



Evaluación de Evidencias Forenses Utilizando Relaciones de Verosimilitudes (LR)



Daniel Ramos Castro

daniel.ramos@uam.es

ATVS - Biometric Recognition Group

<http://www.eps.uam.es/~dramos>

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Universidad Autónoma de Madrid



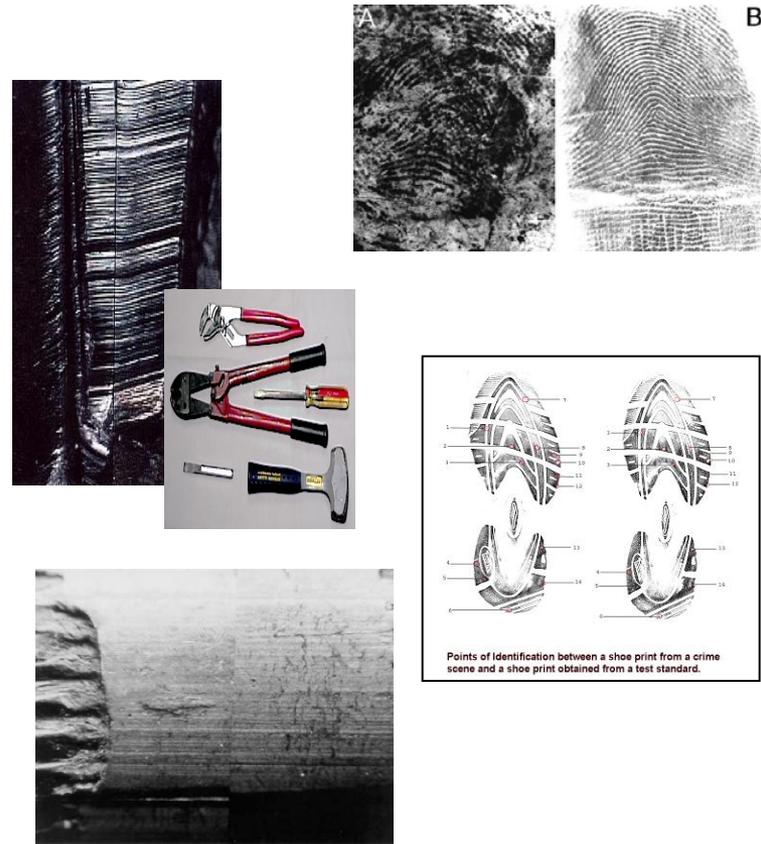
Sumario

- El “Cambio de Paradigma” en Ciencia Forense
 - Paradigma de Identificación: problemas y alternativas
 - Impulsores de un cambio de paradigma
 - Indicios de la acción del cambio de paradigma
- Metodología LR de evaluación de la evidencia forense
 - Marco científico
 - Tendencia a su implantación en toda disciplina forense
 - Ventajas
 - Desafíos
- Conclusiones

El “Cambio de Paradigma” en Ciencia Forense

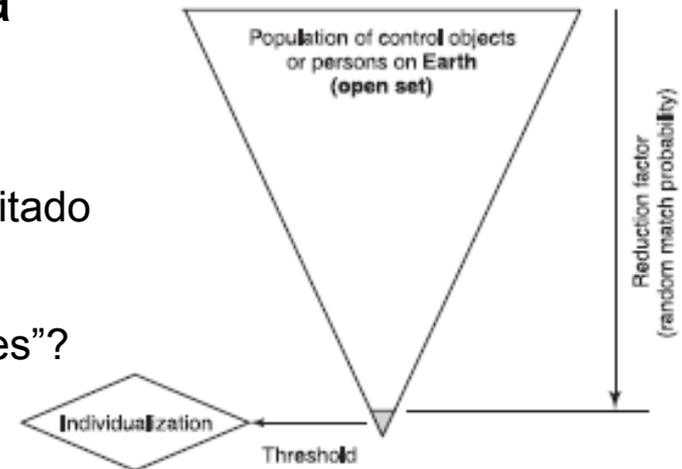
Paradigma de Identificación

- Identificación: seguridad de no confundir una fuente de una toma dubitada de otras posibles fuentes en una población
 - Razonamiento a nivel de fuente
- Típico en disciplinas “clásicas”
 - Huellas dactilares
 - Marcas de Herramientas
 - Marcas de calzado
 - Balística
- Resultados obtenidos
 - “Identificación” / “exclusión”
 - Escalas verbales sobre **identidad**



