

Metrologia forense

20 de maig de 2025

mossos d'esquadra



**Generalitat
de Catalunya**



En termes generals coneixem com a *ciència forense* la que té per objecte l'aplicació de pràctiques científiques dins del procés legal.

La *metrologia forense* és la branca de la metrologia aplicada a les ciències forenses.



Un enfocament tradicional

Anàlisi de drogues: la *notòria importància*

Notòria importància: grans quantitats que agreugen la figura delictiva.

Quantitats considerades de “notòria importància”:

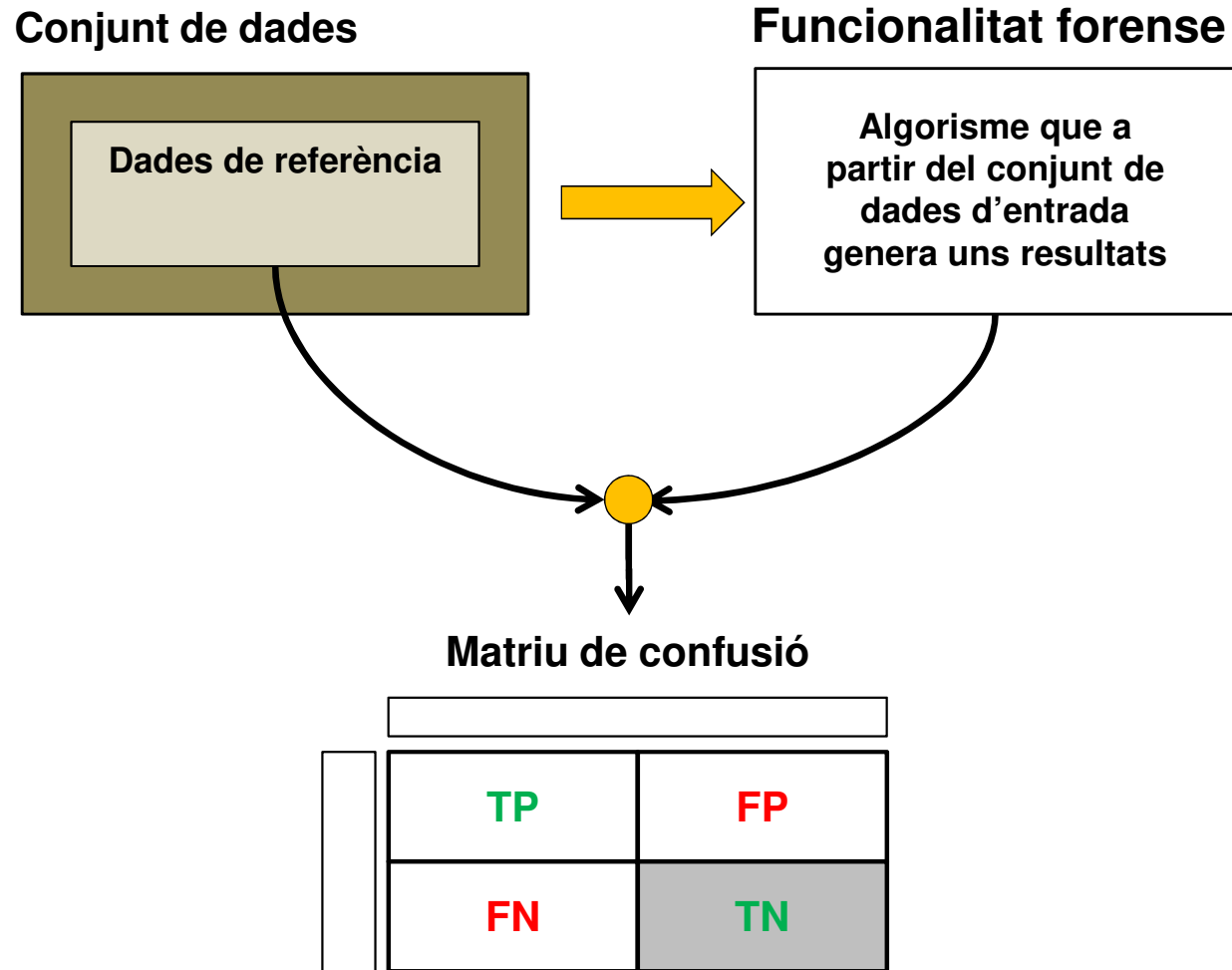
- | | |
|-------------------|-----------------------|
| – Heroïna 300 g | – Haixix 2.5 kg |
| – Morfina 1000 g | – Oli de haixix 300 g |
| – Metadona 120 g | – LSD 300 mg |
| – Cocaïna 750 g | – MDMA (èxtasi) 240 g |
| – Marihuana 10 kg | – Amfetamines 90 g |

