

CAPÍTULO



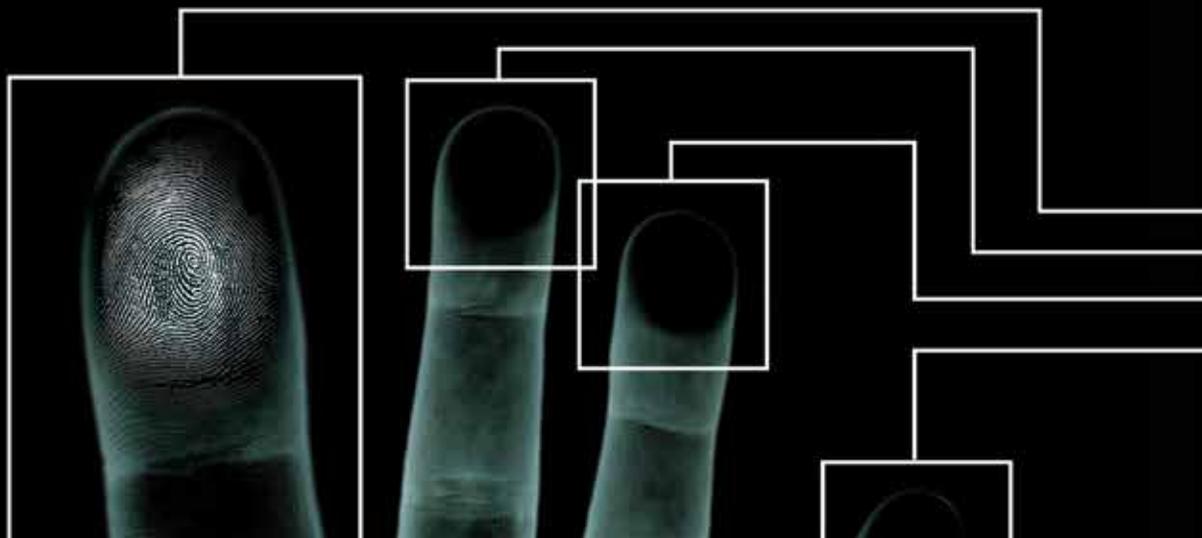
# INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA QUE SUSTENTA LOS FUNDAMENTOS DE LA EXAMINACIÓN DE CRESTAS DE FRICCIÓN

GLENN LANGENBURG

## CONTENIDOS

3	14.1 Introducción	29	14.5 Conclusiones
3	14.2 La Naturaleza de la Indagación Científica	30	14.6 Revisores
7	14.3 La Investigación Científica Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción	30	14.7 Referencias
29	14.4 Directrices Futuras para la Investigación Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción	34	14.8 Información Adicional

L



**CAPÍTULO 14****INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
QUE SUSTENTA LOS  
FUNDAMENTOS DE  
LA EXAMINACIÓN DE  
CRESTAS DE FRICCIÓN****GLENN LANGENBURG****14.1 Introducción**

Cuando las personas piensan en investigación, lo que viene a la mente son imágenes de personas con batas blancas de laboratorio, levantando la mirada intermitentemente para tomar mediciones de datos y tomar notas. Esta es una visión muy limitada y estrecha de la investigación. Los reporteros investigadores, abogados, detectives de la policía, ingenieros, escritores, actores y, por supuesto, los científicos, todos realizan la investigación. Sin embargo, el científico lleva a cabo la investigación científica. Definida de manera simple, la investigación es una indagación sobre cualquier tema o fenómeno. La investigación científica, a continuación, se puede definir como una indagación científica sobre un tema o fenómeno.

¿Qué hace que una investigación sea “científica”? ¿Qué es la ciencia? ¿Qué es el método científico? ¿Cuáles son las reglas para una investigación científica? Las respuestas a estas preguntas no son simples, y son objeto de todo un campo de la filosofía de la ciencia. Este capítulo revisará algunos de estos temas, la cuestión relativa a la ciencia de la piel con crestas de fricción. Sin embargo, se invita al lector a leer más con respecto a la filosofía de la ciencia para comprender mejor la complejidad de la ciencia y la investigación científica.

**14.2 La Naturaleza de la Indagación Científica****14.2.1 Ciencia y falsabilidad**

La palabra ciencia se deriva del latín *scientia* (que significa conocimiento), que está a su vez ligado del verbo latino *scire* (saber). La ciencia puede definirse como un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación sistemática o la experimentación. Esta definición es muy amplia, y, bajo una definición tan permisiva, muchos campos de estudio pueden definirse como ciencia. El creacionismo científico, la ciencia teológica, el psicoanálisis freudiano, y la medicina homeopática podría decirse que se pueden clasificar como ciencias.

Sir Karl Popper (1902-1994) reconoció la dificultad de definir la ciencia. Popper, tal vez uno de los filósofos más respetados y ampliamente conocidos de la ciencia, logró separar la ciencia de la no ciencia mediante un principio simple: falsificabilidad. La separación o demarcación, se podría lograr si una teoría o ley posiblemente pudieran ser falsificadas o demostrar lo contrario (Popper, 1959, 1972). Una teoría o ley fracasarían esta prueba de fuego si no hay prueba o experimento que podría llevarse a cabo para probar que la teoría o ley es incorrecta. Popper creía que una teoría o ley nunca puede ser probada de manera concluyente, sin importar la extensión de las pruebas, datos o la experimentación. Sin embargo, las pruebas que ofrecen resultados que contradicen una teoría o ley pueden refutar concluyentemente la teoría o ley, o en algunos casos, son motivo para alterar la teoría o ley. Por lo tanto, una ley o teoría científica es concluyentemente falsificable aunque no es concluyente verificable (Carroll, 2003).

Aunque la visión popperiana de la ciencia es una opinión generalizada entre los científicos, es importante tener en cuenta que la Suprema Corte de Estados Unidos también ha tomado este punto de vista de la ciencia (*Daubert*, 1993, pág. 593). El Juez Blackmun, escribiendo para la mayoría, citó a Popper, señalando específicamente que una explicación científica o la teoría deben ser capaces de pruebas empíricas. El tema de la falsificación también se planteó durante la audiencia *Daubert* para la admisibilidad de las pruebas de impresiones latentes durante *U.S. vs. Mitchell* (13 de julio, 1999). (Para una explicación de las audiencias *Daubert*, véase el capítulo 13.)

### 14.2.2 Leyes y teorías científicas

Existe una gran confusión, incluso dentro de la comunidad científica, respecto a que los científicos primero hacer observaciones; luego se postulan una hipótesis; después de rigurosas pruebas, la hipótesis es aceptada, convirtiéndose así en una teoría; entonces la teoría, después de disfrutar de muchos años de éxito, sin ningún intento de ser refutadas, se acepta como una ley científica. Esta estructura jerárquica es un mito (McComas, 1996). "Schoolhouse Roca" (Frishberg y Yohe, 1975) describe una jerarquía similar a las iniciativas de ley en su viaje para convertirse en leyes. Est no sucede en la ciencia.

Las leyes y teorías científicas, aunque están relacionadas, representan diferentes conocimientos dentro de la ciencia. McComas declaró: "Las leyes son generalizaciones,

principios o patrones en la naturaleza y las teorías son las explicaciones de esas generalizaciones"

Las leyes científicas describen los principios generales, los patrones y los fenómenos en el universo. Las teorías científicas explican por qué ocurren estos principios generales, patrones y fenómenos. Los verbos asociados con las leyes y teorías hablan de la naturaleza de estos conceptos: las leyes científicas son descubiertas; las teorías científicas son inventadas (McComas, 1996).

Exactamente lo que define a una ley y exactamente lo que define a una teoría se cuestiona en la filosofía de la ciencia. De hecho, algunos filósofos de ciencia (Van Fraassen, 1989, pág. 180-181) creen que no existen leyes en absoluto. Sin embargo, la mayoría de los filósofos modernos de ciencia creen que las leyes existen y hay dos definiciones populares que compiten: *sistemas* y *universales* (Thornton, 2005).

La definición de una ley de acuerdo a sistemas, define una ley dentro de un sistema deductivo. Se dice que los axiomas permiten conclusiones deductivas. La fuerza de la ley está en la verdad de la afirmación generalizada y en su simplicidad. A modo de ejemplo, si "toda la piel con crestas de fricción humana es única", y yo soy un ser humano, entonces se puede deducir de la ley (si es verdadera) que mi piel crestas de fricción es única. Los casos de piel con crestas de fricción que no sea única, sería obviamente muestra de que la ley es falsa.

La definición de acuerdo a universales, define la ley como una relación o "necesidad contingente" entre universales (los universales pueden ser casi cualquier cosa). La expresión de tal ley sería similar a:

- Los humanos existen.
- La piel con crestas de fricción única existe.
- La ley es la relación de estas dos entidades: los humanos poseen piel con crestas de fricción únicas.

En cualquier caso, las leyes se pueden describir por las siguientes características (Hempel y Oppenheim, 1948; Zynda, 1994):

- Las leyes son universales.
- Las leyes tienen un alcance ilimitado.
- Las leyes no contienen designaciones de objetos individuales particulares.



- Las leyes contienen solamente predicados “puramente cualitativos”.

Las teorías, por otro lado, son explicaciones para leyes. Por ejemplo, Sir Isaac Newton descubrió la “ley de la gravedad”. Esta ley es universal, ilimitada, no sólo es aplicable a un objeto único, además es descriptiva y predictiva. Sin embargo, esta ley no explica cómo y por qué funciona la gravedad. Los científicos de la época de Newton proponían ondas de gravedad emitidas por los objetos, que atraen entre sí, que funcionan de modo similar al magnetismo. Las fuerzas de atracción de la gravedad comprenden la Teoría de la Gravedad. Más tarde, Albert Einstein encontró casos en los que la teoría no se sostenía (por ejemplo, cuando la luz se dobla hacia objetos enormes en el espacio). De acuerdo con la teoría aceptada del tiempo, las observaciones de Einstein no eran posibles. Einstein propuso una nueva y revolucionaria teoría de la gravedad para explicar este fenómeno. La nueva teoría de Einstein fue llamada la “Teoría General de la Relatividad” y describía curvaturas en la continuidad espacio-tiempo. Estas curvaturas se debían a objetos enormes ejerciendo su fuerza de gravedad sobre la continuidad espacio-tiempo, muy parecido a una bola de boliche colocada en una sábana estirada. La teoría que propuso Einstein no fue aceptada inicialmente, pero luego de años de pruebas y experimentos su teoría se ganó la aceptación.

Esta es la verdadera naturaleza de la ciencia. Las leyes se descubren. Las teorías se inventan para explicarlas. Las leyes y las teorías son probadas mediante experimentos, observaciones y pruebas de las hipótesis. Las hipótesis se tejen juntas en las teorías a medida que las teorías se modifican. Las teorías nunca se comprueban, sólo se ponen a prueba y se actualizan continuamente. Las teorías pueden ser aceptadas por cientos de años, pero con el advenimiento de la nueva tecnología, las teorías se someten a nuevas pruebas y rigores, y finalmente las teorías obsoletas o incompletas dan paso, o son absorbidas por nuevas teorías más maduras. La ciencia de la piel de crestas de fricción ha transitado exactamente esos caminos.

### 14.2.3 Leyes y teorías en la examinación de crestas de fricción

Si aceptamos la definición de que una ley científica es una descripción generalizada de los patrones y de los fenómenos de la naturaleza y una teoría científica es la explicación de dicha ley, entonces, ¿Qué teorías y leyes existen dentro de la disciplina de la ciencia de crestas de fricción?

Las dos leyes más básicas son:

- 1) La piel humana con crestas de fricción es única.

Cada individuo posee una disposición única de la piel crestas de fricción. En concreto, el orden de las crestas, las disposiciones robustas de las minucias dentro de los patrones de las crestas, y las formas y estructuras de las crestas se combinan para formar un diseño único de piel de crestas de fricción en las manos y los pies de cada individuo.

- 2) La piel humana con crestas de fricción es persistente (permanente) a lo largo de la vida de la persona.

Específicamente, lo que se entiende por persistencia es que la secuencia de las crestas y la disposición de las minucias robustas no cambian durante toda la vida de una persona. Esto no quiere decir que la piel con crestas de fricción no cambie con el tiempo. Lo hace. La piel con crestas de fricción se expande a medida que las personas crecen, pasando de la infancia hasta la edad adulta. Las células de la piel constantemente se desprenden. La subestructura de la piel cambia con el tiempo y la altura de las crestas disminuye (Chacko and Vaidya, 1968). El número de crestas incipientes visibles aumenta conforme envejecemos (Stücker et al., 2001). Líneas de expresión finas y arrugas proliferan a medida que envejecemos. Todos estos factores describen una piel de crestas de fricción dinámica y cambiante. Sin embargo, la disposición de las minucias y las secuencias de crestas son muy robustas y reproducibles. No hay evidencia que demuestre que los detalles de tercer nivel (por ejemplo, formas de crestas y ubicación de poros) sean persistentes; esto se explora más adelante en el capítulo (véase la sección 14.3.2.2).

La siguiente pregunta de interés es, ¿Son estas leyes científicas? Según Popper, para satisfacer los criterios de las leyes científicas, éstas deben ser falseables. Es evidente que ambas leyes son fácilmente falseables. Uno debe simplemente encontrar casos en los que diferentes individuos tengan piel de crestas de fricción indistinguibles o casos en los que se observe que la disposición de las crestas en la piel de crestas de fricción cambie naturalmente con el tiempo (siempre que no haya una lesión o trauma, por supuesto). Sin embargo, en la historia de esta disciplina, no se han demostrado tales casos.

Supongamos que una persona, en el mundo entero, en realidad tenía una huella digital conincidía con la huella digital de otra persona. Obviamente, la comunidad forense se sorprendería, y la verdad de la ley sería cuestionada; pero en una visión puramente popperiana (Thornton, 2005):

Ninguna observación está exenta de la posibilidad de errores, en consecuencia, podemos preguntarnos si nuestro resultado experimental era lo que parecía ser. Así, mientras que se aboga por la falsificabilidad como criterio de demarcación de la ciencia, Popper permite explícitamente el hecho de que en la práctica un solo conflicto o ejemplo contrario nunca es suficiente, metodológicamente, para falsificar una teoría [o ley], y que las teorías científicas [o leyes] a menudo se conservan a pesar de que mucha de la evidencia disponible conflictúa con ellos, o sea anómala con respecto a ellos.

Por lo tanto, Popper defendió constantes pruebas para refutar una teoría o ley. Una sola instancia de falsificabilidad debe generar pruebas adicionales.

Existen teorías fundamentales que explican las dos leyes de la unicidad y persistencia. La unicidad se explica mediante variaciones biológicas (influencias genéticas y tensiones localizadas al azar) en el feto en desarrollo. La persistencia se mantiene por las formaciones subestructurales de la piel en desarrollo (hemidesmosomas, papilas, y capa basal).

Estas son las teorías que explican las leyes. Estas teorías tienen evidencia empírica y pruebas que las sustentan, pero no demuestran concluyentemente. Se puede aprender información adicional que hará que estas teorías se ajusten e incorporen nuevas información. Así, la ciencia evoluciona y es dinámica.

### 14.2.4 Prueba de hipótesis

Las teorías y las leyes son comúnmente puestas a prueba mediante la examinación de hipótesis. Los resultados de poner a prueba las hipótesis pueden apoyar o refutar una teoría o ley. En algunos casos, los resultados requerirán modificaciones que deban hacerse a una ley o teoría, que a su vez conduce a nuevas hipótesis para poner a prueba bajo la ley nueva o modificada.

Aunque no hay fórmulas ni recetas rigurosas para probar las hipótesis y el diseño de los experimentos (ni debe haber), se puede describir un modelo genérico para la prueba de hipótesis. A los pasos de este modelo se les llama a menudo “método científico”. Huber y Headrick (1999) observaron que el término método científico es un nombre inapropiado. Afirmaron que el método científico se deriva de la epistemología (el estudio del conocimiento y de las creencias justificadas, según la *Enciclopedia de Stanford de Filosofía*). Francis Bacon definió un enfoque básico del método científico resumido en cuatro pasos: (1) observar, (2) medir, (3) explicar, y (4) verificar (Huber y Headrick, 1999). Esta descripción en los tiempos modernos se ha modificado en un modelo de prueba de hipótesis. Los pasos básicos del modelo de prueba de hipótesis se han descrito como:<sup>1</sup>

- Observación
- Formulación de hipótesis
- Experimentación
- Análisis de la información y conclusión
- Reproducibilidad
- Comunicación de resultados.

El investigador primero debe hacer una observación específica o notar un problema general o interrogante. Luego, se formula una hipótesis (comúnmente llamada “hipótesis nula”). La hipótesis es comprobable y falsificable. También se formula una contra hipótesis. Se diseña un experimento apropiado para probar la hipótesis específica. Se recopila información del experimento. Esta información puede ser cualitativa o cuantitativa. Se evalúa la información, a menudo estadísticamente (aunque eso no es un requisito), y se sacan conclusiones respecto a si se acepta la hipótesis o se rechaza y se acepta la hipótesis nula. Los resultados del experimento deben ser reproducibles por otro científico siguiendo la metodología. Por último, los resultados deben ser comunicados a los demás. Esto es importante no sólo para compartir el conocimiento, sino también para su revisión paritaria y análisis crítico.

<sup>1</sup> Este modelo básico se puede encontrar en la mayoría de los textos de ciencia colegiada básica en diferentes formas.



