

L'EMPRESA DACTILAR

COM A MARCA

D'IDENTIFICACIÓ

PERSONAL



## **Agraïments:**

Certament, ara fa uns mesos no tenia ni la més remota idea de com començar el treball, avui, per contra, no sé com acabar-lo. Suposo que ara és el moment de donar les gràcies a totes aquelles persones que s'han implicat amb el meu treball, que han dedicat part del seu temps a tutoritzar-me o ajudar-me. Gràcies, primerament, als meus companys i amics, els quals em van ajudar amb la meva part pràctica. Gràcies també a la gent esquerrana que em va ajudar a última hora, la vostra aportació ha estat de gran importància per adonar-me de que realment la investigació no s'acaba mai. Gràcies a la gent d'Argó i al José Manuel Tortosa López de la Universitat Autònoma, heu obert un món que fins ara m'era desconegut. I gràcies, evidentment, a la meva tutora, la Laura López, qui mai m'ha posat complicacions ni fronteres a l'hora de realitzar el treball.

Espero que sigui qui sigui qui llegeixi el treball, gaudeixi llegint-lo tant o més del que jo l'he gaudit, perquè, encara que sigui l'estressant Tdr, m'ha agradat molt fer-lo.

També m'agradaria que es tingués present la idea més filosòfica que no pas científica que he extret del treball i que, evidentment, no consta a les conclusions del treball. Tots som tan diferents i únics, que fins i tot la nostra punta dels dits ho demostra.

*“ Si sabés el que estic fent, no n'hi diria investigació, veritat? “*

*-Albert Einstein*

## Índex de continguts

Introducció.....	8
1 Identificació de persones.....	10
1.1 Factors d'identificació .....	10
1.2 Procés i sistema d'identificació.....	10
2 Què són i on es troben les empremtes? .....	12
2.1 Definició d'empremta dactilar.....	12
2.2 Origen de les empremtes dactilars.....	12
2.2.1 L'epidermis i la dermis.....	12
3 Formació de les empremtes dactilars.....	15
3.1 Teoria de formació de patrons en el desenvolupament embrionari.....	15
3.2 L'ambient.....	18
4 Conceptes bàsics.....	20
4.1 Principis de les empremtes.....	20
4.2 Utilitat.....	20
5 Falses creences: els bessons monozigòtics.....	22
5.1 Diferents tipus de bessons.....	22
6 Adermatoglifia.....	24
7 Història de la dactiloscòpia.....	26
7.1 El sistema Bertillon.....	26
7.2 Orígens.....	27
7.3 Dactiloscòpia.....	27
7.3.1 William Herschel.....	27
7.3.2 Henry Faulds.....	28
7.3.3 Francis Galton.....	29
7.3.4 Juan Vucetich.....	29
7.3.5 La dactiloscòpia a Espanya.....	30
8 El pes de l'empremta als tribunals.....	31
9 Classificació i interpretació de crestes.....	32
9.1 Sistemes i deltes.....	32
9.2 Figures dèrmiques.....	34
9.3 Altres característiques dèrmiques importants.....	38
10 Elaboració pràctica.....	40
10.1 Hipòtesis i deduccions.....	40

10.2 Disseny de l'experiment i metodologia.....	40
10.3 Formulació i subformulació.....	41
10.4 Resultats Hipòtesi 1.....	43
10.5 Resultats Hipòtesi 2.....	46
10.6 Prova $\chi^2$ .....	48
10.7 Prova T-Student.....	49
10.8 Interpretació dels resultats.....	50
Conclusions.....	51
Bibliografia i Webgrafia.....	54
Índex d'il·lustracions i taules.....	57

## **Introducció**

Som nosaltres qui hem donat una designació particular, especial, a la matèria i als éssers. I aquesta designació amb els sentits: la vista, el tacte... Si no elaboréssim una identificació no ens podríem comunicar entre nosaltres, la vida en comunitat no seria possible. Quantes vegades hem saludat a una persona una vegada la reconeixem visualment?

