26 setembre 2025].
- [3] VOSK, JD Ted. «Forensic metrology: Its importance and evolution in the United States». *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 772 (2016). DOI 10.1088/1742-6596/772/1/012018.
- [4] «Anexo I: Cuadros de cantidades de notoria importancia y dosis mínimas psicoactivas de las principales sustancias tóxicas objeto de tráfico de drogas, actualmente vigentes». A: *Informe de l'Instituto Nacional de Toxicología de data 18/10/2001* [en línia], actual. 2009. <<https://www.poderjudicial.es/cgpi/es/Poder-Judicial/Tribunal-Supremo/Actividad-del-TS/Estudios/Cuadros-de-cantidades-de-notoria-importancia-y-dosis-minimas-psicoactivas-de-las-principales-sustancias-toxicas-objeto-de-trafico-de-drogas--actualmente-vigente>> [Consulta: 26 setembre 2025].
- [5] ENFSI. *Guideline for evaluative reporting in forensic science* [en línia]. Versió 3. European Network of Forensic Science Institutes, 2015. <https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1_guideline.pdf> [Consulta: 26 setembre 2025].
- [6] GASCÓN ABELLÁN, M. *Pruebas científicas: medidas necesarias para su valoración racional en el proceso. Trabajo elaborado para el curso on-line sobre interpretación de la prueba científica promovido por el Dpto. de Lógica, Historia y Filosofía de la UNED*. Universitat de Castella-la Manxa, [s. a.].
- [7] *ENFSI Guidelines for the single laboratory Validation of Instrumental and Human Based Methods in Forensic Science*. Versió 2. Standing Committee for Quality and Competence (QCC), 2014. <<https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2017/06/Guidance-QCC-VAL-002.pdf>> [Consulta: 26 setembre 2025].
- [8] TABERNER ARROYO, P. «El estudio de las huellas dactilares en la escena del delito, métodos de revelado e informe pericial». *Gaceta internacional ciencias forenses*, núm. 54 (gener-març 2025). ISSN 2174-9019.
- [9] DUTTON, G., ZARWELL, L. «The history and legacy of the latent fingerprint black box study». *National Institute of Justice* [en línia] (19 setembre 2022). <<https://nij.ojp.gov/topics/articles/history-and-legacy-latent-fingerprint-black-box-study>> [Consulta: 26 setembre 2025].
- [10] DELGADO, R. «Derecho y probabilidad: falacias, fórmula de Bayes y redes bayesianas». *Materials Matemàtics* [en línia] [Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Matemàtiques], núm. 6 (2013), 31 p. ISSN: 1887-1097.
- [11] MASTERS, A. *Conditional probabilities and imperfect vaccines. Why is it plausible most future Covid-19 hospitalisations are among those vaccinated?* [en línia], [s. a.]. [Consulta: 21 abril 2022].
- [12] PRESIDENT'S COUNCIL OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY (PCAST). *Forensic science in criminal courts: Ensuring scientific validity of feature-comparison methods*. Informe del PCAST. Washington, DC: Executive Office of the President, 2016.