### 14.2.5 Metodología y teoría de comparación

Como una extensión de la ley que dice que la piel con crestas de fricción es única, si durante la deposición de una huella latente, los detalles de la piel de crestas de fricción se registran suficientemente sobre una superficie mediante los residuos en la piel con crestas de fricción, *entonces teóricamente la imagen de la huella latente se puede individualizar con la piel de crestas de fricción original.*

Esto es a lo que Hempel y Oppenheim (1948) se refieren como una teoría derivada (en oposición a una teoría fundamental). La teoría derivada permite la aplicación del principio a los objetos o personas específicas que estarían prohibidas por las exigencias de universalidad y generalidad de una ley o teoría fundamental. Sin embargo, la teoría de que las huellas latentes pueden ser atribuidas a una fuente única de piel de crestas de fricción plantea algunas preguntas que son difíciles de responder.

Incluso si la piel crestas de fricción es única al nivel de células y unidades de las crestas, este problema es secundario a si una huella latente (que no contendrá toda la información de la piel fuente) puede ser atribuida correctamente a su fuente. ¿Cuánta información debe ser transferida para que el examinador pueda individualizar de manera confiable la huella latente? ¿Qué sucede con la confiabilidad de los datos cuando se somete a distorsiones? ¿Qué tolerancias son aceptables respecto a las distorsiones y la flexibilidad de la piel?

En última instancia, la huella latente se comparará con una fuente (a través de reproducciones estándar conocidas) por un experto. La metodología de comparación generalmente aceptada en los Estados Unidos es la metodología ACE-V. Este es un acrónimo de análisis, comparación, evaluación y verificación. Las etapas de la metodología de ACE-V se definen como: *análisis*—valoración de la cantidad y calidad del detalle de crestas presente en una impresión; *comparación*—una comparación frente a frente de las dos impresiones; *evaluación*—el proceso de decisión para declarar una individualización, exclusión u opinión no concluyente; *verificación*—verificación del resultado por parte de otro examinador competente. Huber describió el proceso de ACE inicialmente como un proceso lógico y metodológico para la comparación de evidencia grafológica (Huber, 1959). (Para mayor información acerca ACE-V, vea el capítulo 9.)

Se ha dicho en otra parte que la “metodología” ACE-V no es una metodología en ningún sentido real y se asemeja más a un “protocolo” (Champod et al., 2004). Una metodología

abarcaría normalmente pasos muy explícitos, instrucciones, criterios y un modelo de decisión transparente. Esto no se ha logrado. El protocolo de ACE-V, sin embargo, sirve como un modelo apropiado y descriptivo para llevar a cabo cualquier tipo de examen comparativo forense, a través del cual, la evidencia de una fuente desconocida se compara con ejemplares apropiados conocidos para llegar a una opinión con respecto a la fuente de las pruebas. Como tal protocolo, ofrece buenas sugerencias para los exámenes forenses generales, tales como (1) el análisis de lo desconocido debe hacerse por separado, antes de la comparación con el ejemplar conocido, y (2) debe haber verificación de la conclusión y revisión paritaria del razonamiento utilizado para llegar dicha conclusión.

Wertheim sugirió que ACE-V es análogo al método científico (Wertheim, 2000, pág. 1-8). Huber y Headrick hicieron una analogía similar para el proceso de ACE con respecto a las comparaciones grafológicas (Huber y Headrick, 1999, pág. 351-355). El análisis es la evaluación (observación) que una huella latente cuenta con detalle suficiente para una comparación. Una hipótesis se forma: la huella latente se originó a partir del individuo A; una hipótesis nula se forma: la huella latente no se originó a partir del individuo A. Las imágenes se comparan y se encuentra si coinciden o no (experimentación). Con base en el grado de coincidencia (información), se concluye que hay pruebas suficientes durante la etapa de evaluación para individualizar o excluir (apoyar o rechazar la hipótesis como una conclusión). El proceso es entonces verificado por otro experto durante la verificación (reproducibilidad).

Como Hughes (1998, pág. 611-615) señaló, la práctica de examinación de crestas de fricción es una ciencia aplicada. La disciplina toma prestado de otras ciencias para apoyar y justificar la práctica de la comparación de imágenes de crestas de fricción, por medio de una metodología de comparación específica.

## 14.3 La Investigación Científica Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción

### 14.3.1 La piel con crestas de fricción es única

Con el fin de demostrar que el axioma de la piel de crestas de fricción única es verdad, sería necesario examinar todas

las áreas de la piel de crestas de fricción existentes en el planeta (así como toda la piel de las generaciones pasadas y futuras). Obviamente, esto no será posible jamás. Por lo tanto, para apoyar esta premisa, la disciplina se enfoca en tres áreas de apoyo:

- Observaciones empíricas y evidencia
- La teoría de la formación de la piel de crestas de fricción (la formación biológica)
- Los modelos de individualidad de las huellas dactilares basadas en probabilidad y estadística.

**14.3.1.1 Observaciones.** La evidencia empírica, por muchos años fue vista generalmente por la disciplina como la *pièce de résistance* de la evidencia por la afirmación de que la piel crestas de fricción es única. Un experto podría anticipar que en juicio y durante un interrogatorio exhaustivo se le va a preguntar: “Bueno, ¿cómo sabe que no hay dos huellas dactilares iguales?” Naturalmente, la respuesta típica fue: “Debido a que en toda la historia de las huellas dactilares, y a pesar de los miles de millones de comparaciones a nivel mundial, no se han encontrado dos huellas dactilares idénticas, proviniendo de diferentes fuentes, y esto incluye a gemelos idénticos.”

Aunque este hecho es importante y no se debe descartar, no satisface el argumento y no prueba que la impresión dactilar particular de una persona no tiene un igual coincidente en algún lugar del planeta. Todo lo que se puede inferir de este hecho es que, actualmente, no se han encontrado dos personas que tengan huellas digitales iguales. Yendo un paso más allá, no satisface que una huella latente en particular, con la suficiente distorsión y baja claridad, pueda equivocadamente creerse que proviene de una fuente diferente, dado que la fuente falsa era muy similar en apariencia a la verdadera fuente. Los examinadores de huellas latentes deben ser cuidadosos en cuanto a confiar sólo en evidencia empírica para apoyar la unicidad de la piel de crestas de fricción. Además, el número de comparaciones reales que se han realizado, en comparación con el número total disponible de comparaciones posibles (es decir, la piel de crestas de fricción de cada ser humano, frente a la piel de crestas de fricción de cualquier otro ser humano), es sólo una fracción, la más pequeña (cf. por inferencia, “The Snowflake Paradigm” de Thornton, 1986). Por lo tanto, teniendo en cuenta lo que sin duda sería una probabilidad excepcionalmente pequeña (es decir, lograr que coincidan las huellas dactilares de dos personas

diferentes), se tendría que hacer una imposible cantidad de comparaciones para siquiera tener una oportunidad realista de encontrar tal coincidencia en la población. Así que, incluso si las huellas dactilares coincidentes existieran en la población, la posibilidad de descubrirlas es simplemente demasiado remota.

La literatura carece de la investigación que se llevó a cabo específicamente para demostrar que no hay dos áreas de la piel de crestas de fricción que sean iguales. La ausencia de un estudio de este tipo se debe a (1) como se ha discutido previamente, su imposibilidad, y (2) a la dependencia constante de la profesión en su experiencia y casos de estudio colectivos para demostrar el punto. Además, se podría argumentar que, hasta que los *U.S. vs. Mitchell* (1999), los argumentos y validez de los exámenes de la piel de crestas de fricción no habían sido seriamente cuestionados o escrutados; por lo tanto, no ha existido el impulso de probar científicamente la ley, bajo los rigores de la ciencia actual.

Aún así, aunque no hay (ni puede haber) manera definitiva para demostrar que toda la piel de crestas de fricción es única, existe evidencia empírica que apoya el argumento. La evidencia de “parecidos” (como las no coincidencias cercanas, que son impresiones de piel de crestas de fricción de dos fuentes diferentes que son muy similares en apariencia) (IEEGFI-II, 2004, pág. 13) ha sido de gran ayuda. La evidencia de parecidos se puede encontrar en la investigación de gemelos monocigóticos y dos estudios del Sistema Automatizado de Identificación de Huellas Dactilares (AFIS).

**Los estudios de gemelos monocigóticos.** Si uno quisiera encontrar áreas de de piel de crestas de fricción coincidentes que provengan de dos individuos diferentes, parecería que la población de los gemelos monocigóticos sería un buen lugar para iniciar la búsqueda. Galton (2005, pág. 185-187, publicado originalmente en 1892) exploró por primera vez esta avenida. Él encontró similitudes en los patrones, pero las minucias eran diferentes. Del mismo modo, otros investigadores, al explorar los aspectos hereditarios de las huellas dactilares, han examinado las huellas de gemelos monocigóticos. Cummins y Midlo (1943, pág. 210-245) resumen el trabajo de Wilder, Grüneberg, Bonnevie, y Newman. Estos investigadores investigaron todas las similitudes de las huellas dactilares entre gemelos monocigóticos. Sus resultados resultan iguales a las conclusiones de Galton.



Okajima (1967, pág. 660-673) encontró una correlación más alta para el número de minucias presentes entre las huellas dactilares de gemelos idénticos que en el número de minucias presentes entre las huellas dactilares de mellizos. Lin y algunos colegas (1982, pág. 290-304) investigaron más a fondo esta relación. Examinaron las correlaciones para el patrón de huella digital, recuento de crestas y posicionamiento de minucias para 196 pares de gemelos (incluyendo tanto a gemelos idénticos como mellizos). Se encontró que las correlaciones siguieron la tendencia (en orden de correlación descendiente): gemelos idénticos, mellizos, hermanos y por último, individuos no relacionados. Su trabajo se pareció mucho a aquel de investigadores anteriores señalados por Cummins y Midlo (1943, pág. 235-245). Lin y sus colegas (1982) llegaron a la conclusión de que "aunque las huellas digitales [de los gemelos idénticos] pueden tener un alto grado de similitud. . . hay diferencias en la distribución las minucias que todavía permiten su diferenciación" (Lin et al., 1982, pág. 304).

En tiempos más recientes, German (*U.S. vs. Mitchell*, 8 de julio de 1999, pág. 2-56), en preparación para una audiencia *Daubert*, realizaron análisis similares a Lin y colegas (1982) con una base de datos de huellas dactilares de 500 pares de gemelos (incluyendo tanto a gemelos idénticos como mellizos). Una vez más, se observaron similitudes en los patrones, conteo de crestas y ubicación de las minucias entre gemelos idénticos, pero las huellas todavía eran diferenciables. German señaló además que, incluso en las áreas más pequeñas de coincidencias (grupos de dos o tres minucias ubicadas en posiciones similares), podría diferenciar las impresiones basándose en detalles de tercer nivel (es decir, las formas de las crestas y ubicación de los poros). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el trabajo de German no fue publicado. Por lo tanto, no pasó por revisión paritaria y sólo se puede encontrar en el testimonio durante la audiencia *Daubert* en el caso *Mitchell*.

Por otra parte, a diferencia de Lin y sus colegas (1982), el estudio de German no se llevó a cabo con una hipótesis bien definida para comprobar, los métodos para comprobar las hipótesis no estaban claros antes de comenzar el trabajo y no está claro qué parámetros fueron utilizados para determinar la fuerza de las similitudes y diferencias al comparar impresiones de gemelos monocigóticos empatadas.

Srihari y sus colegas también llevaron a cabo un amplio estudio sobre huellas dactilares en gemelos (Srihari et al., 2008). Se utilizaron 298 pares de gemelos y 3 grupos de trillizos. Los investigadores utilizaron un algoritmo de

identificación automática de huellas dactilares basado en minucias para calcular las puntuaciones de la comparación. Los investigadores compararon cada gemelo idéntico con su gemelo relacionado. También compararon las puntuaciones entre las huellas dactilares de gemelos y las huellas dactilares de gemelos no relacionados con gemelos huellas dactilares, mellizas y no gemelos. Al comparar la distribución de los resultados producidos, los investigadores encontraron que los pares de gemelos tienen más similitudes de detalles de nivel 1 y nivel 2 que la población general, pero siguen siendo discernibles.

Todos los estudios anteriores con gemelos trataban exclusivamente de ejemplares conocidos de piel de crestas de fricción. Lo que falta de la literatura es si un examinador correctamente puede atribuir una impresión latente a la piel de crestas de fricción fuente correcta, cuando gemelos idénticos han depositado huellas latentes. La única información de esta naturaleza puede encontrarse en el Collaborative Testing Services (CTS) de 1995, examen de aptitud del examinador de huellas latentes (CTS, 1995; Grieve, 1996, pág. 521-528). Este examen de aptitud CTS en particular, incluyó una impresión sangrienta de un individuo cuyos ejemplares de huellas dactilares no fueron proporcionados para la prueba de aptitud. En cambio, se proporcionaron los ejemplares de huellas dactilares del gemelo idéntico del donante, que no originaron la impresión sangrienta. Aproximadamente uno de cada cinco participantes en esta prueba de aptitud erróneamente individualizaron la impresión con la fuente incorrecta.

**Datos empíricos.** No se sabe exactamente qué individuo o cultura reconoció por primera vez la individualidad de las huellas dactilares. Desde el antiguo Medio Oriente hasta la antigua China, se encuentra evidencia de que estas culturas tenían conciencia de la unicidad de las huellas dactilares. (Para ver una escala de tiempo respecto a la ciencia de huellas dactilares, consulte el capítulo 1.) No fue sino hasta 1788 que el Dr. J.C.A. Mayer registró:

Aunque la disposición de las crestas de la piel nunca se duplica en dos personas, las similitudes son más estrechas entre algunos individuos. En otros, las diferencias están marcadas, pero a pesar de sus peculiaridades en la disposición, todos tienen una cierta semejanza. (Cummins y Midlo, 1943, pág. 13).

Mayer es considerado como el primer individuo en registrar la afirmación de que la piel con crestas de fricción es única.

Muchos otros pioneros que investigaron este fenómeno siguieron, incluyendo a Sir William Herschel y al Dr. Henry Faulds. Sin embargo, ni Herschel ni Faulds publicaron datos concretos de apoyo a sus teorías. En su carta de 1880 a *Nature* (Faulds, 1880, pág. 605), Faulds reportó varias conclusiones, entre ellas la “identidad absoluta” de los criminales a partir de impresiones latentes en la escena del crimen. Sin embargo, Faulds nunca proporcionó información para su argumento, indicando solamente que examinó una “gran cantidad de la impresiones naturales” tomadas de individuos en Japón. Sus escritos posteriores (Faulds, 1911) se refieren a su examen de “muchos miles de dedos vivos”.

En 1970, la Asociación Internacional para la Identificación (IAI) organizó un comité conocido como el comité de estandarización. La principal tarea del dicho comité era “determinar un número mínimo de minucias en las características de las crestas de fricción que debe estar presentes en dos impresiones, con el fin de establecer una identificación positiva” (McCann, 1971, pág. 10). Durante 3 años, el comité abordó esta cuestión, y en 1973, el Comité de Normalización llegó a un consenso: “No existe fundamento válido en este momento para requerir que un número predeterminado mínimo de características en las crestas de fricción deba existir en dos impresiones con el fin de establecer una identificación positiva. La referencia anterior a las características de las crestas de fricción se aplica igualmente a las huellas dactilares, huellas palmares, las impresiones de los dedos de los pies e impresiones únicas del cuerpo humano” (McCann, 1973, pág. 13). A esta conclusión se llegó a través de entrevistas con profesionales en la materia, revisión de la literatura, encuestas enviadas a varias oficinas de identificación internacional y la opinión generalmente aceptada de la profesión. Es importante señalar que durante las entrevistas y encuestas, ningún organismo reportó conocimiento de caso alguno en el que se encontraran dos individuos con huellas digitales coincidentes, así como tampoco coincidencias en ninguna otra área de la piel de crestas de fricción (Moenssens, 2006).

En cuanto a los estudios empíricos concretos, dos son notables. El experto en huellas dactilares Stephen Meagher (*US vs. Mitchell*, 8 de julio de 1999, pág. 56-229,

<sup>2</sup> Sin embargo, debe notarse que (y esta inquietud se mencionó durante testimonio en el caso *Mitchell*) de que los sondeos no siempre alcanzan a los participantes que se pretende. En algunos estados, los sondeos se enviaron a la División de Servicios de Información de Justicia Penal, en lugar de a la unidad de impresiones latentes. Por lo tanto, la distribución de sondeos puede no haber estado adecuadamente controlada.

9 de julio 1999, pág. 2-31), en preparación para una audiencia Daubert, llevó a cabo una encuesta. Envío imágenes de dos huellas latentes (las imágenes que se habían identificado con el acusado en este caso) a todos los 50 laboratorios estatales.<sup>2</sup> Se pidió a todas las dependencias que buscaran dichas huellas latentes en sus bases de datos AFIS locales. Sólo una dependencia reportó haberlas identificado: Pensilvania, que es el estado en el que el acusado había sido detenido. Eaton (2005, 2006) informó resultados similares en un estudio piloto que no se publicó. Una sola huella latente de presilla común con 12 minucias, y una segunda imagen de la misma impresión, recortadas para mostrar sólo 8 minucias, fueron enviados a 50 dependencias (en 9 países). Estas dependencias buscaron las imágenes en sus bases de datos AFIS. La única dependencia que reportó una individualización fue la Western Identification Network, que fue la única dependencia que mantenía una copia de la tarjeta de impresión decadactilar civil del donante de la impresión latente en este experimento. Aunque ninguno de estos resultados ofrece prueba sustancial de que toda la piel con crestas de fricción es única, es importante notar que luego de comparar estas impresiones latentes con cientos de millones de huellas dactilares combinadas con las bases de datos de AFIS, ninguna dependencia reportó coincidencia con ningún otro que con la fuente conocida correcta. En efecto, Meagher e Eaton no fueron capaces de falsificar la individualidad de las huellas dactilares en estas notables, pero limitadas instancias.