Paradigma de Identificación: Problemas

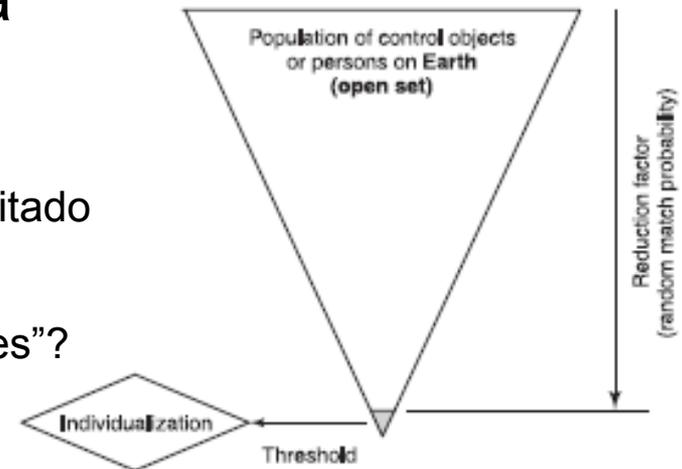
- Identificación: afirmación categórica
 - No existen grados de importancia
 - Se tiende a sobrevalorar la prueba
 - Problema crítico cuando el rendimiento es limitado
 - “Salto de fe”
 - ¿Límite que nos permite emitir “Identificaciones”?
 - Ej: identificación por huella dactilar, ¿12 coincidencias? ¿15? ¿...?
 - Emitiendo identificaciones, el perito toma decisiones sobre atribución de fuentes...
 - Pero la decisiones son competencia del juez



Paradigma de Identificación: Problemas

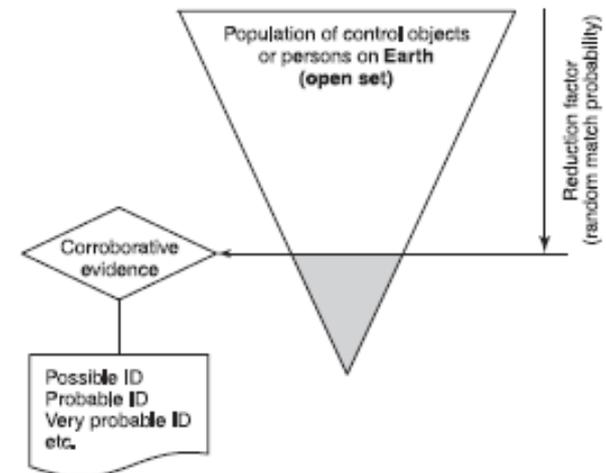
■ Identificación: afirmación categórica

- No existen grados de importancia
 - Se tiende a sobrevalorar la prueba
 - Problema crítico cuando el rendimiento es limitado
- “Salto de fe”
 - ¿Límite que nos permite emitir “Identificaciones”?
 - Ej: identificación por huella dactilar, ¿12 coincidencias? ¿15? ¿...?
- Emitiendo identificaciones, el perito toma decisiones sobre atribución de fuentes...
 - Pero la decisiones son competencia del juez



■ Alternativa deseable: evidencia corroborativa

- Diferente “peso” de la evidencia dependiendo del grado de coincidencia / rareza en población



C. Champod. “Identification/Individualization”
Encyclopedia of Forensic Sciences, 2000.

Paradigma de Identificación: Problemas

- Escalas verbales sobre identidad
 - Emitir juicios sobre si el sospechoso y la toma dubitada provienen de la misma fuente engloba
 - Información sobre la evidencia: competencia del perito
 - Resto de información del caso: **no es competencia del perito**
 - No se distingue entre ambas informaciones

Paradigma de Identificación: Problemas

- Escalas verbales sobre identidad
 - Emitir juicios sobre si el sospechoso y la toma dubitada provienen de la misma fuente engloba
 - Información sobre la evidencia: competencia del perito
 - Resto de información del caso: **no es competencia del perito**
 - No se distingue entre ambas informaciones
- Alternativa deseable
 - Clara delimitación de la aportación de cada fuente de información

I. Evett. "Towards a uniform framework for Reporting opinions in forensic science Casework." Science and Justice, 1998.

Opinión antes
de conocer la prueba
(resto de información
disponible en el caso)

Peso de la
evidencia
(competencia
del perito)

Opinión después
de conocer la prueba
y el resto información
disponible en el caso

Paradigma de Identificación: Problemas

- En muchas disciplinas, identificación basada o fuertemente influida por la “experiencia del perito”
 - Rendimiento difícilmente comprobable de forma repetible
 - Subjetividad del experto (falta de reproducibilidad)
 - Influencia del contexto

I. Dror et al. “Contextual information renders experts vulnerable to making erroneous identifications.” *Forensic Science International*, 2006.