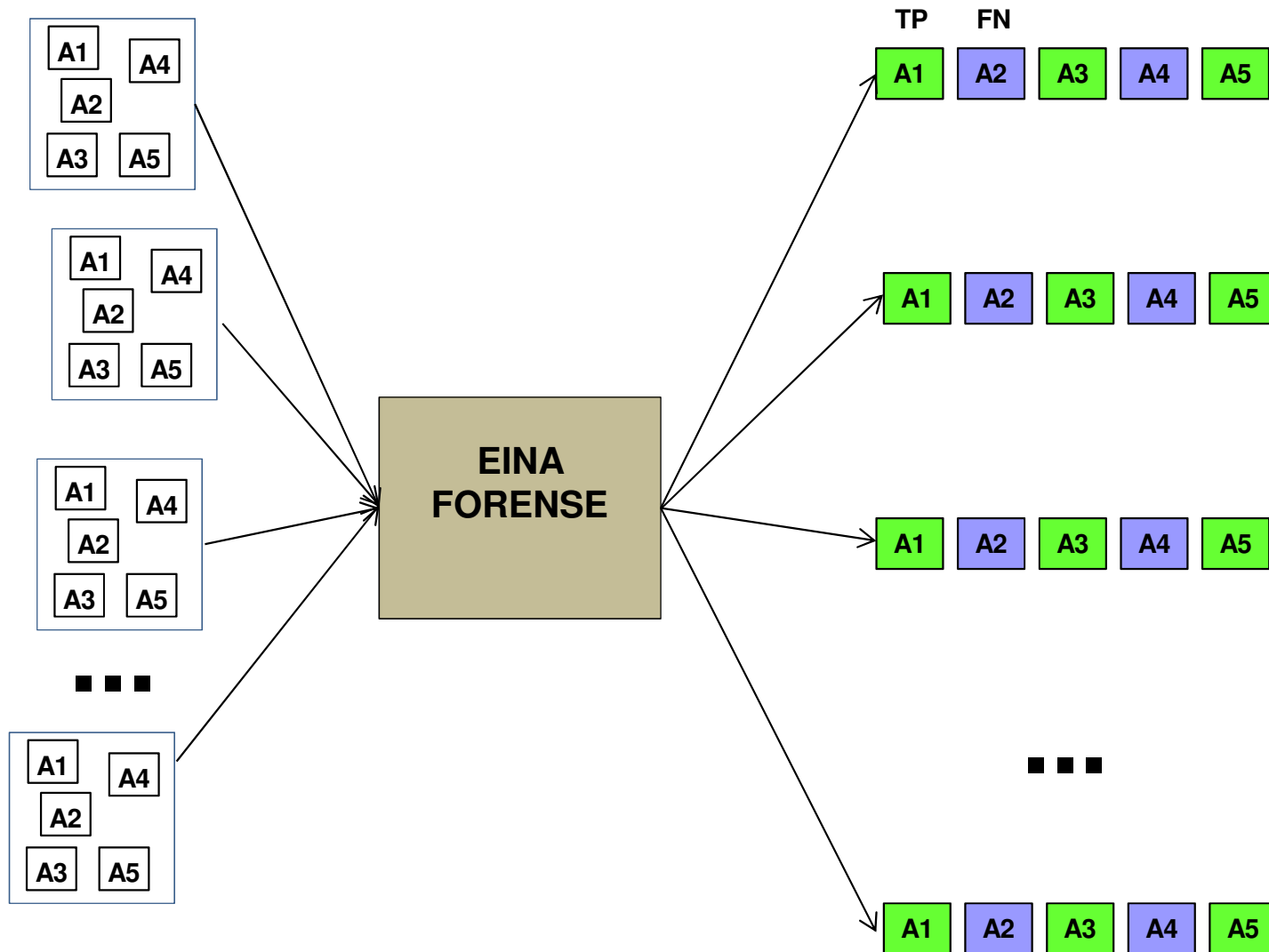
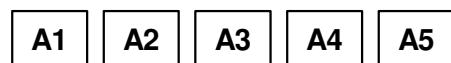
Exemple: S’intervé heroïna en un dispositiu policial. Suposem que la mesura del pes és de 304 g i que la incertesa és de 2%, per tant, el resultat seria: $(304,00 \pm 6,08)$ g.