**14.3.1.2 Bases biológicas.** Sobre la base de una comprensión holística y cualitativa de los procesos morfogénicos de la formación de la piel de crestas de fricción, los examinadores de huellas latentes han apoyado predominantemente la declaración: la naturaleza nunca se repite (McRoberts, 1996; Thornton, 1986). Esta posición ha seguido estando respaldada por la opinión de numerosos biólogos, zoólogos, y anatomistas que han explorado el modelo ofrecido por la formación de la piel cresta de fricción (Wilder y Wentworth, 1918, 1932; Cummins y Midlo, 1943; Hale, 1952; Okajima, 1967; Misumi y Akiyoshi, 1984; Montagna y Parakkal, 1974; Montagna et al., 1992; Babler, 1978, 1990, 1991).

Los primeros autores se referían generalmente sólo a la variabilidad de las minucias, y por lo tanto se daba un enfoque probabilístico de la individualidad de las huellas dactilares, como evidencia de la unicidad de la piel de crestas de fricción (Galton, 2005, pág. 100-113; Wilder y Wentworth, 1932, pág. 309-328). Cummins (2000, pág. 79-90) y Hale (1952, pág. 147-173) reconocieron que la



variabilidad en las formaciones de minucias y apariencia, eran atribuibles a tensiones mecánicas aleatorias durante la formación de las crestas de fricción. Los patrones de la piel de crestas de fricción y la disposición de las minucias, junto con la variabilidad en las formaciones de borde (Chatterjee, 1962), ubicación de los poros (Locard, 1912; Faulds, 1912, pág. 29-39), así como ancho y alto de las crestas (Cummins et al., 1941; Ashbaugh, 1999, pág. 61-65), proporcionan una paleta aparentemente infinita de variaciones, incluso en las regiones más pequeñas. Montagna y colegas en general han señalado que la piel (piel con y sin crestas de fricción) difiere de un individuo a otro y no se repite en ninguna otra región de cada individuo. (Montagna y Parakkal, 1974; Montagna et al., 1992). Montagna y sus colegas señalaron en sus observaciones y estudio de la piel con crestas de fricción y sin crestas de fricción:

Las superficies palmares y plantares están compuestas por crestas y surcos continuos y discontinuos; los detalles de estas marcas y sus configuraciones se conocen colectivamente como dermatoglia. Cada zona tiene variaciones estructurales regionales e individuales únicas, que no coinciden en ningún otro lugar, ni en el mismo o en cualquier otro individuo. (Montagna et al., 1992, pág. 8).

El modelo biológico para la morfogénesis de la piel de crestas de fricción apoya el punto de vista de la unicidad de la piel de crestas de fricción. Aunque no necesariamente proporciona evidencia concreta para poner a prueba el carácter único de la piel crestas de fricción, la teoría explica por qué la ley se cumple.

La base biológica para la formación del pliegue de flexión ha sido estudiada por varios investigadores (Kimura y Kitigawa, 1986, 1988; Popich y Smith, 1970). Con respecto al estudio de las características palmares, se han reportado frecuencias empíricas por Tietze y Witthuhn (2001). Ellos informaron frecuencias de pliegues, flujo de crestas, patrones y otras formaciones distintas de 35.000 pares de impresiones palmares. Aunque estas observaciones no muestran "unicidad" de características palmares, estos datos son útiles para evaluar la rareza de estas características.

**14.3.1.3 Modelos de probabilidad para la individualidad de la huella dactilar.** Aunque muchos pioneros registraron sus observaciones empíricas, fue Sir Francis Galton quien desarrolló el primer modelo de probabilidad para la individualidad, como resultado de su análisis sistemático

y el estudio de las huellas dactilares. A partir del modelo de Galton en 1892 hasta el presente, ha habido aproximadamente dos docenas de modelos, cada uno con mejoras o refinamiento de aspectos de los modelos anteriores.

En esta sección se hará un resumen de la investigación significativa y los modelos disponibles. Los resúmenes dados son muy básicos y breves. En otros lugares se han entregado excelentes resúmenes, discusiones y críticas de estos modelos, incluyendo las suposiciones, limitaciones y fortalezas de cada uno (ver Stoney and Thornton, 1986a, pág. 1187-1213; Stoney, 2001, pág. 327-387; Pankanti et al., 2001, pág. 805-812).

*El modelo de Galton (1892)* (Galton, 2005, pág. 100-113). Aunque Galton inventó el primer modelo de probabilidad para la individualidad de las huellas digitales, era muy primitivo. Mediante el uso de ampliaciones de huellas dactilares, Galton dejaba caer cuadrados de papel de tamaño aleatoriamente variable sobre las ampliaciones. Luego intentó predecir si los pedazos de papel cubrían las minucias. Galton construyó su modelo de acuerdo a su capacidad para predecir la incidencia de minucias, dependiendo de la configuración de las crestas circundantes. Él no basó su modelo en las frecuencias y distribuciones reales de minucias. Además, utilizó factores poco realistas para estimar la probabilidad de diferentes tipos de patrones y el número de crestas en una región particular de la impresión. A partir de estos cálculos, llegó a la probabilidad de encontrar cualquier disposición de minucias en una huella digital para ser  $1,45 \times 10^{-11}$  (es decir, 1 de cada 68 mil millones).

*El modelo Henry (1900)* (Henry, 1900, pág. 54-58). El segundo modelo, propuesto por Sir Edward Henry, era una desviación drástica desde el enfoque de Galton. Henry propuso que cada minucia fuera un evento independiente e idénticamente distribuido (cada aparición de minucias tiene la misma probabilidad y no depende o está influenciado por cualquier otra minucia). La probabilidad de un evento de minucias era de  $1/4$  (.25). La probabilidad de encontrar 12 minucias coincidentes era entonces  $(1/4)^{12} = 6 \times 10^{-8}$  (es decir, aproximadamente 1 en 17 millones). Para reconocer el tipo de patrón, de acuerdo con el modelo de Henry, el tipo de patrón es equivalente a dos minucias más (multiplican los resultados anteriores de las minucias por  $1/16$ ). Por lo tanto, si se tiene una impresión de verticilo con 12 minucias, la probabilidad de encontrar una impresión de verticilo con 12 minucias coincidentes es  $(1/4)^{14}$  or  $4 \times 10^{-9}$  (es decir, aproximadamente 1 en 270 millones).

**El modelo Balthazard (1911)** (Balthazard, 1911, pág. 1862-1864). Utilizando el enfoque de Henry, el Dr. Victor Balthazard (un médico forense francés) también utilizó la probabilidad de un evento de minucias igual a 1/4, pero mientras que Henry era arbitrario, Balthazard basó su uso de 1/4 en si una bifurcación o final de la cresta apuntaba hacia la izquierda o hacia la derecha. Propuso que cada una de estas cuatro posibilidades (bifurcación hacia la izquierda o derecha, final de la cresta hacia la izquierda o derecha) tiene la misma probabilidad de ocurrir, por lo que llegó a una probabilidad de 1/4 para un evento de minucias. Su modelo no incluía un factor para tipo de patrón. Luego razonó que, a fin de que su modelo satisficiera la expectativa de que una sola persona en el planeta tenga una configuración que coincida con la impresión, se necesitaría hallar 17 minucias coincidentes. Por su modelo, encontrar 17 minucias coincidentes tenía una probabilidad de  $(1/4)^{17} = 6 \times 10^{-11}$  (es decir, 1 de cada 17 mil millones). También reconoció que si uno estaba seguro de que si el donante se limita a una determinada región geográfica, entonces se podrá establecer una identidad positiva con un menor número de minucias (por ejemplo, 10 a 12 minucias). En efecto, Balthazard propuso el primer umbral de "punto mínimo".

**El modelo Locard (1914)** (Locard, 1914, pág. 526-548; Champod, 1995, pág. 136-163). El modelo Locard no es un modelo estadístico, sino más bien una opinión pragmática derivada de los modelos estadísticos de la época del Dr. Edmond Locard. Locard estableció su regla tripartita:

- 1) Si se presentan más de 12 detalles coincidentes y la huella dactilar es muy clara, entonces la certeza de identidad es clara.
- 2) Si se encuentran de 8 a 12 minucias coincidentes, entonces se tratará de una identificación marginal y la certeza de identidad dependerá de:
  - a. La calidad (claridad) de la huella dactilar
  - b. La rareza del tipo de minucia
  - c. La presencia de un centro y un delta en un área clara de la huella,
  - d. La presencia de poros y
  - e. La perfecta concordancia en el ancho de las crestas y surcos, la orientación de las crestas y el valor angular de la bifurcación.
- 3) Si un número limitado de rasgos característicos están presentes, la huella digital no puede proporcionar la

certeza de una identificación, pero sólo una presunción proporcional al número de puntos disponibles y su claridad.

En el caso de las partes 1 y 2 de la norma, la identificación positiva puede establecerse luego de una discusión del caso por parte de al menos dos examinadores idóneos y experimentados. Locard llegó a estas conclusiones en base a su propia experiencia y observaciones y las obras de Galton, Balthazard y Ramos.<sup>3</sup> La parte 3 de la regla, como señaló Champod (1995, pág. 136-150), altamente sugiere un enfoque probabilístico en torno a las evidencia de huellas dactilares y las conclusiones.

**El modelo de Bose (1917)** (Roxburgh, 1933, pág. 189-214). Rai Sahib Hem Chandra Bose utilizó el modelo de Henry y también utilizó una probabilidad de 1/4 para un evento de minucias; sin embargo, lo hizo basándose en una mala suposición. Eligió 1/4 como una probabilidad en la base de su argumento de que hay cuatro tipos de eventos de minucias, todas con la misma probabilidad de ocurrir: un punto, una bifurcación, un final de cresta o una cresta continua. Claramente, hay muchos más eventos de crestas continuas que minucias, y ciertamente más finales de crestas y bifurcaciones que puntos distribuidos en una huella dactilar típica.

**El modelo Wilder y Wentworth (1918)** (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 319-322). El Dr. Harris Wilder y Bert Wentworth también utilizaron el modelo Henry, pero en lugar de una probabilidad asumida de incidencia de minucias de 1/4, utilizaron 1/50. A manera de justificación se dijo solo lo siguiente:

No disponemos de datos definidos para conocer el porcentaje de incidencia de [minucias en un patrón específico]... De hecho, es absurdo utilizarlo en cualquier proporción cercana a 4 en 1, por el porcentaje de incidencia de cualquiera de estos detalles; sería más bien 1 en 50, o 1 en 100. . . (Wilder y Wentworth, 1918, pág. 321).

<sup>3</sup> Galdino Ramos. *De Identificação*, Río de Janeiro, 1906. Locard (1914) hace referencia el trabajo de Ramos, afirmando que Ramos calcula que se necesitarían 4.660.337 siglos antes de que dos personas nacieron con las mismas huellas digitales. Locard, sin embargo, fuertemente en desacuerdo con los cálculos de Ramos, afirmando que estaban en error porque Ramos utiliza un número incorrecto de las minucias de la huella digital como su base para los cálculos. Locard no indicó cómo Ramos calcula sus valores, por lo que no se puede saber si Ramos sobreestimado o subestimado en sus cálculos.



El modelo Galton sólo reconocía y utilizaba aproximadamente 35 minucias en el “bulbo” del dedo (es decir, en la porción central de la punta del dedo) (Galton, 2005, pág. 97-98). Wilder y Wentworth (como hizo Balthazard) reconocieron que hay “entre 60 y 100 detalles separados” en una huella dactilar completa (Wilder y Wentworth, 1932, pág. 319).

**El modelo de Pearson (1930)** (Pearson, 1930, pág. 182). Karl Pearson, un matemático y estadístico eminente del siglo 19 (famoso por sus muchas contribuciones en el campo de la estadística, incluyendo la famosa prueba de chi-cuadrado), no creó un modelo de huella digital en sí. Más bien, al escribir la biografía de su buen amigo y colega Sir Francis Galton, Pearson criticó el modelo de Galton. Pearson sugirió que una estimación más adecuada de la probabilidad de un evento de minucias era 1/36 en lugar de 1/2 como había utilizado Galton.

**El modelo Roxburgh (1933)** (Roxburgh, 1933, pág. 189-214). El modelo de T.J.Y. Roxburgh incorporó varios conceptos innovadores. En primer lugar, incluyó un factor para el número de crestas que intervienen desde un punto característico al origen, utilizando un sistema de coordenadas polar. Todos los modelos anteriores (y posteriores) usaban áreas rectangulares o sistemas de coordenadas cartesianas. En segundo lugar, Roxburgh incluyó un factor de claridad, reconociendo que la claridad puede ser baja debido a manchas o borrones, y a veces el tipo de minucias presentes en una impresión puede ser ambiguo. El factor, denominado “Q” de calidad, está permitido para el ajuste de probabilidades basado en la calidad de un punto característico. El modelo Roxburgh también incorporó factores para el tipo de patrón y el tipo de minucia característica (este último similar al modelo Balthazard).

Roxburgh también proporcionó una tabla de probabilidades para hacer coincidir las impresiones latentes de la escena del crimen como una medida de la probabilidad de encontrar esa disposición de minucias. La tabla que dice probabilidades de 1 a 35 minucias coincidentes para 4 clases de claridad: “ideal”, “bueno”, “pobre” y “peor”. Partiendo de estos cálculos, se proporciona una segunda tabla (Tabla 14-1) para el número mínimo de puntos minucias necesarias para declarar una identificación positiva entre una impresión latente<sup>4</sup> de la escena del crimen y un ejemplar

conocido. Roxburgh incluyó un factor de error, con límites superiores e inferiores de margen de error de 1/500,000 (si la designación del dedo es desconocido) y 1/50,000, respectivamente. Roxburgh escribió:

Tomando el valor de 1/50.000 como el margen de seguridad, vemos entonces que con una impresión promedio buena, de 8 a 9 puntos son suficientes para la seguridad; para una impresión pobre promedio, se requieren de 9 a 10 puntos; y para una impresión pobre 11 puntos; y para una impresión muy pobre, que no muestre la forma y ni el centro, de 15 a 16 puntos. Para una muy buena impresión (casi una impresión ideal), de 7 a 8 puntos serían suficientes. (Roxburgh, 1933, pág. 212).

Roxburgh esencialmente calculó los umbrales mínimos basado en una examinación cuantitativa-cualitativa.

**El modelo Cummins and Midlo (1943)** (Cummins and Midlo, 1943, pág. 147-155). El modelo utilizado por el Dr. Harold Cummins y el Dr. Charles Midlo es idéntico al modelo Wilder y Wentworth, con la excepción de un factor para el tipo de patrón. Ellos razonaron que la probabilidad de obtener el patrón más común de huellas digitales (una presilla ulnar) con número de crestas similar (basado en 11 crestas) era 1/31. Por lo tanto, como un límite superior, este factor se multiplica con la probabilidad de una disposición de minucias.

**El modelo Amy (1946-1948)** (Amy, 1946a, pág. 80-87; 1946b, 188-195; 1948, pág. 96-101). Lucien Amy desarrolló un modelo que incorpora dos factores esenciales de la individualidad: el número y posición de las minucias y su tipo. Amy primero derivó información para el tipo de minucias a partir de la observación de la frecuencia de incidencia en 100 huellas dactilares. Todos los modelos anteriores, ya sean frecuencias asignadas arbitrariamente o frecuencias iguales adquiridas. Amy utilizó los criterios de Balthazard de bifurcación a la izquierda o la derecha y final de la cresta hacia la izquierda o hacia la derecha, pero encontró que este tipo de minucias particulares no se distribuyen de manera uniforme. A partir de estas distribuciones, Amy calculó un factor para el tipo de minucias (incluyendo la orientación).

Así, Amy calculó el número total posible disposición de minucias, dado un número de minucias. Hizo esto utilizando una distribución binomial. Este tipo de distribución de probabilidad y modelado sería similar a calcular de cuántas

<sup>4</sup> Técnicamente, la tabla fue útil para cualquier par de imágenes basadas en la calidad de las imágenes, por ejemplo, comparar una impresión en tinta “ideal” con una impresión en tinta corrida “del peor tipo”.

**TABLA 14-1**

**Los cálculos de Roxburgh para el número mínimo de detalles necesarios para declarar una coincidencia positiva, con un margen de error de 1 en 50 000.<sup>1</sup>**

Población o Numero en clase <sup>2</sup>	Character of Print				
	(i) Ideal	(ii) En promedio buena	(iii) En promedio mala	(iv) Deficiente	(v) Muy mala
10 <sup>1</sup>	2	3	3	3	8
10 <sup>2</sup>	3	3	4	4	9
10 <sup>3</sup>	4	4	5	6	10
10 <sup>4</sup>	4/5	5	6	7	11
10 <sup>5</sup>	5	6	6/7	8	12
10 <sup>6</sup>	6	7	7/8	9	13
10 <sup>7</sup>	7	8	8	10	14
10 <sup>8</sup>	7	8	9	11	15/16
10 <sup>9</sup>	8	9	10	12	16/17
1.6 x 10 <sup>9</sup> (mundo)	8	9	10/11	12/13	17
1.6 x 10 <sup>10</sup> (dedo descono- cido)	9	10	11	13	18

**Notas**

(1) Tabla 14-1 muestra el número de puntos que se requieren para la seguridad de los cinco tipos de impresiones. Las primeras cuatro columnas se basan en la disminución de los niveles de calidad; la quinta columna se obtuvo mediante el uso de la calidad de impresión más baja y teniendo un margen de error de 1/50.000.

(2) Las cifras se dan en cada caso para que se conoce la designación del dedo. Si se desconoce, la clase se multiplica por 10, y el número de puntos necesarios es como para la clase siguiente a continuación en la tabla.