Paradigma de Identificación: Problemas

- En muchas disciplinas, identificación basada o fuertemente influida por la “experiencia del perito”
 - Rendimiento difícilmente comprobable de forma repetible
 - Subjetividad del experto (falta de reproducibilidad)
 - Influencia del contexto

I. Dror et al. “Contextual information renders experts vulnerable to making erroneous identifications.” *Forensic Science International*, 2006.

- Alternativa deseable
 - Procedimientos científicos
 - Basados en datos
 - Repetibles, empíricamente comprobables
 - Reproducibles

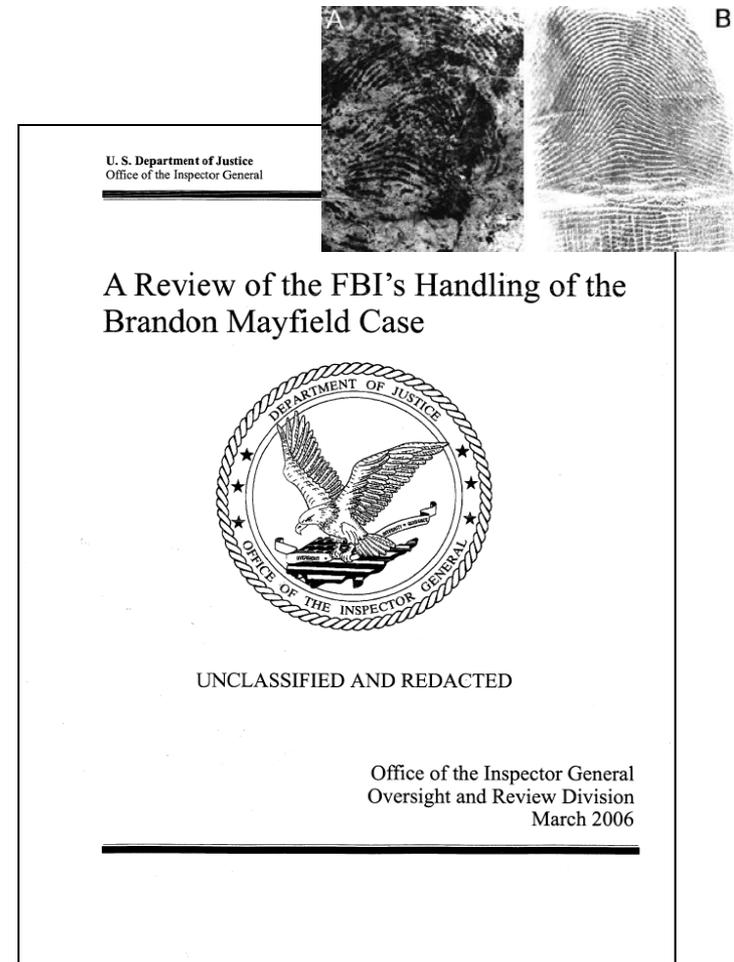
M. Saks, J. Koehler. “The Coming Paradigm Shift in Forensic Identification.” *Science*, 2004.

Impulsores de un Nuevo Paradigma

- Estándar *Daubert* estadounidense -1993-
- Requisitos de admisibilidad:
 - Prueba empírica: refutabilidad, repetibilidad
 - No sólo en laboratorio, sino en condiciones reales
 - Rendimiento conocido o potencial (ej.: “tasas de error”)
 - Técnica revisada por pares y publicada en foros científicos
 - Existencia de estándares que definen el uso de la técnica
 - Aceptación general por parte de la comunidad científica
- Necesidades derivadas:
 - Transparencia
 - Repetibilidad / refutabilidad
 - Protocolos comunes

Impulsores de un Nuevo Paradigma

- Errores en disciplinas supuestamente infalibles
- Caso Mayfield
 - En parte debido a la forma de interpretar la evidencia en huella dactilar
 - Paradigma de identificación
 - El análisis de huella dactilar se ha asumido durante décadas como “libre de error”
 - ¿Ilusión de unicidad?