Seguint el principi *in dubio pro reo*, el tribunal no considerarà que s’hagi produït l’agreujant de notòria importància (**297.92 grams**, 310.08 grams)

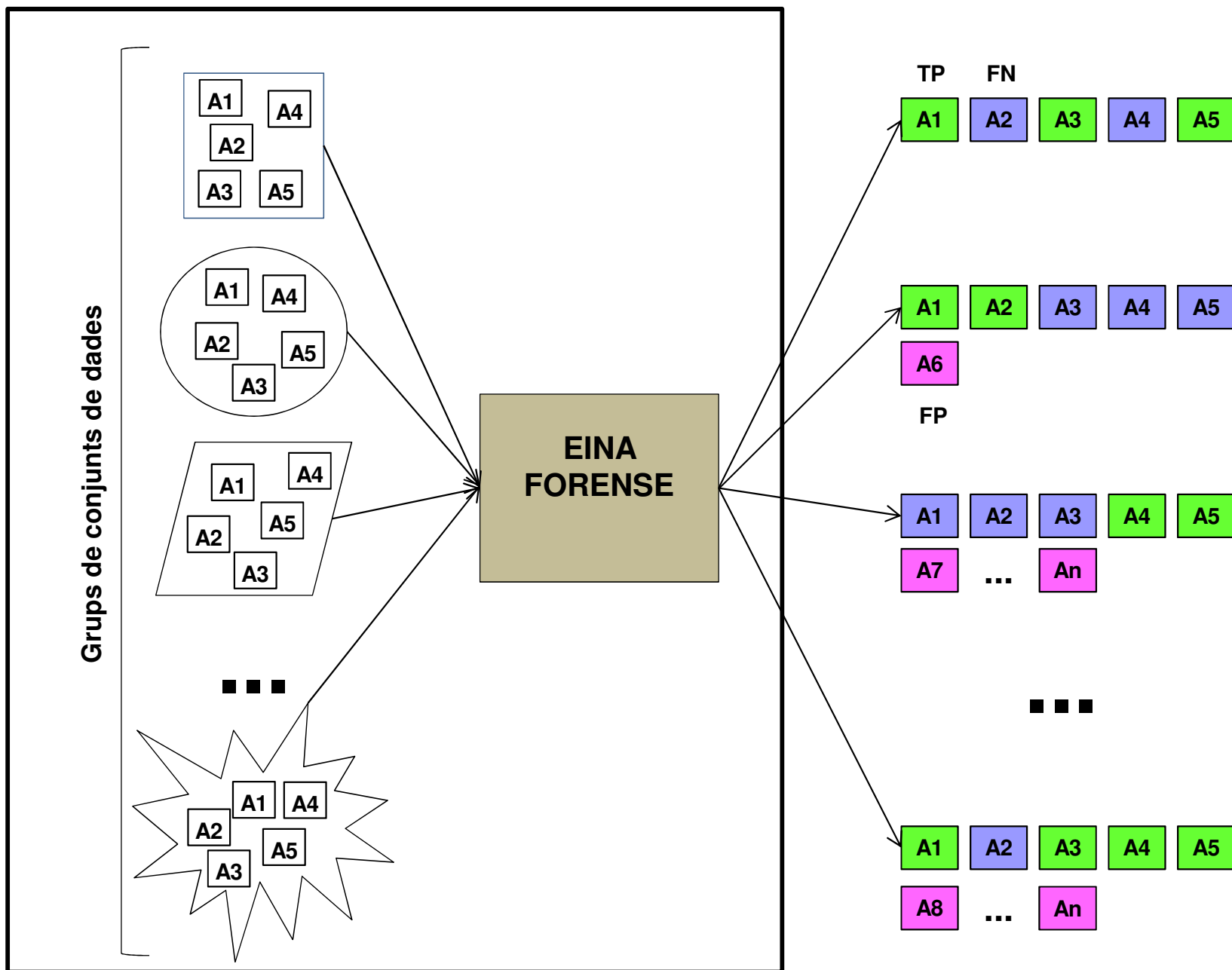
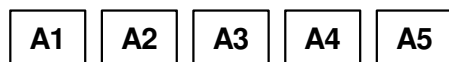


Altres enfocaments i necessitats: Informàtica forense: incertesa?