*(Adaptado de Roxburgh, 1933.)*

maneras diferentes se puede organizar un cierto número de automóviles en un estacionamiento con un número fijo de espacios, en donde cada vehículo se estaciona en un espacio, pero no todos los espacios están llenos y, finalmente, el lote en sí tiene un tamaño fijo determinado.

Para calcular la probabilidad de duplicar una disposición determinada de minucias, Amy multiplicó estos dos factores (tipo de minucias y disposición de minucias) y añadió un factor de corrección para los grupos de minucias.

Amy calculó también, a partir de su modelo, la posibilidad de una coincidencia falsa. Amy mostró que a medida que el número de comparaciones para una disposición particular

aumenta, también lo hacía la probabilidad de encontrar un donante coincidente y lo mismo sucedió con la posibilidad de una falsa coincidencia. La posibilidad de encontrar configuraciones similares en mil millones de personas es mucho mayor que cuando se compara con uno o dos individuos. Las observaciones de Amy son una consecuencia directa de la idea de que incluso el más raro de los eventos tiene esperanza de incidencia cuando el número de juicios es muy grande. Este es un concepto crítico, especialmente cuando los efectos potenciales de grandes bases de datos AFIS se consideran, así como la posible correlación con eventos recientes (por ejemplo, el incidente Brandon Mayfield—sección 14.3.3.4) se debe considerar (Stacey, 2004, pág. 706-718).



Amy sugirió que si una configuración de minucias se compara con uno o dos sospechosos y se declara una coincidencia, constituye una evidencia más fuerte que si una configuración de minucias se compara con mil millones de personas. Así, la fuerza de la coincidencia se reduce por un gran número de comparaciones y la probabilidad de una falsa coincidencia aumenta, o los criterios de coincidencia deben ser más severos cuando se comparan con una gran población para lograr el mismo nivel de confiabilidad. Sin embargo, la posición de Amy es que la verdad de la conclusión depende tanto de la fuerza de la evidencia (la coincidencia) y el tamaño de la población relevante.

Respecto a un debate similar en relación con evidencia de ADN y búsquedas en bases de datos de ADN, Donnelly y Friedman trataron la fuerza de la evidencia (la rareza de un perfil) y la fuerza de la decisión de identificación (la probabilidad de que el perfil se haya creado por el acusado) de manera separada (Donnelly and Friedman, 1999, pag. 1/9). Según ellos, una coincidencia de ADN proviene, o de un solo sospechoso proporcionada por la investigación policial (lo que ellos denominan como un caso de "confirmación") o bien, la coincidencia proviene de una gran base de datos de búsqueda (lo que ellos denominan como un caso de "rastreo"). En cualquier caso, la rareza del perfil no disminuye<sup>5</sup>. Sin embargo, la posibilidad de que el perfil se haya originado por el acusado (y de ahí la solidez de los argumentos de la fiscalía) dependerá de si el sospechoso se seleccionó de un caso de rastreo, o de un caso de confirmación. Desde un enfoque estadístico, las probabilidades previas para hipótesis de la fiscalía (la culpa) son drásticamente diferentes en un caso de confirmación con respecto a un caso de rastreo. En el caso de confirmación, la policía presumiblemente tenía información previa través de la investigación para llegar a un sospechoso particular. La coincidencia de ADN ahora añade un peso significativo al caso. En el caso de "rastreo", en ausencia de cualquier otra prueba para empatar el sospechoso con la escena del crimen, el caso del fiscal es mucho más débil dado sólo la

<sup>5</sup> Algunas fuentes creen que la rareza del perfil no cambiaría en absoluto en estas dos situaciones. Donnelly y Friedman (1999) argumentaron que la rareza del perfil realmente cambiaría y tener más peso después de una búsqueda de base de datos, porque una gran parte de la población se ha excluido efectivamente como un donante potencial, lo que demuestra empíricamente la rareza del perfil de ADN. Literalmente, el denominador para calcular la rareza de un perfil cambiaría después de una gran base de datos de búsqueda, ya que se sabe cuántos individuos no tenían el perfil. Debate significativo rodea a este tema. El debate ilustra la diferencia clásica entre los enfoques frecuentista y bayesiano.

coincidencia de ADN obtenida a partir de una base de datos grande, en donde existe una mayor posibilidad de falsa coincidencia. Es importante mencionar los paralelos con exámenes crestas de fricción y bases de datos AFIS, sobre todo porque la profesión explora un enfoque probabilístico para exámenes de crestas de fricción.

**El modelo Trauring (1963)** (Trauring, 1963, pág. 938-940). El modelo creado por Mitchell Trauring no era un modelo para el cálculo de la individualidad de huellas dactilares per se, sino más bien para la estimación de la probabilidad de una falsa coincidencia para un individuo, en caso de que se le busque en un sistema de identificación de huellas dactilares automatizado, teóricamente propuesto. El modelo Trauring es muy similar en los supuestos y cálculos al modelo Balthazard, y se deriva del modelo de Galton. Sin embargo, en lugar de utilizar la probabilidad de 1/2 (0,50) para un evento de minucias, Trauring calculaba la probabilidad de que un evento de minucias sea 0,1944. Este valor se basaba en sus observaciones de la densidad de minucias y su estimación de encontrar minucias de "prueba" en una región cuadrilátera delimitada por un conjunto de pequeñas minucias "de referencia".

**El modelo Kingston (1964)** (Kingston, 1964; Stoney y Thornton, 1986a, pág. 1204-1209). El modelo creado por Charles R. Kingston es similar en enfoque y complejidad al modelo Amy. Kingston calculaba tres probabilidades críticas para evaluar la individualidad de huellas dactilares: (1) el número observado de minucias en una región de un tamaño determinado, (2) disposición observada de las minucias, y (3) tipo minucias observado.

El primer factor de Kingston, la probabilidad del número observado de minucias, se calculó a partir de observaciones de la densidad de las minucias de 100 huellas dactilares. Kingston encontró que esta distribución seguía un modelo estadístico conocido como distribución de Poisson. (Amy había utilizado una distribución binomial, pero bajo estas condiciones, la distribución binomial es aproximadamente una distribución de Poisson.) Así, para un área de huella dactilar de tamaño específico, Kingston podía calcular la probabilidad de encontrar  $x$  número de minucias en este espacio.

También similar a Amy y a la analogía anterior de autos en un estacionamiento, Kingston calcula el número de posiciones y disposición para un determinado número de minucias. La analogía del aparcamiento es aún más apropiada para el modelo de Kingston, ya que éste se basó

en la asignación de la primera minucia en una posición, luego la segunda minucias ocuparía otra posición, y así sucesivamente. Esto es similar a coches haciendo fila para estacionarse en donde, después de que el primer coche ha aparcado, el segundo coche debe encontrar otro lugar y así sucesivamente.

El factor final de Kingston, el tipo de minucias, se basó en las frecuencias observadas por casi 2.500 minucias. A diferencia de los modelos anteriores, que suponían y estimaban varias distribuciones, o dependían únicamente de bifurcaciones simples y finales de crestas, Kingston calculó frecuencias relativas para finales de crestas, bifurcaciones, puntos, encerramientos, puentes, tri-radios y "otras" minucias.

**El modelo Gupta (1968)** (Gupta, 1968, pág. 130-134; Stoney y Thornton, 1986a, pág. 1191). El modelo creado por S.R. Gupta es el último de los modelos simples basados en el modelo Henry. Gupta hizo observaciones de la frecuencia de posición de las minucias a partir de 1.000 huellas dactilares. A diferencia de sus predecesores, él no estaba examinando la frecuencia (rareza) de un determinado tipo de minucias; más bien, examinó cuan a menudo aparecía un tipo particular de minucias en una posición específica. Refiriéndose de nuevo a la analogía del estacionamiento, es similar a observar la frecuencia con que un Ford se estaciona en un lugar en particular (a diferencia de un vehículo Chrysler, General Motors o Toyota). Gupta estimaba que las bifurcaciones y los finales de crestas generalmente aparecían en una posición particular, con una frecuencia de 1/10 y características menos comunes (como, puntos, vértices) con una frecuencia de 1/100. Gupta también incluyó un factor para tipo de patrón y conteo de crestas para el patrón.

**El modelo Osterburg (1977-1980)** (Osterburg et al., 1977, pág. 772-778; Sclove, 1979, pág. 588-595; 1980, 675-695). El modelo Osterburg fue propuesto por Osterburg, Parthasarathy, Raghavan, y Sclove en 1977. El modelo se modificó por el trabajo adicional hecho por Sclove en 1979 y 1980. El método básico Osterburg era dividir una huella digital en células cuadradas, en donde cada célula tiene un área de 1 mm cuadrados. Osterburg observó las frecuencias relativas de 13 eventos diferentes de las crestas en todas estas células. Estos eventos no incluyeron ningún caso (una célula vacía), final de cresta, bifurcación, isla, punto, etcetera. Cabe destacar que calculó la rareza de

estos eventos, utilizando solamente 39 huellas dactilares para hacerlo.

Posteriormente, consideró que la rareza de la disposición de una huella dactilar sería el producto de todas las frecuencias de las minucias individuales y celdas vacías. Dado un parcial de 72 mm cuadrados de huella dactilar, si una tiene 12 finales de crestas (cada 1 ocupa una célula) y 60 celdas vacías, la probabilidad de este evento es  $(0.766)^{60} (0.0832)^{12} = 1.25 \times 10^{-20}$ , donde 0.766 y 0.0832 son las frecuencias observadas por Osterburg de una celda vacía y un final de cresta, respectivamente.

Finalmente, Osterburg corrigió el número de posibles posiciones de este grupo de minucias puede tener. Este factor depende del tamaño de esta huella dactilar parcial cabiendo físicamente en todos los bloques de huellas dactilares completamente rotadas en una tarjeta decadactilar. De nuevo, en referencia a la analogía del estacionamiento, es igual a tomar una fila de coches y lugares vacíos de un lote y ver de cuántas maneras puede caber físicamente ese pedazo en todo el estacionamiento. Este enfoque es algo similar al de Amy.

Uno de los mayores problemas con el modelo Osterburg es la suposición de que cada evento celular es independiente. Por ejemplo, si una celda contiene una minucia, es poco probable que las ocho células circundantes también contengan minucias. Generalmente no todas las minucias se agrupan. Sclove reconoció que la presencia o ausencia de minucias en un grupo de células influirá en la presencia o ausencia de minucias en las células vecinas. Sclove modificó las frecuencias de eventos de Osterburg para reflejar esta dependencia.

**El modelo Stoney y Thornton (1985-1989)**. Cronológicamente, hasta este punto, el conocimiento de los modelos de individualidad de las huellas dactilares en el medio era escaso. Stoney y Thornton, revisaron críticamente todos los modelos antes mencionados, en parte para satisfacer una parte de los requisitos de tesis de Stoney; hicieron esto poniendo atención a sus debilidades y fortalezas (Stoney and Thornton, 1986a, pág. 1187-1216). Partiendo de su revisión, Stoney y Thornton propusieron una serie de criterios que el modelo ideal debería tener para el cálculo de la individualidad de una impresión, así como para determinar la fuerza probabilística de una coincidencia. Stoney y Thornton identificaron que el modelo ideal debe incluir las siguientes características:



1) *Estructura de crestas y descripción de la ubicación de las minucias*

Los conteos de crestas deben tenerse en cuenta para la medición de distancias entre características. Para las características en la misma cresta, se deben utilizar distancias lineales, entendiendo que hay tolerancia aceptable de distorsión. (Aunque este autor sugiere que cuando la claridad es lo suficientemente alta, se podría contar las unidades de crestas involucradas, lo que evitaría que estuvieran sujetas a la distorsión de distancia lineal.)

2) *Descripción de la distribución de minucias*

Las minucias no están distribuidas uniformemente en una huella dactilar y pueden variar en densidad (como lo indica Kingston) y la relación condicional (como lo indica Sclove). Una distribución precisa de las minucias para una región específica, debe ser propiedad del modelo ideal.

3) *Orientación de las minucias*

Con la excepción del punto o una cresta muy corta, las minucias tienen una orientación a lo largo del flujo de la cresta que debe ser considerada.

4) *Variación en los tipos de minucias*

La frecuencia relativa de minucias se debe considerar, así como el modelo ideal debe considerar la ausencia de minucias (similar al modelo Osterburg / Sclove).

5) *Variaciones entre impresiones de la misma fuente*

El modelo ideal debe tener en cuenta la flexibilidad de la piel, en donde algunas de las características (como el flujo de crestas y distancias lineales) no serían tan robustas como otras características (por ejemplo, la ubicación de minucias en una cresta y el número de crestas entre minucias). La poca claridad, la distorsión y la variabilidad dentro de la fuente se deben considerar.

6) *Número de orientaciones y comparaciones.*

El número de maneras de orientar un fragmento de huellas digitales puede variar. Por ejemplo, un delta lógicamente podría estar orientada de tres maneras diferentes. También, en un individuo con un patrón de bucle en cada dedo de la mano y del pie, y varios deltas en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, una sola formación de delta podría compararse de casi 60 formas diferentes con un solo individuo. Entre más orientaciones pueda asumir una impresión, será posible hacer más comparaciones. Tal como Amy observó, entre más comparaciones que se lleven a cabo, más oportunidades habrá de que se dé una falsa coincidencia.

El modelo propuesto por Stoney y Thornton fue un estudio de pares minucias, dentro de la estructura de crestas de la impresión. Se realizaron análisis estadísticos en 2645 pares de minucias de 412 huellas digitales (todas impresiones distales masculinas de la punta de los pulgares) (Stoney y Thornton, 1987, pág. 1182-1203) tratando de satisfacer todas las condiciones ideales que ellos mismos propusieron. Stoney y Thornton fueron capaces de satisfacer la mayoría de sus condiciones y desarrollaron un modelo para describir minucias (Stoney y Thornton, 1986b, pág. 1217-1234).

En el modelo de Stoney y Thornton, cada par de puntos característicos se describe por los acontecimientos de las minucias (es decir, el tipo de minucias, orientación, conteo intermedio de crestas, y distancia lineal) y la posición espacial del par dentro de todo el patrón de huella dactilar. La combinación de todos los pares de minucias es una medida de individualidad para esa impresión. Así, Stoney y Thornton describieron un modelo que incorporaba muchos de los componentes esenciales para la determinación de la individualidad de la disposición de crestas de fricción.

*El modelo Champod y Margot (1995-1996)* (Champod y Margot, 1996a, 1996b; Stoney, 2001, pág. 373-378). Hasta este punto, todos los cálculos anteriores, así como las observaciones de minucias habían sido hechas a mano e involucraban pequeñas bases de datos de huellas dactilares (el modelo Stoney y de Thornton hasta ahora utiliza la mayor base de datos de 412 impresiones, aunque solo de pulgares). El modelo Champod y Margot fue el primero en utilizar un algoritmo computarizado para procesar las imágenes de huellas dactilares. Utilizaron una base de datos de 977 huellas dactilares compuestas de presillas cubitales de los dedos medio e índice y verticilos del dedo medio.

Champod y Margot, al igual que Stoney y Thornton, primero realizan una descripción estadística sistemática de las minucias de las huellas dactilares. Calcularon la densidad de minucias, así como su distribución en las diversas regiones de la impresión, la frecuencia de los tipos de minucias, la orientación de las minucias, y longitudes de minucias compuestas (por ejemplo, crestas cortas, encerramientos).

Al usar su información, pudieron calcular las probabilidades de configuraciones y combinaciones de minucias específicas. Estas probabilidades indican la probabilidad de recurrencia por una configuración de minucias específica y por lo tanto se puede expresar como una medida de la fuerza de la coincidencia.

*El modelo Meagher, Budowle, y Ziesig (1999) (U.S. vs. Mitchell, July 8, 1999, pág. 157-198; July 9, 1999, pág. 29-139)* Este modelo, a menudo llamado “estudio 50K contra 50K,” fue un experimento llevado a cabo por el FBI junto con Lockheed Martin, Inc., en respuesta al primer cuestionamiento *Daubert* en *U.S. vs. Byron Mitchell*. Este estudio no ha sido publicado, pero las descripciones del estudio y los datos se encuentran dentro de los documentos y testimonios proporcionados por Stephen Meagher, Bruce Budowle, y Donald Ziesig en *Mitchell*.

El experimento primario realizada por Meagher y sus colegas, utiliza algoritmos informáticos AFIS para comparar cada una de las 50.000 imágenes de huellas dactilares (todas son presillas izquierdas de hombres blancos) contra sí misma,<sup>6</sup> y luego con las 49.999 imágenes restantes en la base de datos. El resultado de cada comparación produjo una puntuación proporcional al grado de correlación entre las dos imágenes. Es fundamental tener en cuenta que todos los modelos anteriores poseen cálculos de individualidad basados en la disposición de minucias predicha; sin embargo, las puntuaciones en este modelo son una función de los algoritmos de AFIS y la lógica de las coincidencias.

Presumiblemente, la puntuación más alta resultaría cuando una imagen se compara consigo misma. Todas las 49.999 puntuaciones de comparación restantes se normalizaron (para ajustar una curva normal estándar) con la puntuación más alta. Posteriormente, se examinaron las 500 mejores puntuaciones para cada impresión. A partir de esta información, Meagher et al llegaron a la conclusión de que, con base en la puntuación normalizada más alta (en promedio de todos los 50.000 intentos), la probabilidad de que dos huellas dactilares idénticas, totalmente rotadas es menor que  $1 \times 10^{-97}$ .