Impulsores de un Nuevo Paradigma

- Análisis de ADN emerge como modelo científico de disciplina forense
 - Metodología científica
 - Basada en datos
 - Protocolos aceptados y claros
 - Resultados probabilísticos
 - Evitan “identificación/exclusión”
 - Análisis de la evidencia basada en relaciones de verosimilitud (*Likelihood Ratios, LR*)

From DNA to a DNA profile

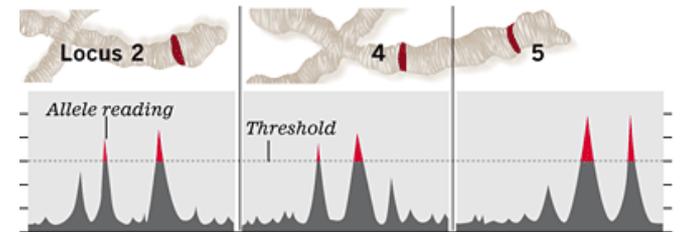
Step 1: Isolating the loci

DNA analysts look at up to 13 genetic locations, or loci, on the chromosomes – a tiny fraction of the total genome. Each location has two genetic markers, or alleles.



Step 2: Identifying the alleles

At each locus, the alleles are identified using an electropherogram, which displays them as spikes on a chart.



The height of a spike indicates how much DNA is detected at each locus.

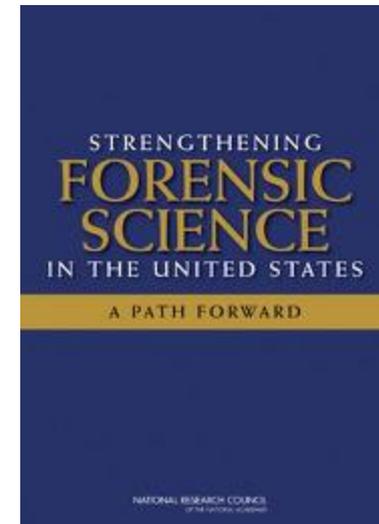
Step 3: Creating the profile

A DNA profile is a chart that represents the two alleles at each location as numbers. Because these alleles tend to vary, profiles can be used to distinguish among individuals.

Source: Times reporting. Graphics reporting by JASON FELCH

Indicios del Cambio de Paradigma

- “Trilogía Daubert” (EEUU)
 - *Daubert, Joiner, Kumho Tyre*
- Informe NRC (EEUU)
 - Conclusiones principales:
medidas urgentes para hacer más científicas las disciplinas forenses
 - Uso de procedimientos empíricos repetibles
 - Transparencia
 - Manejo de incertidumbre: probabilidad y estadística



Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward
National Research Council, USA, 2009

Indicios del Cambio de Paradigma

- Informes a nivel nacional (Reino Unido)
 - Law Commission of England and Wales
 - “The admissibility of expert evidence in criminal proceedings in England and Wales. A New Approach to the Determination of Evidentiary Reliability.” Consultation paper no. 190. 2009.
 - Conclusiones similares a las del informe NRC
- Informes a nivel europeo
 - Champod C., Vuille J., “Scientific evidence in Europe - Admissibility, appraisal and equality of arms”; Comparative study on scientific evidence drawn up for the Bureau of the Council of Europe's European Committee on Crime Problems. Council of Europe. 2010.
- Grupos de trabajo a nivel europeo
 - Grupos de trabajo de ENFSI
 - Grupo de trabajo FORSTAT de estadística forense

Indicios del Cambio de Paradigma

- Creciente actividad científica en torno a la metodología *likelihood ratio* (LR)

Disciplinas forenses en las que se propone el uso de LR (en publicaciones de impacto)

- Huellas dactilares
- Acústica forense
- Análisis de vidrios
- Análisis de marcas de herramientas
- Sistemas biométricos
- Armas de fuego
- Explosivos
- Análisis de documentos
- ...



Netherlands Forensic Institute
Ministry of Security and Justice



Unil

UNIL | Université de Lausanne



UA
NIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE MADRID

Indicios del Cambio de Paradigma

- Creciente implantación de la metodología LR en laboratorios forenses de Europa

Algunos laboratorios, además de los de ADN, que realizan peritajes mediante LR

- Netherlands Forensic Institute (NFI, Países Bajos)
 - * Análisis de alturas utilizando vídeos
 - * Redes bayesianas para combinación de evidencias



Netherlands Forensic Institute
Ministry of Security and Justice

- Forensic Science Service (FSS, Reino Unido)
 - * Huellas dactilares



- Instituto Forense de Cracovia (IFR Krakow, Polonia)
 - * Análisis de vidrios
 - * Análisis de marcas de pintura