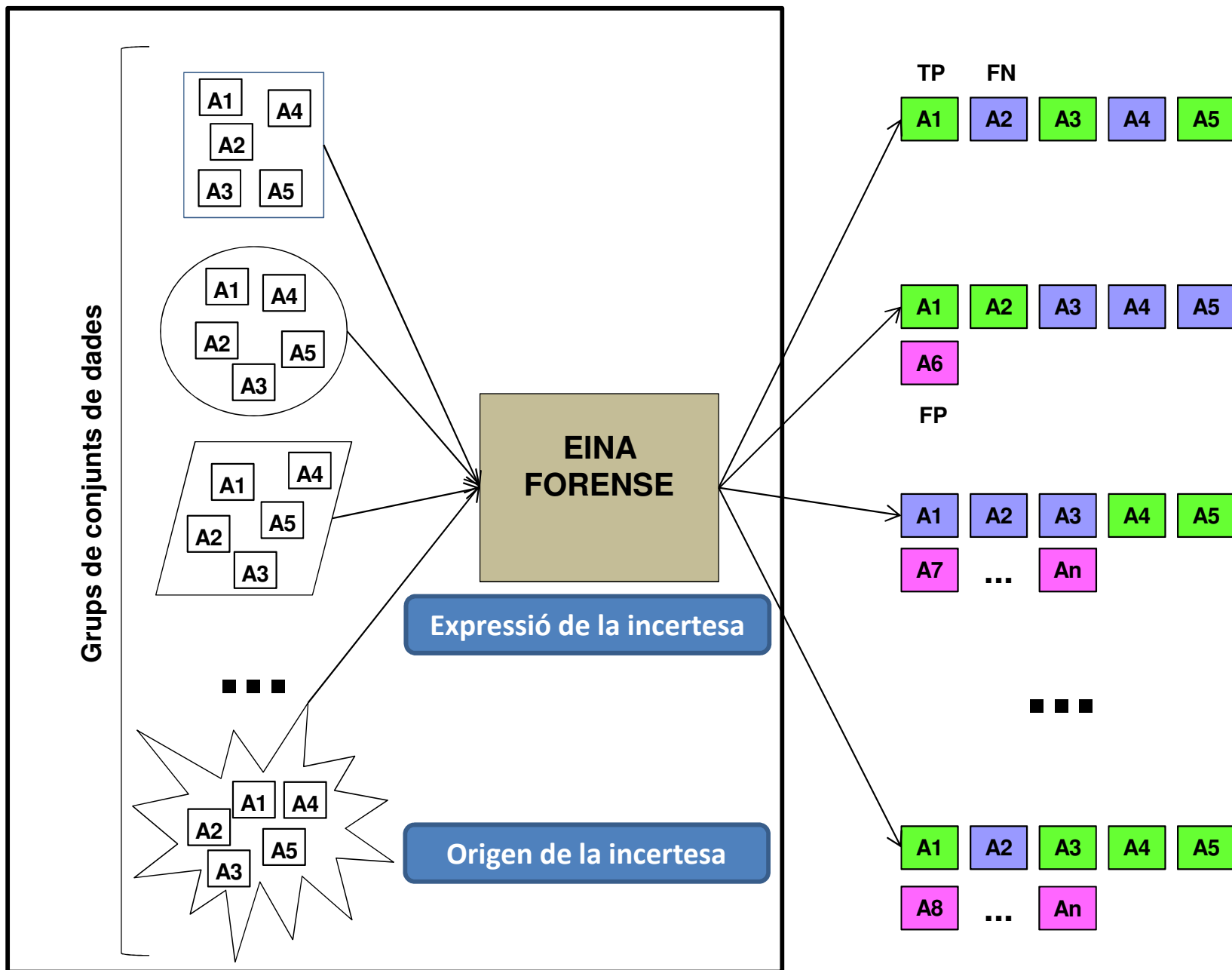
DADES DE REFERÈNCIA (*ground truth*)