Distingim els comestibles per la vista, l'olfacte... Gràcies a la identificació podem classificar les persones i els objectes. Però què ens fa ser únics?

**És possible que existeixin uns dibuixos específics que caracteritzin a tots i cadascun dels éssers humans per separat?**

## Introducció



# 1 Identificació de persones

La identitat és un conjunt de característiques que fan a una persona diferent de les demés i, d'aquesta manera, només igual a sí mateixa. Tenint en compte aquestes característiques (principi d'identitat, Rosset i Lago, 1984), es fa evident la necessitat d'identificació.

La identificació és un procés per reconèixer a un individu, viu o mort o les restes d'un cadàver a partir de determinats mètodes i processos. Aquest procés s'utilitza constantment, per exemple, al creuar fronteres, per temes policials, a reunions, events, locals o fins i tot al treball.

## **1.1 Factors d'identificació**

- Morfològics: Són d'aparició externa. Es distingeixen en naturals; edat, estatura, sexe, empremtes dactilars, posició dental, pell... I adquirits; cicatrius, tatuatges, tractaments estètics, tractaments dentals...
- Bioquímics naturals: saliva, residus corporals, semen...

## **1.2 Procés i sistema d'identificació**

La identificació de persones és duta a terme per un seguit de processos, anant des de la identificació visual de la persona fins a la justificació de la identitat a partir d'un document com ara un DNI o un passaport.

Els sistemes d'identificació es poden dividir en manuals i en automàtics. Els manuals són els sistemes que requereixen una persona a l'hora de comprovar la identitat, per exemple amb les fotos de carnet. En canvi, els automàtics no necessiten a ningú en el moment de la verificació, només al moment de crear la plantilla, que es guardarà en un equip de control i que després servirà per a identificar a la persona, per exemple, un reconeixement facial.

## Identificació de persones

La identificació automàtica és més segura, fiable i còmode i en els últims temps és el sistema d'identificació que més predomina. Dins d'aquest sistema s'hi troben diferents maneres de reconeixement: empremtes dactilars, reconeixement facial, reconeixement de veu, control mitjançant la lectura dels iris, palmell de la mà, lector de venes... D'aquestes maneres de reconeixement, la més utilitzada de totes és l'empremta dactilar amb milions d'equips informàtics que funcionen ja des de fa gairebé deu anys.

## **2 Què són i on es troben les empremtes?**

### **2.1 Definició d'empremta dactilar**

L'empremta dactilar és una marca, única per a cada individu, que es deixa amb els dits de les mans quan aquests toquen una superfície.

La ciència que estudia les empremtes es diu dactiloscòpia, que ve del grec “daktylos” (dits) i “skopein” (examen o estudi). Del dibuix que es forma amb el tou dels dits se'n diu dactilograma, també provinent del grec “daktylos” i “grammas” (escrit). Els dactilogrames papil·lars fan referència als dits de les mans específicament.

### **2.2 Origen de les empremtes dactilars**

L'empremta dactilar s'origina a l'òrgan més extern i amb més extensió del cos humà, la pell. Concretament, al tou dels dits, que és d'una pell dura i robusta. La pell consta de tres capes de teixits diferenciats, absolutament units en la seva total extensió: l'epidermis, la dermis i l'hipoderma. Tot i així, quan es fa referència a la pell no es parla de l'hipoderma i se l'anomena teixit cel·lular subcutani.

#### **2.2.1 L'epidermis i la dermis**

L'epidermis, la capa més superficial, està en constant renovació i no té vasos sanguinis, de manera que es nodreix per difusió a partir de la dermis, (la següent capa). És a l'epidermis on es poden apreciar les crestes papil·lars<sup>1</sup> i els solcs<sup>2</sup>. Les crestes i els solcs s'alternen i donen lloc als dibuixos que formen les empremtes.