<sup>6</sup> Es importante tener en cuenta que la imagen se compara contra sí mismo. Por lo tanto, el modelo no tiene en cuenta la variabilidad intraclase, es decir, múltiples representaciones de la *misma huella digital* que muestra las variaciones en el posicionamiento de puntos característicos debido a la distorsión y el estiramiento de la piel. Esto no quiere decir, por ejemplo, dos impresiones entintadas desde el mismo dedo; más bien, la imagen se comparó literalmente contra sí mismo. Uno podría esperar que, obviamente, el resultado del partido más alto producido será de la comparación de la imagen a sí mismo. Este fue el caso en todos los 50.000 juicios. Esta importante distinción es también un punto clave de la crítica y se considera una falla fundamental en el modelo por algunos revisores (Stoney, 2001, pág. 380-383; Wayman, 2000).

Meagher y sus colegas llevaron a cabo un segundo experimento, idéntico al primero, con la excepción de que en estas pruebas, se utilizaron huellas latentes “simuladas”. Estas huellas latentes simuladas eran imágenes recortadas de la original, que mostraban sólo el 21,7% de la zona central de la imagen original. Se utilizó el valor del 21,7%, ya que constituye la superficie media de una huella latente de una encuesta, llevada a cabo por este grupo, de 300 huellas latentes reales.

Cada huella latente simulada se buscó contra de la imagen a la que pertenecía, y las otras 49.999 imágenes. Se calcularon y ordenaron los puntajes, y los 500 mejores se examinaron. Las puntuaciones fueron estratificadas para conteo de minucias en las huellas latentes simuladas; los conteos de minucias en estas impresiones simuladas variaron de 4 a 18 minucias. Meagher y sus colegas calculan las probabilidades de una falsa coincidencia en este segundo experimento en un rango de  $1 \times 10^{-27}$  (para 4 minucias) a  $1 \times 10^{-97}$  (para 18 minucias).

*El Modelo Pankanti, Prabhakar, y Jain (2001) (Pankanti et al., 2001, pág. 805-812).* El modelo propuesto por Pankanti, Prabhakar, y Jain es más una evaluación de las probabilidades de la tasa de falsas coincidencias en un modelo AFIS, que una evaluación de la individualidad de una huella dactilar. El modelo esencialmente calcula el número de posibles disposiciones de terminaciones de crestas y bifurcaciones, como se ve desde el punto de vista de un AFIS. Sin embargo, una nueva e importante inclusión es la introducción de la variación intercalase para una impresión específica (es decir, la cantidad de variación puede observarse en una sola huella digital cuando varias normas se toman de la misma huella dactilar).

Pankanti y sus colegas determinaron la tolerancia para las minucias de una base de datos de 450 pares acoplados. Estas imágenes fueron pares de la misma huella tomada por lo menos con una semana de diferencia. Las minucias correspondientes para cada minucia, se encuentran en su pareja. Se calcularon las diferencias espaciales para todas las minucias correspondientes en los pares y de acuerdo al mejor ajuste de su información, se calculó la tolerancia teórica para la localización de minucias. Es importante tener en cuenta que su métrica calculada para la tolerancia es un una espacial (con lineal [x,y] y componentes angulares ( $\theta$ )), y no una basada en crestas (como Stoney señaló



anteriormente como componente crítico). Así, en este modelo, la computadora aceptaría minucias “coincidentes” si tuvieran una ubicación similar en el espacio ( $x$ ,  $y$ ,  $\theta$ ) incluso si los recuentos de crestas difirieran significativamente de un punto fijo.

Mediante el uso de un dispositivo de captura electrónica, Pankanti y sus colegas recolectaron un total de 4 imágenes de cada uno de 4 dedos de 167 personas, para un tener un total de 668 imágenes de huellas digitales, cada una cuatuplicada. Repitieron este proceso con un segundo dispositivo de captura; crearon dos bases de datos, una para cada uno de los dos dispositivos de captura. Dado que cada huella digital en la base de datos constaba de cuatro imágenes del mismo dedo, capturadas por separado, Pankanti y sus colegas midieron las diferencias en los lugares de las minucias en cada imagen para determinar la tolerancia aceptable con base en las variaciones naturales de ese dedo.

A partir de estos cálculos, Pankanti y sus colegas derivaron una expresión para calcular la probabilidad de un patrón coincidente de huella dactilar, teniendo en cuenta el tamaño específico de la impresión y del número de minucias disponibles para equiparar. Calcularon que para que coincidan 36 minucias con una disposición de 36 minucias (similares a las 35 minucias que propuso Galton en una impresión promedio que incluía solo terminaciones de crestas y bifurcaciones) la probabilidad fue  $5.47 \times 10^{-59}$ . Para hacer coincidir 12 de estas minucias, con los mismos parámetros, la probabilidad era  $6.10 \times 10^{-8}$ . (Esto, por supuesto, implica que 24 de estas minucias no coinciden, y esto sería inaceptable como modelo para el análisis comparativo.) El grupo calculó la probabilidad de hacer coincidir todas las 12 minucias, con sólo una disposición de 12 minucias. Esta probabilidad fue  $1.22 \times 10^{-20}$ .

El grupo también calculó, utilizando parámetros similares y algunos supuestos básicos, una tabla que se basa en muchos de los modelos anteriores de la probabilidad de coincidencia de 36 minucias (considerada por este modelo como una huella digital completa) y 12 minucias (12 basadas en la “regla de 12 puntos,” que algunos han atribuido a la regla tripartita de Locard). Los modelos Amy, Kingston y Champod no se incluyeron debido a que estos modelos eran más complejos que los otros, e incluyeron variables no consideradas por este grupo (por ejemplo, la inclusión de tipo minucias de Kingston).

El autor de este capítulo eligió realizar cálculos de ocho minucias, por motivo de sus experiencias personales. El autor ha sido testigo de examinadores en Estados Unidos llevando a cabo individualizaciones con ocho minucias y poco o ningún detalle de tercer nivel. En efecto, las individualizaciones se han declarado únicamente con disposiciones de ocho minucias, con muy poca o nada de consideración por la frecuencia del tipo de minucias, la configuración regional en la impresión (es decir, delta o periferia), o la complejidad de la disposición. El autor calculó como un límite inferior, basado en las ecuaciones proporcionadas por Pankanti y sus colegas, las probabilidades para la coincidencia de ocho minucias comunes de estos modelos. Los cálculos de Pankanti y sus colegas, los cálculos adicionales del autor para ocho minucias utilizando los parámetros Pankanti, así como valores exclusivos para el resto de modelos no incluidos por Pankanti y sus colegas (Champod, Amy, Meagher, y Kingston) se pueden encontrar en la Tabla 14 -2 y pies de página.

**Resumen de los modelos de probabilidad.** Hay dos observaciones muy importantes que se deben hacer cuando se examinan los modelos previos de probabilidad propuestos para la individualidad. El primer comentario es que no importa cuál es el modelo que se elija (y entre todos los expertos que han revisado este tema, es evidente), uno puede alcanzar de manera bastante rápida probabilidades asombrosamente pequeñas de que dos individuos compartan una disposición de minucias. Todos estos modelos demuestran que las minucias de las huellas dactilares son características altamente discriminativas y por lo general, entre más minucias se comparten entre impresiones, menos probable se vuelve el observar estas características de manera aleatoria en cualquiera otra sección de la población.

Aunque la tecnología AFIS y el acceso a bases de datos de imágenes más grandes, hacen esta posibilidad más probable, todavía es un evento raro. Exactamente “cuan raro” es lo que se debe concretarse. La tecnología y las bases de datos actualmente existen para estimar adecuadamente estos eventos.

El segundo comentario es que estos modelos no han sido validados. Las probabilidades asombrosamente bajas propuestas por los modelos no se han probado en las grandes bases de datos el mundo real. Estas probabilidades pueden ser precisas o pueden subestimar o sobrestimar la verdad en gran medida. Es simplemente algo desconocido en este

## Tabla 14-2

### Cálculos de Pankati y sus colegas (con extras del autor del capítulo).

Probabilidad de hacer coincidir una configuración específica de:			
Autor y año	36 Minucias	12 Minucias	8 Minucias
Galton (1892)	$1.45 \times 10^{-11}$	$9.54 \times 10^{-7}$	$6.06 \times 10^{-6}$
Henry (1900)	$1.32 \times 10^{-23}$	$3.72 \times 10^{-9}$	$9.54 \times 10^{-7}$
Balthazard (1911)	$2.12 \times 10^{-22}$	$5.96 \times 10^{-8}$	$1.53 \times 10^{-5}$
Bose (1917)	$2.12 \times 10^{-22}$	$5.96 \times 10^{-8}$	$1.53 \times 10^{-5}$
Wilder y Wentworth (1918)	$6.87 \times 10^{-62}$	$4.10 \times 10^{-21}$	$2.56 \times 10^{-14}$
Pearson (1930)	$1.09 \times 10^{-41}$	$8.65 \times 10^{-17}$	$1.22 \times 10^{-12}$
Roxburgh (1933)	$3.75 \times 10^{-47}$	$3.35 \times 10^{-18}$	$2.24 \times 10^{-14}$
Cummins y Midlo (1943)	$2.22 \times 10^{-63}$	$1.32 \times 10^{-22}$	$8.26 \times 10^{-16}$
Trauring (1963)	$2.47 \times 10^{-26}$	$2.91 \times 10^{-9}$	$2.04 \times 10^{-6}$
Gupta (1968)	$1.00 \times 10^{-38}$	$1.00 \times 10^{-14}$	$1.00 \times 10^{-10}$
Osterburg et al. (1977–1980)	$1.33 \times 10^{-27}$	$3.05 \times 10^{-15}$	$3.50 \times 10^{-13}$
Stoney y Thornton (1985–1989)	$1.20 \times 10^{-80}$	$3.50 \times 10^{-26}$	$7.50 \times 10^{-17}$
Pankanti et al. (2001) <sup>a</sup>	$5.47 \times 10^{-59}$	$1.22 \times 10^{-20}$	$1.56 \times 10^{-14}$
Amy (1946–1948) <sup>b</sup>	$<<6.2 \times 10^{-18}$	$3.4 \times 10^{-14}$	$1.8 \times 10^{-8}$
Kingston (1964) <sup>c</sup>	$3.90 \times 10^{-97}$	$3.74 \times 10^{-32}$	$1.97 \times 10^{-20}$
Champod (1995–1996)	Dos configuraciones:	Configuración #1: cinco finales de cresta y dos bifurcaciones = una probabilidad de $2.5 \times 10^{-5}$ Configuración #2: tres finales de cresta, un cerca-miento, una espuela y una bifurcación opuesta = una probabilidad de $7.0 \times 10^{-10}$	
Meagher et al. (1999)	4 minucias = $1 \times 10^{-27}$ 18 o más minucias = $1 \times 10^{-97}$ Impresión totalmente rotada = $1 \times 10^{-97}$		

#### Notas:

Utilizando datos y ecuaciones proporcionadas por Pankanti et al. (2001, pág. 805-812) y con base en los modelos listados anteriormente, se han realizado cálculos adicionales para incluir a todos los modelos que aparecen en este capítulo y las probabilidades para la disposición de ocho minucias. Con la excepción de Champod, estos cálculos se basan en las modalidades de final de cresta y bifurcación, y no incluyen eventos de cresta más raros. Además, con la excepción de "Factor de Calidad" de Roxburgh, ninguno de los modelos representa mayor claridad o la presencia de detalles de tercer nivel.

<sup>a</sup> Probabilidad de ocho minucias calculada utilizando los parámetros (M, m, n, q) igual a (57, 8, 8, 8). Se llegó al valor de M por una estimación de A, basada en un ajuste exponencial de los datos, que incluyen todos los ajustes de tolerancia, previstos en los cálculos Pankanti (Pankanti et al., 2001, pág. 805-812).

<sup>b</sup> Basadas en las disposiciones específicas de las crestas vacías, los grupos de bifurcaciones y finales de crestas, ya sea que estén orientadas hacia la izquierda o la derecha. Las modalidades específicas de cada caso son descritas por Amy (1946b, pág. 194). Los cálculos de Amy sólo llegaron a 15 minucias, por tanto, el valor proporcionado para 36 minucias sería significativamente menor que el  $6,2 \times 10^{-18}$  como se indica en la Tabla 14-2.

<sup>c</sup> El autor no pudo obtener el estimador de Kingston Poisson para el número esperado de minucias / área, ya que estos fueron empíricamente derivados de muestras de Kingston. Por lo tanto, los valores dados en la Tabla 14-2 corresponden a la suposición de que el número de puntos característicos observados en una región, era igual al número esperado de minucias para esa misma región. Los cálculos se basan también en el supuesto de exactamente la mitad de las minucias son bifurcaciones, y la mitad son finales de crestas, mediante el uso de valores para M (área) similares a los de Pankanti et al. (2001, pág. 805-812).



momento. Los modelos tienen valor y son importantes para el desarrollo de la disciplina, por supuesto, pero los pasos básicos de la comprobación, validación y posterior refinamiento, seguidos de más pruebas y validación (que es el tejido mismo de la prueba científica que estaba planteada al comienzo de este capítulo) no están. Stoney ha señalado acertadamente (Stoney, 2001, pág. 383):<sup>7</sup>

Desde un punto de vista estadístico, la base científica para la individualidad de huellas digitales es increíblemente débil. Comenzando con Galton y yendo hasta Meagher et al., ha habido aproximadamente una docena de modelos estadísticos propuestos. Estos varían considerablemente en su complejidad, pero en general ha habido mucha especulación y poca información. El trabajo de Champod es quizás la excepción, proporcionando los primeros medios realistas para predecir la frecuencia de aparición de combinaciones específicas de minucias de crestas. Ninguno de los modelos ha sido sometido a pruebas, que por supuesto es el elemento básico del enfoque científico. A medida que nuestra capacidad computacional aumenta, podemos esperar que existan los medios para adecuadamente modelar y probar las hipótesis relacionadas con la variabilidad de las huellas dactilares.

Es imperativo que el campo de la identificación de huellas dactilares esté a la altura de este desafío. Aunque la teoría de la formación biológica ciertamente apoya la noción de individualidad de la piel de crestas de fricción, debe ser respaldada por más pruebas empíricas. El modelo estadístico es un componente crucial para el logro de este objetivo, y se necesita más investigación y estudio en este campo.

Todos los modelos anteriores se lidiaban exclusivamente con la configuración de minucias. Con respecto a la ubicación de los poros sudoríparos, se han producido avances significativos desde la época de Locard. Ashbaugh reavivó el interés por los poros con ejemplos de casos de uso de poros de sudor para fines de individualización (Ashbaugh, 1983, 1999). Ashbaugh describe dos métodos para comparar la ubicación de poros (Ashbaugh, 1999, pág. 155-157). Se han logrado contribuciones significativas para el modelado de los poros de sudor por parte de Roddy y

Stosz (Stosz y Alyea, 1994; Roddy y Stosz, 1997, 1999). Más recientemente, Parsons y sus colegas informaron de mejoras adicionales para estudiar minuciosamente el modelado de poros (Parsons et al., 2008). Se llegó a la conclusión de que el análisis de los poros de sudor puede ser automatizado y proporcionar una medida cuantitativa de la fuerza de la evidencia.

### 14.3.2 Persistencia

**14.3.2.1 Persistencia de detalles de primero y segundo nivel.** Aunque Herschel y Faulds fueron dos de los más destacados pioneros que investigaron la persistencia de las crestas de fricción de la piel, fue Galton quien proporcionó la primera información real y estudio. Herschel y Faulds afirmaron haber examinado a cientos, quizás miles, de impresiones para llegar a esta conclusión. Herschel había estado empleando impresiones dactilares para identificaciones durante aproximadamente 20 años, y no había notado ningún cambio aparente en las formaciones de las crestas.

Usando una colección de impresiones entintadas proporcionados por Herschel, Galton, por su parte, llevaron a cabo una investigación exhaustiva sobre todas y cada una de las minucias presentes en impresiones dactilares (y en algunos casos palmares) de 15 individuos (Galton, 2005, pág. 89-99). El intervalo más largo entre los sujetos fue de 31 años; el intervalo más corto fue de 9 años. Curiosamente, Galton observó un solo caso en el que existía una discrepancia (Galton, 2005, pág. 97). En este caso la impresión entintada tomada de un niño (2 1/2 años) se comparó con una impresión del mismo dedo cuando el niño tenía 15. En la impresión inicial se puede ver una bifurcación que no está presente en esa región (es decir, la cresta es continua) en la impresión posterior (Figura 14-1). Galton comparó, en total, aproximadamente 700 minucias entre estos intervalos de tiempo. Sólo encontró un único caso de discrepancia. Misumi y Akiyoshi postularon que los cambios en la subestructura dérmica pueden haber causado la anomalía observada por Galton (Misumi y Akiyoshi, 1984, pág. 53). Ellos notaron varios cambios con la edad en la subestructura dérmica (por ejemplo, la proliferación de las papilas y cambios en las fuerzas adhesivas entre la epidermis y dermis) que pueden afectar a la aparición de las crestas epidérmicas y surcos.

<sup>7</sup> Pankanti et al. (2001) fue publicado simultáneamente con el comentario de Stoney, y, por tanto, la exclusión de Pankanti et al. (2001) no fue un descuido o error por Stoney.



**FIGURA 14-1**

*Placa de Galton 13. Un ejemplo de un cambio aparente en la aparición de las minucias de un individuo; las impresiones de este joven se tomaron con 13 años de diferencia. (Tomado de Galton, F., huellas dactilares; Dover: Mineola, Nueva York, 2005, pág. 97.)*



Una ausencia en el niño

A

Wilder y Wentworth (1932, pág. 126-131) realizaron un estudio similar sobre las minucias de un sujeto, tomando impresiones en intervalos de aproximadamente 2 años de una chica joven a partir de 4 años, 11 meses de edad hasta los 14 años y 6 meses. Entre estos seis períodos de recolección, no se observaron cambios en las minucias del sujeto. Sin embargo, Wilder y Wentworth notaron una proliferación de crestas incipientes visibles a medida que el sujeto envejece. Este fenómeno ha sido observado y explorado en otros lugares (Stücker et al., 2001, 857-861).