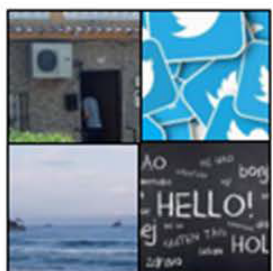
DADES DE REFERÈNCIA



DADES DE REFERÈNCIA

A1 A2 A3 A4 A5





Dades de referència
[DR]



Imatges recuperades per l'eina forense (el quadrat blanc representa la imatge 'Hello!', no trobat per l'eina forense)

	HASH (imatges completament recuperades)	→	<table><tr><th>TP</th><th>FP</th><th>FN</th></tr><tr><td>1</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	TP	FP	FN	1	3	1
TP	FP	FN							
1	3	1							
	<i>Magic numbers</i> de les imatges	→	<table><tr><th>TP</th><th>FP</th><th>FN</th></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	TP	FP	FN	4	0	1
TP	FP	FN							
4	0	1							
	Imatges recuperades > 50 %	→	<table><tr><th>TP</th><th>FP</th><th>FN</th></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	TP	FP	FN	2	2	1
TP	FP	FN							
2	2	1							



Eixos vertebradors i homogeneïtzadors

Welcome to ENFSI!



The European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) was founded in 1995 with the purpose of improving the mutual exchange of information in the field of forensic science. This, as well as improving the quality of forensic science delivery in Europe have become the main issues of the network. Besides the general work in the fields of quality and competence management, research and development and education and training, different forensic expertizes are dealt with by 17 different **Expert Working Groups**. ENFSI therefore has been recognized as the monopoly organization in the field of forensic science by the European Commission.

**... I a nivell estatal:
Red de Laboratorios Forenses Oficiales de España
(RLFOE)**



Altres enfocaments i necessitats: Informes avaluatius

ENFSI Guideline for Evaluative Reporting in Forensic Science

- **Avaluatius:** Informes en què s'avaluen les troballes en relació a dues proposicions competitives (mostres dubtables versus indubtables).
- **Tècnics:** Informes que NO impliquen una formulació en termes d'hipòtesis competitives.
- **Investigació:** Informes en què s'expressen opinions com a explicacions.
- **Intel·ligència:** Explotació d'informació per a relacionar casos, esdeveniments, avaluació de riscos, etc.



El paradigma de la individualització

- Es basa en l'assumpció teòrica que la **unicitat** existeix.
- Per unicitat s'entén que l'origen o font d'una mostra dubtable només pugui provenir d'un origen o font únic, amb exclusió segura de tota la resta.
- Això comportaria la **creença** que podem arribar a identificar plenament un objecte o un individu a partir d'una mostra presa a l'escena del crim.



El paradigma de la individualització

- Si s'assumeix el paradigma de la unicitat, els pèrits emetrien els seus informes pericials en termes d'**individualització**, o sigui d'**identificació categòrica** d'una persona.
- Sempre hi ha un risc >0 (per petit que sigui) a l'hora d'acceptar qualsevol inferència sobre un paràmetre poblacional (**salt de fe**).
- Com a conseqüència, es podria produir una **sobrevaloració** de les proves de policia científica.



Millores

- Evidència empírica: **falsabilitat, verificabilitat**.
- Coneixement de les **taxes d'error, falsos positius i falsos negatius**.
- Metodologies sotmeses a **revisió entre iguals i publicades** en revistes científiques.
- Existència de procediments **estàndards** que defineixin l'ús de la tècnica i de **controls de qualitat**.
- Acceptació general per part de la **comunitat científica**.