- Servicio de Criminalística, Guardia Civil Española
 - * Acústica forense



Metodología de Relaciones
de Verosimilitudes:
Emulando al ADN

Hipótesis, Evidencia, Probabilidad

- Hipótesis que se consideran (a nivel de fuente)
 - *El sospechoso es el autor de la toma dubitada*
 - θ_p : “hipótesis del fiscal”
 - *Otro individuo de la población es el autor de la toma dubitada*
 - θ_d : “hipótesis de la defensa”
- “Evidencia”
 - Comparación entre las tomas dubitada e indubitada: E
- Típica pregunta de interés
 - ¿Cuál es la probabilidad de que, a la vista de la evidencia E y del resto de información del caso I , el sospechoso sea el autor de la toma dubitada?

$$P\left(\theta_p \mid E, I\right)?$$

Teorema de Bayes

$$\frac{P(\theta_p | E, I)}{P(\theta_d | E, I)} = \frac{P(E | \theta_p, I)}{P(E | \theta_d, I)} \frac{P(\theta_p | I)}{P(\theta_d | I)}$$



$$\frac{P(\theta_p | E, I)}{P(\theta_d | E, I)}$$

Opinión
a priori
(Juez)

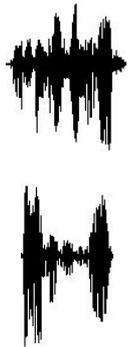
$$LR = \frac{P(E | \theta_p, I)}{P(E | \theta_d, I)}$$

Peso de la
evidencia
(perito)

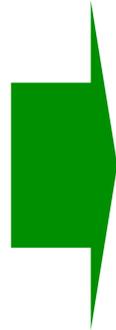
$$\frac{P(\theta_p | I)}{P(\theta_d | I)}$$

Opinión
a posteriori
(Juez)

LR: Apoyo a una Opinión Previa



Laboratorio Forense



Perito forense

$$LR = \frac{P(E|\theta_p, I)}{P(E|\theta_d, I)}$$

Competencia del juez



$$\frac{P(\theta_p|I)}{P(\theta_d|I)} = \frac{1}{99}$$



LR = 1000



$$\frac{P(\theta_p|E, I)}{P(\theta_d|E, I)} = \frac{1000}{99}$$



Significado del LR

- LR: “peso de la evidencia”

$$LR = \frac{P(E|\theta_p, I)}{P(E|\theta_d, I)}$$

LR>1: apoyo la hipótesis del fiscal

LR<1: apoyo la hipótesis de la defensa

LR=1: sin apoyo (prueba sin valor)

- Cuanto mayor (menor) el valor del LR, más apoyo a la hipótesis del fiscal (de la defensa)

Componentes del LR

$$LR = \frac{P(E|\theta_p, I)}{P(E|\theta_d, I)}$$

Numerador: “Similitud”. ¿es común esta coincidencia si el sospechoso es el autor de la toma dubitada?

Denominador: “rareza”. ¿es típica esta coincidencia en la población de potenciales fuentes?

Ventajas del LR

- Marco lógico de razonamiento
 - Inferencia: incorporación de nueva información a la existente a priori
 - Delimitación de las fuentes de información (E, I)
- LR: valor con claro significado
 - “Peso de la evidencia”
- Valoración científica de la prueba
 - Basada en datos, repetible, transparente, empírica, etc.
 - Evita conclusiones subjetivas y/o poco científicas
- Evidencia corroborativa: se evita sobrevalorar la prueba
 - Evitando conclusiones categóricas
 - “Identificación” / “Exclusión”

Desafíos en el Cálculo de LR

- Necesidad de datos
 - En ciertas disciplinas es un problema
 - Porque los datos son difíciles de conseguir
 - Porque una base de datos puede ser difícil de obtener
- Cálculo de LR en situaciones extremas
 - Ejemplo: comparación de ADN con muy poco material genético
 - *Low-copy*
- Casos complejos
 - Combinación de evidencias
 - Redes bayesianas



Conclusiones

Conclusiones

- Inevitable cambio de paradigma en ciencia forense
 - Hacia procedimientos más científicos
 - Transparencia, repetibilidad, prueba empírica
 - Manejo de la incertidumbre: probabilidad y estadística
- Metodología LR
 - Marco lógico y científico de razonamiento
 - Incorporación del peso de la evidencia al resto de información en el caso
 - Transparente, refutable
 - Implantado en diferentes laboratorios y disciplinas a nivel internacional
 - En proceso de creciente implantación



Evaluación de Evidencias Forenses Utilizando Relaciones de Verosimilitudes (LR)



Daniel Ramos Castro

daniel.ramos@uam.es

ATVS - Biometric Recognition Group

<http://www.eps.uam.es/~dramos>

Escuela Politécnica Superior.

Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Universidad Autónoma de Madrid