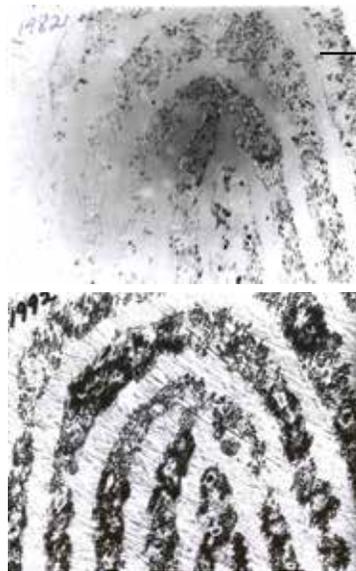
Otros casos en los que se ha examinado impresiones para determinar su persistencia después de largos intervalos se han observado en la literatura. Herschel hizo impresiones sucesivas de sus propias huellas digitales, a partir de los 26 años, y durante toda su vida hasta los 83 años (57 años en total) (Cummins y Midlo, 1943, pág. 40). No se observaron cambios en las minucias. Welcker (Cummins y Midlo, 1943, pág. 40-41) tomó impresiones de los dedos y las palmas de las manos a los 34 años y luego de nuevo más tarde a los 75 años (un intervalo de 41 años). Otro caso, reportado por Jennings (Cummins y Midlo, 1943, pág. 41) de impresiones palmares comparadas con 50 años de separación

(tomada a los 27 años y luego de nuevo a los 77 años). Finalmente, Galton continuó investigando la persistencia de la piel, aumentando el número de individuos que comparó hasta 25, en donde el mayor lapso entre impresiones eran 37 años (Wilder and Wentworth, 1932, pág. 128). Con la excepción del singular caso de Galton, ningún otro investigador reportó cambios en las minucias.

#### 14.3.2.2 Persistencia del detalle de tercer nivel y pliegues.

Con respecto a los poros, Locard (1913, pág. 530-535) señala que las posiciones relativas de los poros permanecen sin cambios durante toda la vida. Meagher, en una audiencia *Daubert*, proporcionó imágenes de una huella latente y una impresión con tinta, que supuestamente provenían del mismo sujeto con un intervalo de 10 años (Figura 14-2). Las imágenes de los grabados contenían sólo dos pequeñas minucias, pero una cantidad extraordinaria de claridad, mostraba claramente los bordes y los poros. El detalle de tercer nivel se mantuvo sin cambios en ese lapso de 10 años.

Sin embargo, el ejemplo proporcionado por Meagher es anecdótico. La literatura actual carece de un amplio estudio que demuestra la persistencia del detalle de tercer nivel.

**FIGURA 14-2**

*Exhibiciones 5-14 y 5-15 de U.S. vs. Mitchell, Daubert Audiencia, 8 de julio de 1999, testimonio de Stephen Meagher. La imagen en la parte superior es una impresión de la transpiración a la izquierda en el vidrio en 1982. La imagen en el fondo es una impresión en tinta en el papel de un mismo donante tomada en 1992.*

Más específicamente, lo que falta para los examinadores de huellas latentes es un estudio integral, durante un largo período de tiempo, que demuestre la persistencia de detalles de tercer nivel en las impresiones captadas desde la piel crestas de fricción.

La persistencia de los pliegues de flexión palmar se observó por Herschel (Ashbaugh, 1999, pág. 190). Ashbaugh comparó 50 juegos de impresiones palmares tomadas de sujetos en dos distintas ocasiones, pasando por intervalos de 1 a 60 meses (Ashbaugh, 1999, pág. 189).

Ashbaugh encontró que los pliegues de flexión coincidían, pero señaló algunas variaciones en la apariencia o prominencia debido a la edad, la flexibilidad de la piel, u otros factores típicos. Del mismo modo, Evin y Luff (Ashbaugh, 1999, pág. 193-194; Luff, 1993, pág. 3) reportaron la persistencia de pliegues de flexión palmar después de realizar 600 comparaciones (de aproximadamente 100 personas) con tiempos significativas entre la recogida de muestras.

**14.3.2.3 Teoría que apoya la persistencia de la piel con crestas de fricción.** Los mecanismos biológicos para mantener la persistencia de las crestas de fricción de la piel, se encuentran directamente en la capa de regeneración que se encuentra en la interfase de la dermis y la epidermis. Esta capa se conoce como la capa basal o estrato basal (germinativo). La persistencia de la piel de crestas de fricción se mantiene por la capa basal y la relación conectiva de estas células a través de los desmosomas y los hemidesmosomas. Wertheim y Maceo revisaron y presentaron la investigación médica pertinente para apoyar en

este ámbito (Wertheim y Maceo, 2002, pág. 35-85; véanse los capítulos 2 y 3).

### 14.3.3 Metodología de comparación

**14.3.3.1 Visión general de las metodologías de comparación.** Respecto al cuestionamiento de Daubert, en cuestión de admisibilidad de evidencia, se refiere a si los principios científicos o tecnología en que se basan las conclusiones son fiables. Las secciones anteriores han demostrado investigaciones centrales que apoyan los principios básicos de la ciencia de la piel crestas de fricción (es decir, la unicidad y persistencia). La segunda parte de esta ecuación es la metodología de comparación empleada para comparar dos imágenes, usualmente una impresión latente y un ejemplar conocido.

En primer lugar, hay que señalar que si bien la metodología ACE-V es la metodología generalmente aceptadas en los Estados Unidos (SWGFAST, 2002, pág. 2), Canadá, Australia y Nueva Zelanda, la metodología ACE-V no es la única metodología disponible. Por ejemplo, muchos países europeos se suscriben al "Método para la identificación de huellas dactilares"; como lo describe el Grupo de Trabajo Europeo de Interpol sobre Identificación de Huellas Dactilares (GTEIHD) (IEEGFI-II, 2004). Aunque esta metodología es muy similar en la mayoría de los aspectos a la metodología de la ACE-V, tiene algunas diferencias<sup>8</sup>. Además, las metodologías probabilísticas han sido sugeridas por algunos autores (Locard, Stoney, Evett y Williams, Champod), pero en la actualidad, este enfoque ha sido generalmente

rechazada como metodología viable en todo el mundo por los examinadores y los organismos profesionales que representan a los examinadores (SWGFAST, 2002, pág. 4; IEEGFI-II, 2004; Ashbaugh, 1999, pág. 147;<sup>9</sup> IAI, 1979, pág. 1).

De hecho, la pena por un enfoque probabilístico es tan dura que un experto encontró que al dar opiniones de “probable, posible o probable individualización” puede ser descartado y negársele la continuación de la membresía en el IAI (IAI, 1979, pág. 1). Académicamente hablando y desde una perspectiva de cambios evolutivos de paradigmas en la ciencia forense, que exploran la viabilidad de la evidencia probabilística, puede tener sus beneficios. Estos esfuerzos no deben ser desechados sumariamente por la profesión, ya que estos métodos pueden producir herramientas para ayudar o mejorar las prácticas actuales.

**14.3.3.2 Investigación relacionada con la metodología de comparación de huellas dactilares.** Actualmente existen pocos estudios en la literatura relacionados directamente con la examinación y validación de la metodología de comparación de huellas dactilares. De hecho, estas obras no se encuentran antes de la decisión *Daubert* (1993).

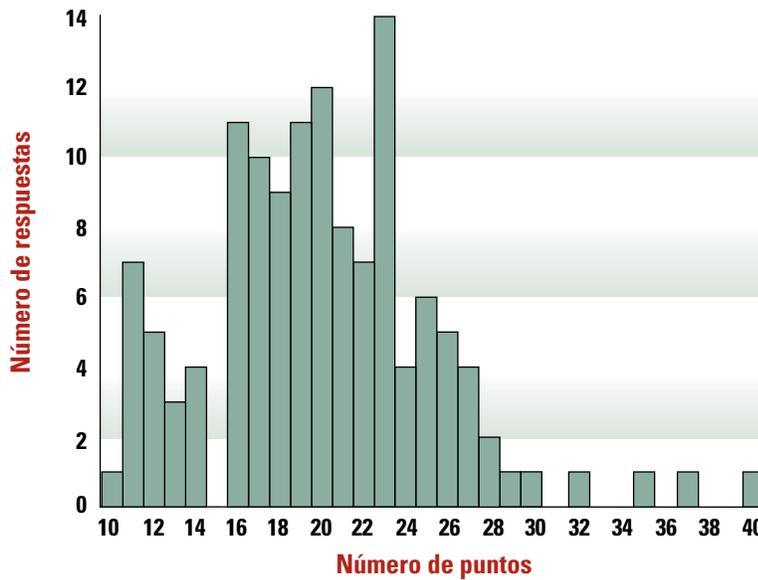
**Osterburg (1964).** Osterburg realizó la primera encuesta publicada de prácticas examinadoras impresión latentes (Osterburg, 1964, pág. 413-427). Osterburg envió encuestas a 180 dependencias en los 50 estados y recibió respuestas de 82 (46%). Las encuestas pedían a los expertos que clasificaran subjetivamente la frecuencia relativa de 10

tipos de características (finales de crestas, trifurcaciones, vértices, islas, etc.) basados únicamente en la formación del perito, la experiencia y colección personal. Osterburg tabuló las características clasificadas. También llevó a cabo una investigación en el material de literatura para determinar el número mínimo de minucias (puntos) necesarios para llevar a cabo una identificación positiva (individualización). En ese momento, se encontró que los individuos y las dependencias utilizan entre 6 y 18 minucias para lograr una individualización; la respuesta simple fue de 12. Se encontró que cuando los expertos estaban dispuestos a llegar a un dictamen por debajo de 12 minucias, era porque tenían “características inusuales”. Su estudio fue un intento de determinar lo que un experto entiende por “inusual”. Años más tarde, Osterburg y sus colegas (1977) midieron empíricamente la frecuencia de estas características. Los recuentos empíricos de estas características son muy similares a la evaluación intuitiva de los expertos en rareza.

**Evet y Williams (1996).** El primer estudio real de la metodología de comparación de huellas dactilares fue llevado a cabo por Evett y Williams (1996, pág. 49-73). A pesar de que su investigación se realizó en 1988-1989, no se publicó sino hasta 1996, aunque fue presentada en un simposio internacional en Ne'urim, Israel (Grieve, 1995, pág. 579). Su trabajo antecedió al conocimiento generalizado, la articulación y la aceptación general de la metodología ACE-V entre los examinadores. Evett y Williams investigaron la base para el umbral de 16 puntos en el lugar, en Inglaterra y Gales. En su estudio, se proporcionaron 10 series de comparaciones y devueltos por 130 peritos de varias dependencias en Inglaterra y Gales. Además, los investigadores visitaron las oficinas en los Estados Unidos, Canadá, Holanda, Francia y Alemania. Ellos también dieron a los expertos de estos países conjuntos de comparaciones, pero no incluyeron estos resultados. Ellos sólo reportaron la información del Reino Unido, al tiempo que hacían comentarios de manera general sobre los resultados internacionales. Los resultados de la información del Reino Unido mostró un sorprendente alto nivel de variación entre los expertos (Figura 14-3), no sólo en el número reportado de minucias correspondientes que el experto vio, sino también en si los expertos encontraron coincidencia suficiente para determinar una individualización. Es interesante observar que ningún experto informó una individualización errónea. Sin embargo, en un juicio con dos impresiones que se originaron de la misma fuente, 8% de los expertos del Reino Unido erróneamente desearon que las imágenes se hubieran originado a partir de la misma fuente.

<sup>8</sup> Por ejemplo, a pesar de que las arrugas, cicatrices, y crestas incipientes son características completamente aceptables a partir de las cuales se puede hacer una individualización bajo la filosofía de ridgeología aplicada durante ACE-V, estas características no están aceptadas como única base para la individualización bajo la metodología IEEGFI. Estas características se pueden utilizar para añadir más peso a las minucias, dependiendo de su relación, pero las minucias deben estar presentes. Además, bajo la IEEGFI -II, las minucias son subjetivamente ponderadas por los examinadores basándose en su frecuencia, ubicación y características de crestas adyacentes, y en este papel, el detalle de tercer nivel y las características accidentales se pueden utilizar para mejorar el peso de las minucias. El método IEEGFI es bastante innovador y detallado en sus instrucciones para minucias ponderación. Un sistema de ponderación basado en la especificidad de las características presentes no es explícita en la metodología de la ACE-V, aunque para ser justos, pueden ser aplicadas por algunos examinadores, a sabiendas o inconscientemente, durante la etapa de evaluación de la ACE-V.

<sup>9</sup> Ashbaugh en particular no indica específicamente que las conclusiones de probabilidad no se deben producir. Se limita a señalar que “extenso estudio es necesario antes de que este tipo de opinión probabilidad puede expresarse con cierto grado de confianza y coherencia dentro de la ciencia de identificación de las crestas de fricción” (Ashbaugh, 1999, pág. 147).

**FIGURA 14-3**

*Un gráfico (re-creado) del estudio de Evett y Williams (1996), que representa la comparación de las imágenes marcadas "B". Al informar sobre el número de minucias que se encuentran en el acuerdo entre la huella latente y el ejemplar conocido, los encuestados mostraron gran variabilidad. Lo más notable fue la ausencia de la respuesta de los encuestados: "15", que era uno menos que el umbral de 16 puntos para declarar un resultado positivo (por el tribunal) en el Reino Unido.*

Evett y Williams tampoco encontraron evidencia estadística de que el número de individualizaciones reportados por los expertos del Reino Unido estaba relacionado con los años de experiencia del examinador.

Como resultado de su investigación, los autores, al tiempo que recomendaban la normalización de la formación, las pruebas de certificación, pruebas de competencia regular, auditorías periódicas de los archivos de casos y pruebas de competencia ciega externa, de manera inequívoca declararon que no hay necesidad de una norma nacional de punto numérico predeterminado si se puede demostrar que cada experto está operando por encima de un nivel mínimo de competencia.

Puede que las directrices para la individualización sean deseables, pero éstas deben ser las recomendaciones generales y el experto debe permitir la libertad de ejercer sus propias competencias profesionales. En estas circunstancias, un conteo de puntos numérica rígida no sólo es innecesario, es irrelevante. (Evett y Williams, 1996, pág. 72).

**14.3.3.3 Estudios sobre el porcentaje de error.** Respecto a la metodología, otro factor comprobable de Daubert es la conocida tasa de error potencial (Daubert, 1993). Al estimar las tasas de error del examinador de impresiones latentes, algunos críticos (Cole, 2005, pág. 985–1078; Saks and Koehler, 2005, pág. 892–895) observaron el desempeño en los exámenes de aptitud del examinador

de impresiones latentes estandarizadas, que se aplican mediante una dependencia examinadora externa llamada Collaborative Testing Services. Saks y Cole también recurrieron a los sucesos anecdóticos en estudios de casos como indicadores de una tasa de error más grande que la reportada (Cole, 2005, pág. 996 a 1034; Saks, 2005). Es comprensible que, en ausencia de cualquier dato producido desde la profesión, tenían poco más que examinar.

En un intento de abordar la cuestión de la tasa de error, para así proporcionar una estimación del error mejor a la antes existente, para la profesión, los tribunales, y los críticos, Langenburg, Wertheim, y Moenssens realizaron un estudio sobre la tasa de error en dos etapas Langenburg et al., 2006, pág. 55-92). Durante la primera etapa del estudio, los investigadores evaluaron los resultados de la comparación de los participantes en un curso de formación en el que los se compararon impresiones de piel de crestas de fricción (huellas latentes contra ejemplares conocidos). En las aproximadamente 6.000 comparaciones realizadas por cerca de 100 expertos (como se definió por el estudio, estos expertos contaban con más de un año de experiencia en la comparación de huellas latentes), los investigadores encontraron un total de 61 errores en el más alto nivel de confianza: 2 individualizaciones erróneas y 59 errores administrativos. Aunque 59 errores fueron considerados errores administrativos, 2 de estos errores administrativos asociaron erróneamente la persona incorrecta con la evidencia; el otro 57 fueron a la persona correcta, pero enumeran los dedos o la palma equivocados. Se proporcionaron los criterios en el estudio para determinar los errores

administrativos frente a una individualización errónea. En la segunda etapa de este estudio, se pidió a 16 expertos que verificaran independientemente los resultados de un examinador anterior.

A cada participante se le proporcionó un paquete que contenía 10 comparaciones y la declaración de resultados de un examinador anterior. Ocho individualizaciones del verificador eran acertadas. Dos de los resultados fueron errores e incluían una de las dos individualizaciones erróneas de la etapa anterior. El otro error debió haber sido un error administrativo o una segunda individualización errónea, dependiendo de qué paquete recibió al azar el participante. El verificador no recibió aviso de que habría errores en el paquete de verificación. Ningún experto verificó cualquiera de los errores que se les presentaron en este estudio. El estudio muestra numerosas limitaciones, lo más destacable es la ausencia de no coincidencias (por lo tanto no se estudiaron falsos negativos) además del hecho de que los experimentos no se llevaron a cabo bajo condiciones de “casos de trabajo”.

Por último, es importante tener en cuenta las observaciones empíricas de los profesionales forenses en todo el mundo. Aunque estos datos no se pueden ver fácilmente en la literatura, hay que tener en cuenta las experiencias colectivas de las decenas de miles de examinadores de huellas latentes de todo el mundo durante los últimos 100 años, que han sido testigos del éxito recurrente, aplicación y precisión de la metodología durante la formación de los nuevos examinadores, administración de pruebas de competencia interna, y otras herramientas de formación (en donde las respuestas son conocidas de antemano por el administrador de la prueba). Si la metodología de comparación no fue muy precisa, sería común ver errores con frecuencia durante el análisis y la medición de competencias del examinador. Este simplemente no es el caso y no ha sido la experiencia del autor al conversar con los instructores aquí en los EE.UU. y en el extranjero.