Exemple validació mètode humà

Total assajos = 224	Valors Esperats (Positius) =	Valors Esperats (Negatius) =
Valors Obtinguts (o predits) Positius =	TP=87 (a)	FP=0 (c)
Valors Obtinguts (o predits) Negatius =	FN=0 (b)	TN=137 (d)

Paràmetre	Fórmula càlcul	CAR
Selectivitat/especificitat	$Selectivitat = \frac{d}{c+d} * 100$	> 90 %
Falsos positius	$FP = \frac{c}{a+c} * 100$	< 5 %
Falsos negatius	$FN = \frac{b}{b+d} * 100$	< 10 %
Sensibilitat	$Sensibilidad = \frac{a}{a+b} * 100$	> 90 %

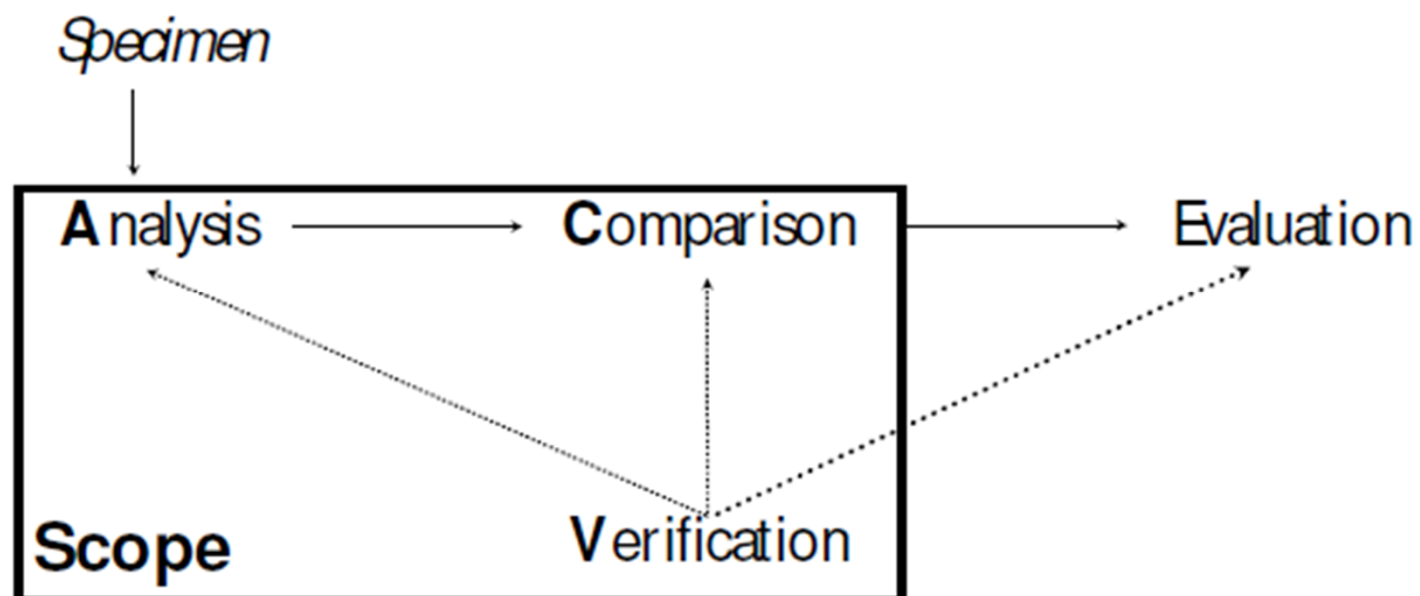
En total es realitzen 224 assajos, amb els resultats següents:

- TP = 87
- TN = 137
- FP=FN=0



Guidelines for the single laboratory Validation of Instrumental and Human Based Methods in Forensic Science

Version 2.0 2014



Best Practice Manual for the Forensic Handwriting Examination

ENFSI-BPM-FHX-01
Edition 04 – September 2022

Examples of how to illustrate, describe and evaluate particular similarities and differences observed between the Qn material and the Kn samples is proposed below. In this example the material was assessed on a 5-point scale, in the following categories:

- clearly similar (++)
- similar (+)
- inconclusive (~)
- different (-)
- clearly different (- -)
- missing feature / not comparable (N/C)

Each laboratory will have their own approach to “scoring” the level of similarity or difference, but it is important to document the specific scale within their case notes and management system.



Emetre un judici sobre si la mostra del sospitós i la mostra dubtable provenen de la mateixa font, engloba:

- **Informació sobre l'evidència: competència del pèrit.**
- **La resta d'informació sobre el cas: competència del jutge.**

La decisió sobre les atribucions de fonts hauria de ser competència del jutge, no del pèrit!!