Aunque estas observaciones empíricas no se deberían desechar, hay argumentos que contradicen su apoyo. Los pros y los contras de la utilización de información de las pruebas de aptitud se han explorado en otras partes (Saks y Koehler, 2005, pág. 892-895; Langenburg et al., 2006; Cole, 2006b, pág. 39-105; Gutowski, 2006). Se ha argumentado que sin una verdad terreno establecida para la comparación, cualquier otra cosa no constituye una evaluación justa de confiabilidad (Cole, 2006a, pág. 109-135). Incluso con la verdad terreno establecida en ejercicios de

entrenamiento, sin un modelo estandarizado y validado para la comparación, el significado de estos resultados es cuestionable. Por ejemplo, supongamos que 10 expertos individualizan correctamente 10 huellas latentes con las 10 fuentes correctas, para un gran total de 100 resultados correctos y 0 errores. Presumiblemente, estas individualizaciones excluirían todas las otras fuentes en el planeta. El argumento contrario es que, aunque estas 100 conclusiones eran correctas con respecto a la verdad terreno, la pregunta relevante se vuelve, ¿Hubo suficientes características discriminativas en coincidencia, sin diferencias observadas para de hecho excluir a la población mundial como fuente de las huellas latentes? En otras palabras, de concordancia con los examinadores, no es necesariamente una prueba de facto para apoyar la fuerza de la evidencia y la conclusión entregada de este modo.

#### 14.3.3.4 Estudios de sesgo durante las comparaciones.

14.3.3.4 Estudios sobre el sesgo al llevar a cabo las comparaciones. Una preocupación creciente en la literatura (Saks y otros, 2003, pág. 77-90, Steele, 2004, pág. 213-240; Haber y Haber, 2004, pág. 339-360), y a la luz del caso Mayfield (Stacey, 2004, pág. 706-718), se trata de la cuestión de si los prejuicios afectan a los juicios y conclusiones de los expertos forenses, y específicamente los juicios de las disciplinas forenses comparativas más subjetivos (por ejemplo, exámenes de escritura, huellas dactilares, armas de fuego). Aunque hay muchos tipos de sesgo (por ejemplo, la cultura, la confirmación), algunos investigadores están estudiando actualmente el sesgo contextual de información con respecto al examen de huellas dactilares.

El primer estudio elaborado por Dror, Péron, Hind, y Charlton (2005, pág. 799-809) encontró pruebas sólidas de que la información contextual influyó en los procesos de toma de decisiones de los no expertos que participaron en el estudio. Veintisiete no expertos (estudiantes universitarios voluntarios) recibieron pares de imágenes (una impresión latente y un ejemplar conocido) y se les preguntó si coincidían. Además de las imágenes, los participantes fueron expuestos a niveles de estímulos e información contextual variable. Dror y sus colegas (2005) encontraron que la información contextual sesgaba los juicios cuando las coincidencias eran más ambiguas (es decir, tenían una menor cantidad y calidad de los detalles de la cresta o eran parecidos).

Encontraron que cuando las imágenes eran dispares en apariencia y claras en detalle, la información contextual no influía en los participantes. El grupo postuló que los


**Tabla 14–3**
**Resultados de los experimentos de Dror y Colegas.**

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Decisión pasada</b>	individualización	individualización	individualización	individualización	exclusión	exclusión	exclusión	exclusión
<b>Nivel de dificultad</b>	Difícil	Difícil	No difícil	No difícil	difficult	Difícil	No difícil	No difícil
<b>Información contextual</b>	ninguna	Sugiere exclusión	ninguna	Sugiere exclusión	ninguna	Sugiere individualización	ninguna	Sugiere individualización
<b>Perito A</b>	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
<b>Perito B</b>	<b>Cambio a exclusión</b>	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
<b>Perito C</b>	congruente	<b>Cambio a exclusión</b>	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
<b>Perito D</b>	congruente	<b>Cambio a exclusión</b>	congruente	<b>Cambio a exclusión</b>	<b>Cambio a individualización</b>	congruente	congruente	congruente
<b>Perito E</b>	congruente	<b>Cambio no se puede decidir</b>	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente
<b>Perito F</b>	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente	congruente

**Nota**

Seis expertos se presentaron con ocho comparaciones en las que habían prestado previamente opiniones. Durante la re-presentación, las comparaciones se presentan con el contexto sesgo uno podría encontrar en el trabajo de casos diarios (el conocimiento de la confesión sospechoso, historia criminal sospechoso, etc.).

(Tomado de Dror et al., 2006, pág. 610.)

expertos en huellas dactilares pueden ser más resistentes a estas influencias, debido a la formación y la experiencia o bien, lo expertos en realidad puede ser más susceptibles a estas influencias a causa de un exceso de confianza y la racionalización de las diferencias.

Un segundo estudio realizado por Dror, Charton, y Perón (2006, pág. 74-78) comprendía el examen del sesgo de información contextual en cinco expertos. Para el estudio, los investigadores seleccionaron a cinco expertos que estaban conscientes de la individualización errónea del FBI en el caso de bombardeo del tren en Madrid, pero no habían visto las imágenes reales del caso. Los expertos dijeron que esas imágenes eran del caso del Bombardeo del tren en Madrid y habían sido individualizadas incorrectamente por el FBI con Brandon Mayfield (Stacey, 2004, pág. 706-718). Se preguntó a los expertos si pensaban que era una coincidencia válida o errónea. Sin embargo, a los expertos no se les proporcionó imágenes desde el caso Mayfield; por el

contrario, se les entregó a cada uno un par de impresiones que el experto había individualizado personalmente en el caso que trabajo 5 años antes del estudio. Así, cada experto reexaminó su propia evidencia. Cuando se proporcionan estas imágenes bajo la falsa información contextual, tres de los cinco expertos invierte sus opiniones originales y declaró que el par no era un coincidente (exclusión), un experto cambió su dictamen original de un resultado positivo para “inconcluso”; y al final un experto no cambió su opinión, pero mantuvo un resultado positivo a pesar de la fuerte información contextual. Una serie de preocupaciones con respecto a las limitaciones del estudio se han planteado y debatido en línea ([www.clpex.com](http://www.clpex.com)), pero el estudio sugiere que los expertos no son inmunes al sesgo de información contextual.

En el estudio más reciente, Dror y sus colegas (2006, pág. 74-78) utilizaron un diseño de estudio similar al del experimento de sesgo contexto de polarización del Bombardeo

del tren de Madrid. Se presentó a seis expertos con trabajo anterior propio, pero en circunstancias de sesgo contextual menos extremas que en el estudio anterior de Dror y sus colegas (2005). Ocho comparaciones respecto a las que el perito ya había proporcionado conclusiones varios años antes del estudio. Por lo tanto, hubo 48 ensayos para los 6 expertos. Veinticuatro juicios carecieron de sesgo de contexto y eran juicios controlados, 12 juicios representaban comparaciones “fáciles” bajo sesgo de rutina, y 12 juicios representaban comparaciones “difíciles” bajo sesgo de rutina (véase la Tabla 14-3).

El sesgo de rutina estuvo representado por el sesgo de contexto que puede ser experimentado por un experto en la rutina diaria trabajo de casos de trabajo (la afirmación de un oficial de policía sobre la culpabilidad del sospechoso, el conocimiento de una confesión, etc.). En los 48 juicios, 6 resultaron en respuestas que no eran compatibles con el resultado original proporcionado por el experto. Además, es interesante notar que de los seis resultados inconsistentes, dos estaban en pruebas de control (es decir, no se proporcionó sesgo de contexto). Dror y sus colegas sugirieron dos posibles explicaciones para estas inconsistencias en los ensayos de control. La primera posibilidad es que el experimento no puede haber estado libre de prejuicios, incluso en las condiciones de control o, como mínimo, las condiciones durante la re-evaluación no eran idénticas a las condiciones en que se tomó la decisión original. La segunda posibilidad es que la reproductibilidad sea menor que ideal y menos de lo que se esperaba en los resultados de expertos, incluso “dentro de la muestra”. En otras palabras, la decisión de un experto, cuando se le presenta la misma evidencia en múltiples ensayos, con el tiempo puede no ser reproducible, y el experto esté produciendo resultados inconsistentes y contradictorios. Dror y sus colegas sugirieron un estudio más a fondo de este fenómeno. Con respecto a los cuatro ensayos restantes de los seis de respuestas inconsistentes, Dror y sus colegas atribuyen estas inconsistencias al sesgo de contexto en los ensayos, y señaló que tres de cada cuatro inconsistencias reflejan el sesgo. Sin embargo, al igual que con el anterior experimento del contexto de polarización de Madrid, poca o ninguna información se proporcionó sobre los expertos o la presentación de las imágenes a los expertos, las imágenes tampoco están disponibles para su revisión.

En contraste con el efecto Dror y sus colegas, observado con respecto a la evaluación de una huella latente y un

ejemplar (es decir, la decisión resultante en una individualización, la exclusión, o una opinión concluyente), Schiffer y Champod (2007) informaron que no hay ningún efecto atribuido al sesgo de contexto en la fase de análisis. Schiffer y Champod proporcionaron a los estudiantes de ciencias forenses de la Universidad de Lausana, Suiza, imágenes de impresiones latentes previas a la serie de instrucción formal. Se realizaron dos experimentos.

El primer experimento entregó a 39 estudiantes 12 imágenes de huellas latentes. Se pidió a los estudiantes que anotaran los puntos característicos en las imágenes utilizando una norma estándar. Al término de un curso intensivo de instrucción de huellas digitales, 29 de estos estudiantes se les recibieron las mismas imágenes para analizar de nuevo. Schiffer y Champod encontraron un aumento estadísticamente significativo en el número de minucias reportado y una disminución de la variación entre las respuestas de los estudiantes. Además, el número de casos reportados en los que se declara la impresión “explotable” (es decir, “de valor”) y “identificable” aumentó significativamente después del período de entrenamiento. En el segundo estudio, 11 imágenes de las huellas latentes fueron proporcionadas a 2 grupos de estudiantes (48 estudiantes en total) después del curso de instrucción de huellas digitales. Las imágenes fueron presentadas a los estudiantes en distintas circunstancias de sesgo de contexto: sin sesgo, presencia de ejemplar coincidente, caso de delitos contra la propiedad de bajo perfil, caso terrorista de alto perfil, y así sucesivamente. Se pedirá a los estudiantes que anoten las imágenes y reporten el valor de cada impresión. Schiffer y Champod no informaron diferencias para cualquiera de los factores examinados entre los dos grupos. Argumentaron que no todas las etapas del proceso de ACE-V son igualmente vulnerables al sesgo, y sus resultados apoyan la robustez de la fase de análisis.

## 14.4 Directrices Futuras para la Investigación Relacionada con la Examinación de Crestas de Fricción

### 14.4.1 Investigación patrocinada por el gobierno de los E.E.U.U. disponible para solicitantes de beca aceptada

Aunque algunas organizaciones profesionales (por ejemplo, la Fundación Robert L. Johnson, creado por el IAI) ofrecen



pequeños estipendios para la investigación, estos fondos no son generalmente suficientes para llevar a cabo un estudio a gran escala (por ejemplo, un estudio de validación) o un estudio complicado (por ejemplo, el desarrollo de un modelo cuantitativo para medir la distorsión), lo que sin duda involucraría a múltiples expertos y estadísticos, una gran base de datos, así como software y hardware apropiados para las pruebas. Las dependencias gubernamentales o instituciones académicas deben financiar adecuadamente esta investigación. Una dependencia que ha apoyado propuestas abiertas para la investigación crestas de fricción a gran escala es el Instituto Nacional de Justicia (NIJ). El NIJ emitió solicitudes para la investigación y el desarrollo de la evidencia de impresiones en 2009, y para investigación y desarrollo de patrones evidencia de impresión en 2010. Ambas solicitudes dieron lugar a una variedad de propuestas de proyectos para el análisis de crestas de fricción, así como a múltiples permisos de becas se hicieron para ambos años (esta información está disponible en [www.ojp.usdoj.gov/nij/awards/welcome.htm](http://www.ojp.usdoj.gov/nij/awards/welcome.htm)).

#### 14.4.2 Temas de investigación recomendados

El Grupo de Trabajo Científico de canto Análisis de fricción, el estudio, y Tecnología (SWGFAST) ha publicado en su página web ([www.swgfast.org](http://www.swgfast.org)) una lista de las áreas recomendadas para el estudio y la investigación.

Otra fuente para la investigación recomendada fue proporcionada por Budowle, Buscaglia, y Perlman (2006). Algunos de sus notables recomendaciones "de alta prioridad" incluyen:

- Desarrollar lineamientos para describir la calidad de las características de cresta de una imagen.
- Elaborar directrices para la suficiencia en la declaración de un resultado positivo.
- Determinar el número mínimo de características (si las hay) que se necesitan de manera pragmática para que un examinador para declare un resultado positivo en el trabajo de casos.
- Las rigurosas pruebas (validación) de la metodología ACE-V aplicada por expertos.
- Comprobación de la persistencia de las características de tercer nivel.

Muchas de sus sugerencias se debe considerar seriamente por parte de investigadores serios, porque los resultados

de los trabajos podrían ser muy beneficiosos y enriquecedores para la disciplina de identificación crestas de fricción.

Otra área importante que debe abordarse es una comprensión objetiva de la distorsión y el desarrollo de una métrica aceptable para la tolerancia. Quedó claro en las declaraciones hechas por los organismos de investigación en el caso de Brandon Mayfield (Oficina del Inspector General, 2006, pág. 6-10) que los examinadores habían descontado diferencias entre la huella latente y el ejemplar de Mayfield. Sin embargo, a posteriori, se determinó que las diferencias se encontraban fuera de la tolerancia aceptable y una exclusión debería haber sido la conclusión correcta. La determinación de los rangos aceptables de tolerancia, o la determinación de un sistema de ponderación adecuado para una función basada en la salida de la función de la "normalidad", debido a la distorsión, serían las actualizaciones críticas para cualquiera metodología de comparación.

Por último, como se ha discutido y ha destacado previamente por Stoney (ver páginas 14-15), el desarrollo de un modelo de probabilidad más completa para la individualidad de huellas dactilares es necesario. El desarrollo de este modelo debe ser seguido por la prueba empírica del modelo con las muestras del mundo real y las grandes bases de datos.

## 14.5 Conclusiones

En un entorno post-*Daubert*, hay una necesidad de investigación adicional en el campo de la ciencia de crestas de fricción. Ciertamente, cualquier ciencia desearía ampliar la profundidad y amplitud de conocimientos de la disciplina. Nosotros en la comunidad de expertos de huellas digitales debemos intentar desafiar y estudiar más a fondo las leyes y teorías que componen nuestra disciplina. En concreto, debemos centrar nuestros esfuerzos para reevaluar los principios básicos de la individualización de crestas de fricción que utilizan tecnologías modernas y mejoradas que no estaban disponibles en los días de Galton. Hay muchas preguntas sin respuesta o parcialmente contestadas con respecto a la individualidad de la piel crestas de fricción y la comparación forense de impresiones de crestas de fricción. Aunque los avances significativos se han hecho, muchos de ellos sólo en las últimas dos décadas, esto es realmente sólo la punta del iceberg. Con el advenimiento de nuevas tecnologías más potentes, software y algoritmos informáticos, tenemos la oportunidad de explorar

nuestras enormes bases de datos de huellas digitales y bases de datos de la huella palmar de rápido crecimiento. Tenemos que evaluar y cuantificar la magnitud de la variación de características de crestas de fricción, a partir de tal vez las más básicas (patrones y minucias si uno puede realmente llamar a esta "base"), y luego tratar de evaluar y cuantificar otras características tales como pliegues, cicatrices, formas de borde, etcétera.

Debe quedar claro que hay aspectos de esta disciplina que se han establecido y estudiado bien (en particular la teoría biológica de la formación de crestas de fricción y persistencia). Sin embargo, también debe quedar claro que hay zonas de estudio que lamentablemente faltan (por ejemplo, la distorsión, la tolerancia).

La ausencia de una investigación publicada disponible en algunos aspectos de la disciplina dice mucho acerca de lo que debe ser nuestra misión.

## 14.6 Revisores

Los revisores que evaluaron este capítulo fueron Leonard G. Butt, Christophe Champod, Deborah Friedman, Robert J. Garrett, Andre A. Moenssens, Michael Perkins, Jon T. Stimac, Michele Triplett, John R. Vanderkolk, y James L. Wayman.

## 14.7 Referencias

Amy, L. Valeur de la preuve en dactyloscopie. *Journal de la Société de Statistique de Paris* 1946a, 88, 80–87.

Amy, L. Valeur de la preuve en dactyloscopie II. *Journal de la Société de Statistique de Paris* 1946b, 88, 188–195.

Amy, L. Recherches sur l'identification des traces papillaires. *Société de Médecine Légale* 1948, 28 (2), 96–101.

Ashbaugh, D. R. Poroscopy. *Royal Canadian Mounted Police Gazette* 1983, 45, 12–17.

Ashbaugh, D. R. *Quantitative–Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.

Babler, W. J. Prenatal Selection and Dermatoglyphic Patterns. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1978, 48 (1), 21–28.

Babler, W. J. Prenatal Communalities in Epidermal Ridge Development. In *Trends in Dermatoglyphic Research*; Durham, N., Plato, C., Eds.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, Netherlands, 1990; pág. 54–68.

Babler, W. J. Embryologic Development of Epidermal Ridges and Their Configurations. In *Dermatoglyphics: Science in Transition*; Plato, C., Garruto, R., Shaumann, B., Eds.; March of Dimes: New York, 1991; pág. 95–112.