El paradigma de la versemblança

Els analistes forenses examinen, per exemple, la roba d'un sospitós d'assassinat i troben diferents tipus d'evidència (sang, fibres, fragments de vidre d'una finestra trencada,...) que el relacionen amb l'escena del crim. Necessiten **avaluar la força de cada evidència**. En aquest paradigma es faran servir *likelihood ratios* (LR). Sempre es faran servir en **problemes de comparació (informes avaluatius)**.

Avaluació de l'evidència (LR)

↑
Pèrit



En un LR tenim dues hipòtesis en competició (habitualment el numerador dona suport a la hipòtesi de l'acusació i el denominador a la de la defensa):

- Si $LR > 1$ es reforça la hipòtesi del numerador.
- Si $LR < 1$ es reforça la hipòtesi del denominador.
- Si $LR = 1$ no s'obté cap conclusió.

$$\frac{\Pr(Evidence | H_p)}{\Pr(Evidence | H_d)}$$

Likelihood Ratio



Exemple de LR

$$\frac{\Pr(Evidence | H_p)}{\Pr(Evidence | H_d)}$$

Likelihood Ratio

EVIDÈNCIA: Taca de sang.

MOSTRA 1: Indubtable (d'origen conegut).

MOSTRA 2: Dubtable (trobada a l'escena del crim).

El **perfil genètic de la taca de sang** obtingut a partir de la **MOSTRA 2 és coincident** amb l'obtingut a partir de la **MOSTRA 1**. Davant d'aquesta coincidència, per a la valoració estadística es plantegen les hipòtesis següents:

Hipòtesi 1: el material biològic de la **MOSTRA 2** prové de l'individu X.

Hipòtesi 2: el material biològic de la **MOSTRA 2** prové d'un altre individu escollit a l'atzar dins la població de referència.

Sovint s'obtenen valors de LR molt grans (per exemple de l'ordre de 10^{12}). Això vol dir que la probabilitat d'observar aquest perfil si la taca pertany a l'acusat respecte a una altra persona a l'atzar de la població és de 10^{12} a 1.



- La tendència és, **segons ENFSI**, que tota disciplina criminalística que impliqui una conclusió avaluativa **hauria d'assignar un LR** a l'hora d'expressar els seus resultats.
- Totes les disciplines criminalístiques d'una mateixa organització haurien de compartir la **mateixa escala**.
- D'altra banda, és científicament complex calcular els LR associats a moltes disciplines de la criminalística (estudis poblacionals, entre d'altres dificultats).



Escala verbal d'un LR

ADN



Values* of likelihood ratio	Verbal equivalent (two options of phrasing are suggested)
1	The forensic findings do not support one proposition over the other. The forensic findings provide no assistance in addressing the issue.
2 - 10	The forensic findings provide weak support** for the first proposition relative to the alternative. The forensic findings are slightly more probable given one proposition relative to the other.
10 - 100	...provide moderate support for the first proposition rather than the alternative ...are more probable given...proposition...than proposition...
100 - 1000	...provide moderately strong support for the first proposition rather than the alternative ...are appreciably more probable given... proposition...than proposition...
1000 - 10,000	...provide strong support for the first proposition rather than the alternative ...are much more probable given... proposition...than proposition...
10,000 - 1,000,000	...provide very strong support for the first proposition rather than the alternative ...are far more probable given... proposition...than proposition...
1,000,000 and above	...provide extremely strong support for the first proposition rather than the alternative ...are exceedingly more probable given... proposition...than proposition...



Requeriment legislatiu aplicable: ISO/IEC 17025

La *Decisió Marc Europea 2009/905/JAI*, de 30 de novembre de 2009, sobre acreditació de prestadors de serveis forenses que porten a terme activitats de laboratori estableix, en el seu article 1, que per garantir la qualitat i la fiabilitat de les activitats d'assaig realitzades per laboratoris forenses en un Estat membre, cal que aquests estiguin acreditats per la norma ISO 17025.

Termini implementació (Article 7):
30/11/13: identificació de perfils d'ADN
30/11/15: dades dactiloscòpiques



L'impacte de l'IA

mossos d'esquadra



Generalitat
de Catalunya



EUROPEAN NETWORK
OF FORENSIC SCIENCE
INSTITUTES



VALIDATION OF A CHEMOMETRIC-AIDED PORTABLE NEAR-INFRARED SPECTROPHOTOMETER FOR RAPID ASSESSMENT OF SEIZED DRUGS

AUTHORS AND AFILIATIONS

Manuel Mazarío-García^{1*}, Raül López-Glaría¹, Tònia Fiol-Planellas¹, Laura Moya-Díez¹, Cristina Arenas-Gil¹, Oriol Rey-Moreno¹, Alberto Guerrero-Octavio¹, Montserrat Serra-Figueras¹, Albert Alabau-Fuentes¹, Jordi Baixench-Rodríguez¹, Oscar Camps-Polo¹, Martí Vega-Boada¹, Raquel Zayas-Montserrat¹, Ignasi Herrero-Serra², Àngela Sánchez-Pereña², Sara Comellas-Tena¹

*itpg7016@mossos.cat

¹Laboratori de Química Forense, Divisió de Policia Científica.

²Unitat Central de Química Forense, Àrea Central de Criminalística, Divisió de Policia Científica Policia de la Generalitat - Mossos d'Esquadra, Avinguda de la Pau, 120 08206 Sabadell, Barcelona (Spain).

INTRODUCTION

The rapid and accurate identification of seized drugs is essential for both public security and health. Traditional methods often involve extensive, complex, and destructive sample preparation, along with lengthy analysis times. In this study, we validated the performance of a portable NIR spectrophotometer, enhanced with chemometric models, for the rapid assessment of seized drugs.



METHODS

Calibration

- Seized solid samples of cocaine, heroin and MDMA from the previous year
- 100 samples per analyte, 2.5% to 90%
- 3 readings x 3 portable spectrophotometers (Nirx by Nirlab)

Classification Validation

- NIR spectra were acquired for each sample received (cocaine n=141; MDMA n=27, heroin n=18)
- Samples were subsequently analysed by GC-MS as reference method

Prediction Validation

- Creation of accuracy profiles for each substance
- 240 readings per substance: 4 samples x 5 conc. x 4 days x 3 readings x 1 device x 1 analyst
- Accuracy, Uncertainty, Linearity, LOQ

Statistical Analysis

- Only samples with Confidence $\geq 80\%$ were included

Referències bibliogràfiques

- Manuel Mazarío-García, Raül López-Glaría, Tònia Fiol-Planellas, Validation of a chemometric-aided portable near-infrared spectrophotometer for rapid assessment of seized drugs, 30th ENFSI Drugs Working Group (DWG) annual meeting, Berlin, maig 2025.
- Arqués, J.M., Blanquez, Manel, Informàtica forense i validació de mètodes, Butlletí de la Secció Catalana de Metrologia, volum 7 (abril 2024), ISSN 2696-001, Editorial IEC, recurs electrònic.
- JD Ted Vosk 2016 J. Phys.: Conf. Ser. 772 012018 DOI 10.1088/1742-6596/772/1/012018.
- Ferrero, Alessandro & Scotti, Veronica. (2017). Forensic metrology: its importance and evolution. 10004. 10.1051/metrology/201710004.



Referències bibliogràfiques

- Latent Fingerprint Value Prediction Crowd-based Learning, Tarang Chugh,, Kai Cao, Jiayu Zhou, Elham Tabassi, and Anil K. Jain, Life, IEEE, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY, 2017.
- Filosofía de la interpretación de la evidencia de ADN forense y comunicación del valor de la prueba, EUROFORGEN, Ángel Carracedo, 2016.
- ENFSI Guideline for evaluative reporting in forensic science, version 3, 2015.
- ENFSI Guidelines for the single laboratory Validation of Instrumental and Human Based Methods in Forensic Science, version 2, 2014.



Referències bibliogràfiques

- Delgado R., Avaluació estadística d'evidències a les ciències forenses, Curs Policia Científica, 2014.
- Marina Gascón Abellán, José Juan Lucena Molina, Joaquín González Rodríguez. Razones científico-jurídicas para valorar la prueba científica una argumentación multidisciplinar, año XXXI, número 7481, lunes, 4 de octubre de 2010.