Balthazard, V. De l'identification par les empreintes digitales. *Comptes Rendus, des Academies des Sciences* 1911, 152, 1862–1864.

Budowle, B.; Buscaglia, J.; Perlman, R. Review of the Scientific Basis for Friction Ridge Comparisons as a Means of Identification: Committee Findings and Recommendations. *Forensic Sci. Communic.* 2006, 8 (1).

Carroll, J. W. Laws of Nature; 2003; plato.stanford.edu/archives/fall2003/entries/laws-of-nature/ (accessed June 30, 2009).

Chacko, L. W.; Vaidya, M. C. The Dermal Papillae and Ridge Patterns in Human Volar Skin. *ACTA Anatomica (Basel)* 1968, 70 (1), 99–108.

Champod, C.; Lennard, C.; Margot, P.; Stoilovic, M. *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*; CRC Press: Boca Raton, FL, 2004.

Champod, C.; Locard, E. Numerical Standards and "Probable" Identifications. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (2), 136–163.

Champod, C.; Margot, P. Analysis of Minutiae Occurrences on Fingerprints—The Search for Non-Combined Minutiae. In *Proceedings of the 14th Meeting of the International Association of Forensic Sciences*, Tokyo, Japan, 1996a.

Champod, C.; Margot, P. Computer Assisted Analysis of Minutiae Occurrences on Fingerprints. In *Proceedings of the International Symposium on Fingerprint Detection and Identification*. Almog, J., Springer, E., Eds.; Israel National Police: Jerusalem, 1996b; pág. 305–318.

Chatterjee, S. K. Edgeoscopy. *Finger Print Ident. Mag.* 1962, 44 (3).

Cole, S. A. More than Zero: Accounting for Error in Latent Print Identification. *J. Crim. L. and Criminol.* 2005, 95 (3), 985–1078.



- Cole, S. A. Is Fingerprint Identification Valid? Rhetorics of Reliability in Fingerprint Proponents' Discourse. *Law and Policy* 2006a, 28 (1), 109–135.
- Cole, S. A. The Prevalence and Potential Causes of Wrongful Conviction by Fingerprint Evidence. *Golden Gate Univ. L. Rev.* 2006b, 37 (1), 39–105.
- Collaborative Testing Services. *Latent Print Examination Report # 9508*; Collaborative Testing Services, Inc.: Herndon, VA, 1995.
- Cummins, H. Dermatoglyphics: Significant Patternings of the Body Surface. *Yale J. Bio. Med.* 2000, 73 (1–6), 79–90.
- Cummins, H.; Midlo, C. *Finger Prints, Palms and Soles: An Introduction to Dermatoglyphics*; Dover: New York, 1943.
- Cummins, H.; Waits, W. J.; McQuitty, J. T. The Breadth of Epidermal Ridges on the Fingertips and Palms: A Study of Variation. *Am. J. Anat.* 1941, 68, 127–150.
- Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc.* 509 U.S. 579, 1993.
- Donnelly, P.; Friedman, R. DNA Database Searches and the Legal Consumption of Scientific Evidence. *Mich. L. Rev.* 1999, 97 (4), 931–984.
- Dror, I. E.; Charlton, D.; Péron, A. E. Contextual Information Renders Experts Vulnerable to Making Erroneous Identifications. *Forensic Sci. Int.* 2006, 156 (1), 74–78.
- Dror, I. E.; Péron, A. E.; Hind, S.; Charlton, D. When Emotions Get the Better of Us: The Effect of Contextual Top-Down Processing on Matching Fingerprints. *Appl. Cognitive Psych.* 2005, 19 (6), 799–809.
- Eaton, J. Fingerprints are Still Unique: A Pilot AFIS Study. Presented at the International Association for Identification Conference, Dallas, TX, August 11, 2005.
- Eaton, J. King County Sheriff's Office. Seattle, WA: Personal communication, 2006.
- Evetts, I.; Williams, R. L. A Review of the Sixteen Points Fingerprint Standard in England and Wales. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (1), 49–73.
- Faulds, H. On the Skin—Furrows of the Hand. *Nature* 1880, 22, 605.
- Faulds, H. Finger Prints: A Chapter in the History of Their Use for Personal Identification. *Sci. Am. Suppl.* 1911, 1872, 326–327.
- Faulds, H. *Dactylography or the Study of Finger-Prints*; Milner and Company: Halifax, 1912.
- Frishberg, D.; Yohe, T. I'm Just a Bill (Song lyrics); Schoolhouse Rock, American Broadcasting Company: 1975.
- Galton, F. *Finger Prints*; Dover: Mineola, NY, 2005.
- Grieve, D. L. Symposium Report Israel National Police: International Symposium on Fingerprint Detection and Identification. *J. Forensic Ident.* 1995, 45 (5), 578–584.
- Grieve, D. L. Possession of Truth. *J. Forensic Ident.* 1996, 46 (5), 521–528.
- Gupta, S. R. Statistical Survey of Ridge Characteristics. *Int. Crim. Police Rev.* 1968, 218 (130), 130–134.
- Gutowski, S. Error Rates in Fingerprint Examination: The View in 2006. *Forensic Bulletin* 2006, Autumn, 18–19.
- Haber, R.; Haber, L. Error Rates for Human Latent Fingerprint Examiners. In *Automatic Fingerprint Recognition Systems*; Ratha, N., Bolle, R., Eds.; Springer Verlag: New York, 2004; pág. 339–360.
- Hale, A. Morphogenesis of Volar Skin in the Human Fetus. *Am. J. Anat.* 1952, 91 (1), 147–173.
- Hempel, C.; Oppenheim, P. Studies in the Logic of Explanation. *Philos. Sci.* 1948, 15 (2), 135–175.
- Henry, E. R. *Classification and Uses of Fingerprints*; 1st ed.; Routledge & Sons: London, 1900.
- Huber, R. A. Expert Witness. *Crim. L. Quarterly* 1959, 2, 276–295.
- Huber, R. A.; Headrick, A. M. *Handwriting Identification: Facts and Fundamentals*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999.
- Hughes, G. Losing Sight of the Shore. *J. Forensic Ident.* 1998, 48 (5), 611–615.
- IAI-Resolution VII. *Identification News* 1979, 29 (8), 1.
- IEEGFI-II. *Method for Fingerprint Identification*; Interpol European Expert Group on Fingerprint Identification II: Lyon, France, 2004.

- Kimura, S.; Kitagawa, T. Embryological Development of Human Palmar, Plantar, and Digital Flexion Creases. *Anatom. Record* 1986, 216 (2), 191–197.
- Kimura, S.; Kitagawa, T. Embryological Development and Prevalence of Thumb Flexion Creases. *Anatom. Record* 1988, 222 (1), 83–89.
- Kingston, C. R. Probabilistic Analysis of Partial Fingerprint Patterns, Ph.D. Thesis, University of California, 1964.
- Langenburg, G.; Wertheim, K.; Moenssens, A. A. A Report of Latent Print Examiner Accuracy During Comparison Training Exercises. *J. Forensic Ident.* 2006, 56 (1), 55–92.
- Lin, C. H.; Liu, J. H.; Osterburg, J. W.; Nicol, J. D. Fingerprint Comparison I: Similarity in Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1982, 27 (2), 290–304.
- Locard, E. Les Pores et l'identification des Criminels. *Biologica* 1912, 2 (24), 357–365.
- Locard, E. La poroscopie. *Archives d'anthropologie criminelle, de médecine légale et de psychologie normale et pathologique* 1913, 28, 528–546.
- Locard, E. La preuve judiciaire par les empreintes digitales. *Archives d'anthropologie criminelle, de médecine légale et de psychologie normale et pathologique* 1914, 29 (145), 321–348.
- Luff, K. Letter to Fingerprint Society. *Fingerprint Whorld* 1993, 19 (71), 3.
- McCann, P. Interim Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Ident. News* 1971, 21 (10), 10–13.
- McCann, P. Report of the Standardization Committee of the International Association for Identification. *Identification News* 1973, 23 (8), 13–14.
- McComas, W. Ten Myths of Science: Reexamining What We Think We Know. ... *School Sci. Math.* 1996, 96, 10.
- McRoberts, A. Nature Never Repeats Itself. *The Print* 1996, 12 (5), 1–3.
- Misumi, Y.; Akiyoshi, T. Scanning Electron Microscopic Structure of the Finger Print as Related to the Dermal Surface. *Anatom. Record* 1984, 208 (1), 49–55.
- Moenssens, A. Columbia City, IN. Personal communication, 2006.
- Montagna, W.; Parakkal, P. *The Structure and Function of Skin*, 3rd ed.; Academic Press: New York, 1974.
- Montagna, W.; Kligman, A.; Carlisle, K. *Atlas of Normal Human Skin*; Springer-Verlag: New York, 1992.
- Office of the Inspector General. *A Review of the FBI's Hand-ling of the Brandon Mayfield Case—Unclassified Executive Summary*. U.S. Department of Justice: Washington, D.C., March 2006.
- Okajima, M. Frequency of Epidermal-Ridge Minutiae in the Calcar Area of Japanese Twins. *Am. J. Hum. Genet.* 1967, 19 (5), 660–673.
- Osterburg, J. W. An Inquiry into the Nature of Proof: The Identity of Fingerprints. *J. Forensic Sci.* 1964, 9 (4), 413–427.
- Osterburg, J. W.; Parthasarathy, T.; Raghaven, T. E. S.; Sclove, S. L. Development of a Mathematical Formula for the Calculation of Fingerprint Probabilities Based on Individual Characteristics. *J. Am. Stat. Associ.* 1977, 72 (360), 772–778.
- Pankanti, S.; Prabhakar, S.; Jain, A. On the Individuality of Fingerprints. In *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences (IEEE)*, Maui, HI, December 2001; pág. 805–812.
- Parsons, N. R.; Smith, J. Q.; Thönnnes, E.; Wang, L.; Wilson, R. G. Rotationally Invariant Statistics for Examining the Evidence from the Pores in Fingerprints. *Law, Probabil. and Risk* 2008, 7 (1), 1–14.
- Pearson, K. Person Identification. In *The Life, Letters, and Labours of Francis Galton*, vol. IIIA; Cambridge University Press: Cambridge, England, 1930; pág. 182.
- Popich, G.; Smith, D. The Genesis and Significance of Digital and Palmar Hand Creases: Preliminary Report. *J. Pediatr.* 1970, 77 (6), 1017–1023.
- Popper, K. *The Logic of Scientific Discovery*; Hutchinson Education: London, 1959.
- Popper, K. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*; Routledge & Kegan Paul: London, 1972.
- Roddy, A. R.; Stosz, J. D. Fingerprint Features—Statistical Analysis and System Performance Estimates. *Proceedings of the IEEE*, 1997, 85 (9), 1389–1421.



- Roddy, A. R.; Stosz, J. D. Fingerprint Feature Processing Techniques and Poroscopy. In *Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition*. Jain, L. C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S. B., Tsutsui, S., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 1999, pág. 37–105.
- Roxburgh, T. On the Evidential Value of Finger Prints. *Sankhya: Indian J. Stat.* 1933, 1 (50), 189–214.
- Saks, M. Legal Consideration of Fingerprints. Presented at the 1st International Web Conference on Human Identification E-Symposium, April 14, 2005.
- Saks, M.; Koehler, J. The Coming Paradigm Shift in Forensic Identification Science. *Science* 2005, 309 (5736), 892–895.
- Saks, M.; Risinger, D. M.; Rosenthal, R.; Thompson, W. C. Context Effects in Forensic Science: A Review and Application of the Science of Science to Crime Laboratory Practice in the United States. *Sci. and Justice* 2003, 43 (2), 77–90.
- Schiffer, B.; Champod, C. The Potential (Negative) Influence of Observational Biases at the Analysis Stage of Fingerprint Individualisation. *Forensic Sci. Int.*, 2007, 167 (2–3), 116–120.
- Sclove, S. L. The Occurrence of Fingerprint Characteristics as a Two-Dimensional Process. *J. Am. Statist. Assoc.* 1979, 74 (367), 588–595.
- Sclove, S. L. The Occurrence of Fingerprint Characteristics as a Two-Dimensional Poisson Process. *Communic. in Statist. Theoret. Meth.* 1980, A9 (7), 675–695.
- Srihari, S. N.; Srinivasan, H.; Fang, G. Discriminability of Fingerprints of Twins. *J. Forensic Ident.* 2008, 58 (1), 109–127.
- Stacey, R. Report on the Erroneous Fingerprint Individualization in the Madrid Train Bombing Case. *Journal of Forensic Identification* 2004, 54 (6), 706–718.
- Steele, L. The Defense Challenge to Fingerprints. *Crim. L. Bull.* 2004, 40 (3), 213–240.
- Stoney, D. A. Measurement of Fingerprint Individuality. In *Advances in Fingerprint Technology*; Lee, H. C., Gaensslen, R. E., Eds.; CRC Press: New York, 2001; pág. 327–387.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Critical Analysis of Quantitative Fingerprint Individuality Models. *J. Forensic Sci.* 1986a, 31 (4), 1187–1216.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Method for the Description of Minutia Pairs in Epidermal Ridge Patterns. *J. Forensic Sci.* 1986b, 31 (4), 1217–1234.
- Stoney, D. A.; Thornton, J. I. A Systematic Study of Epidermal Ridge Minutiae. *J. Forensic Sci.* 1987, 32 (5), 1182–1203.
- Stosz, J. D.; Alyea, L. A. Automated System for Fingerprint Authentication Using Pores and Ridge Structure. In *Proceedings of SPIE, Automatic Systems for the Identification and Inspection of Humans*; Mammone, R. J., Murley, J. D., Eds.; 1994, Vol. 2277; pág. 210–223.
- Stücker, M.; Geil, M.; Kyeck, S.; Hoffman, K.; Rochling, A.; Memmel, U.; Altmeyer, P. Interpapillary Lines—The Variable Part of the Human Fingerprint. *J. Forensic Sci.* 2001, 46 (4), 857–861.
- SWGFAST. Friction Ridge Examination Methodology for Latent Print Examiners, version 1.01; 2002; www.swgfast.org.
- Thornton, J. I. The Snowflake Paradigm. *J. Forensic Sci.* 1986, 31 (2), 399–401.
- Thornton, S.; Popper, K. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*; 2005; plato.stanford.edu/archives/sum2005/entries/popper (accessed June 30, 2009).
- Tietze, S. Witthuhn, K. *Papillarleistenstruktur der menschlichen Handinnenfläche*. Luchterhand: Berlin, Germany, 2001.
- Trauring, M. Automatic Comparison of Finger-Ridge Patterns. *Nature* 1963, 197, 938–940.
- U.S. vs. Mitchell*. CA-No. 96-407, *Daubert* hearing transcript, July 7–9, 12–13, 1999.
- Van Fraassen, B. *Law and Symmetry*; Clarendon Press: Oxford, 1989.
- Wayman, J. L. *When Bad Science Leads to Good Law: The Disturbing Irony of the Daubert Hearing in the Case of U.S. vs. Byron C. Mitchell*; Biometrics Publications: San Jose State University, San Jose, CA, 2000.
- Wertheim, K.; Maceo, A. The Critical Stage of Friction Ridge Pattern Formation. *J. Forensic Ident.* 2002, 52 (1), 35–85.
- Wertheim, P. A. Scientific Comparison and Identification of Fingerprint Evidence. *The Print* 2000, 16 (5).

Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; The Gorham Press: Boston, 1918.

Wilder, H. H.; Wentworth, B. *Personal Identification*; 2nd ed.; T. G. Cooke: Chicago, 1932.

Zynda, L. Lyle Zynda's Lectures on the Philosophy of Science; 1994; [www.soc.iastate.edu/sapp/phil\\_sci\\_lecture00.html](http://www.soc.iastate.edu/sapp/phil_sci_lecture00.html) (accessed June 30, 2009).

## 14.8 Información Adicional

Champod, C. *Reconnaissance automatique et analyse statistique des minuties sur les empreintes digitales*. Ph.D., Thesis, Université de Lausanne, Institut de Police Scientifique et de Criminologie, 1996.

Epstein, R. Fingerprints Meet Daubert: The Myth of Fingerprint "Science" Revealed. *S. Cali. L. Rev.* 2002, 75, 605–658.

Holt, S. B. *The Genetics of Dermal Ridges*; Charles C Thomas: Springfield, IL, 1968.

Loesch, D. *Quantitative Dermatoglyphics: Classification, Genetics, and Pathology*; Oxford University Press: New York, 1983.

National Institute of Justice. *Forensic Friction Ridge (Fingerprint) Examination Validation Studies*; National Institute of Justice, U.S. Department of Justice; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, 2000.

Okajima, M. Frequency of Forks in Epidermal-Ridge Minutiae in the Finger Print. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1970, 32 (1), 41–48.

Okajima, M. Epidermal-Ridge Minutiae in the Hallucal Area. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* 1977, 34, 285–290.

Okajima, M. Quantitative and Genetic Features of Epidermal Ridge Minutiae on the Palm of Twins. *Hum. Heredity* 1984, 34 (5), 285–290.

Ökrös, S. *The Heredity of Papillary Patterns*; Publishing House of Hungarian Academy of Sciences: Budapest, 1965.

Roberts, D. F. Dermatoglyphics and Human Genetics. In *Dermatoglyphics—Fifty Years Later*; Wertelecki, W., Plato, C., Paul, N. W., Eds.; Alan R. Liss Inc.: New York, 1979; pág. 475–494.

Samuels, J. Letter regarding "Forensic Friction Ridge (Fingerprint) Examination Validation Studies". National Institute of Justice. U.S. Department of Justice: Washington, DC, June 20, 2000.