---

1 Relleus epidèrmics

2 Depressions que separen les crestes papil·lars

Què són i on es troben les empremtes?



*Il·lustració 2.1: Crestes i solcs d'una empremta dactilar*

La capa del mig i de naturalesa conjuntiva és la dermis. La dermis té dues parts diferenciades: un extracte més intern o extracte subcutani i un extracte més extern o extracte papil·lar<sup>3</sup> format per les papil·les dèrmiques, que es projecten cap a la superfície. La forma d'aquestes papil·les és molt variada.

Les papil·les donen lloc a la formació d'uns relleus (crestes papil·lars). L'explicació donada per Dambolena<sup>4</sup> és que la primera línia (o cresta) s'inicia en un costat del dit a partir de la primera papil·la i a continuació d'aquesta s'hi van col·locant més papil·les que creixen d'abaix cap a dalt formant cadena a mesura que es desenvolupen els nervis o els vasos sanguinis. De la mateixa manera i juxtaposades a l'anterior línia, es van formant més línies successives. Si la línia està formada per una successió de papil·les simples aquesta segueix ininterrompudament fins que una papil·la composta la interromp. Com que la papil·la està composta de dues cúspides, la línia es bifurca en dos línies noves, fet que explica totes les formes diverses de línies que s'observen als dactilogrames.

Així doncs, l'alineació d'aquestes papil·les, fet que només es produeix a la pell del palmell de la mà i de la planta del peu, és essencial perquè són elles les que determinaran les formes de les crestes papil·lars.

En la pell fina, hi ha menys capes cel·lulars a cada estrat epidèrmic i, fins i tot, poden no ser-hi un o més estrats. Les papil·les dèrmiques puguen en sentit ascendent de forma

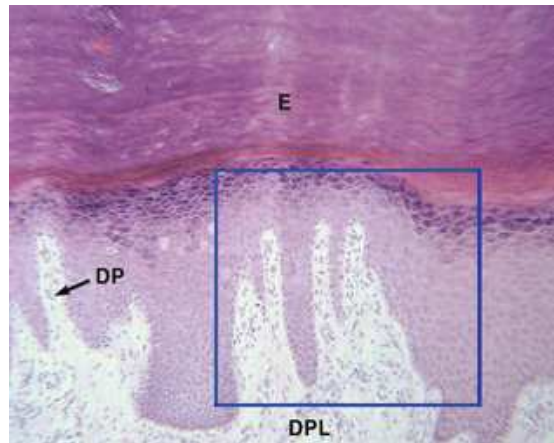
---

<sup>3</sup> A sobre d'aquest extracte s'hi troba l'epidermis

<sup>4</sup> Al seu llibre Genètica Dactiloscòpica

## 2 Què són i on es troben les empremtes?

individual i no hi ha crestes paral·leles elevades, per tant, no es formen les empremtes dactilars a l'epidermis més superficial.



*Il·lustració 2.2: Papil·les de la dermis, (de color més clar), i l'epidermis (E)*

Al llom de les crestes papil·lars hi trobem els orificis de les glàndules sudorípares, les quals tenen com a funció la termoregulació per l'evaporació de la suor i humitat de la pell. Al tou dels dits hi ha unes 600 glàndules per centímetre quadrat de pell, les quals segreguen un litre de suor en condicions normals i poden arribar a perdre fins a deu litres en condicions extremes. Una vegada surt, la suor, s'escampa per totes les crestes i es barreja amb la grassa natural de la pell. Gràcies a això, quan es toca un objecte on les empremtes s'hi puguin retenir, les crestes deixaran la impressió. Aquesta, estarà formada per una sèrie d'elements: més del 99% d'aigua, clorur sòdic, aminoàcids, àcids grassos i proteïnes.



## 3 Formació de les empremtes dactilars

### ***3.1 Teoria de formació de patrons en el desenvolupament embrionari***

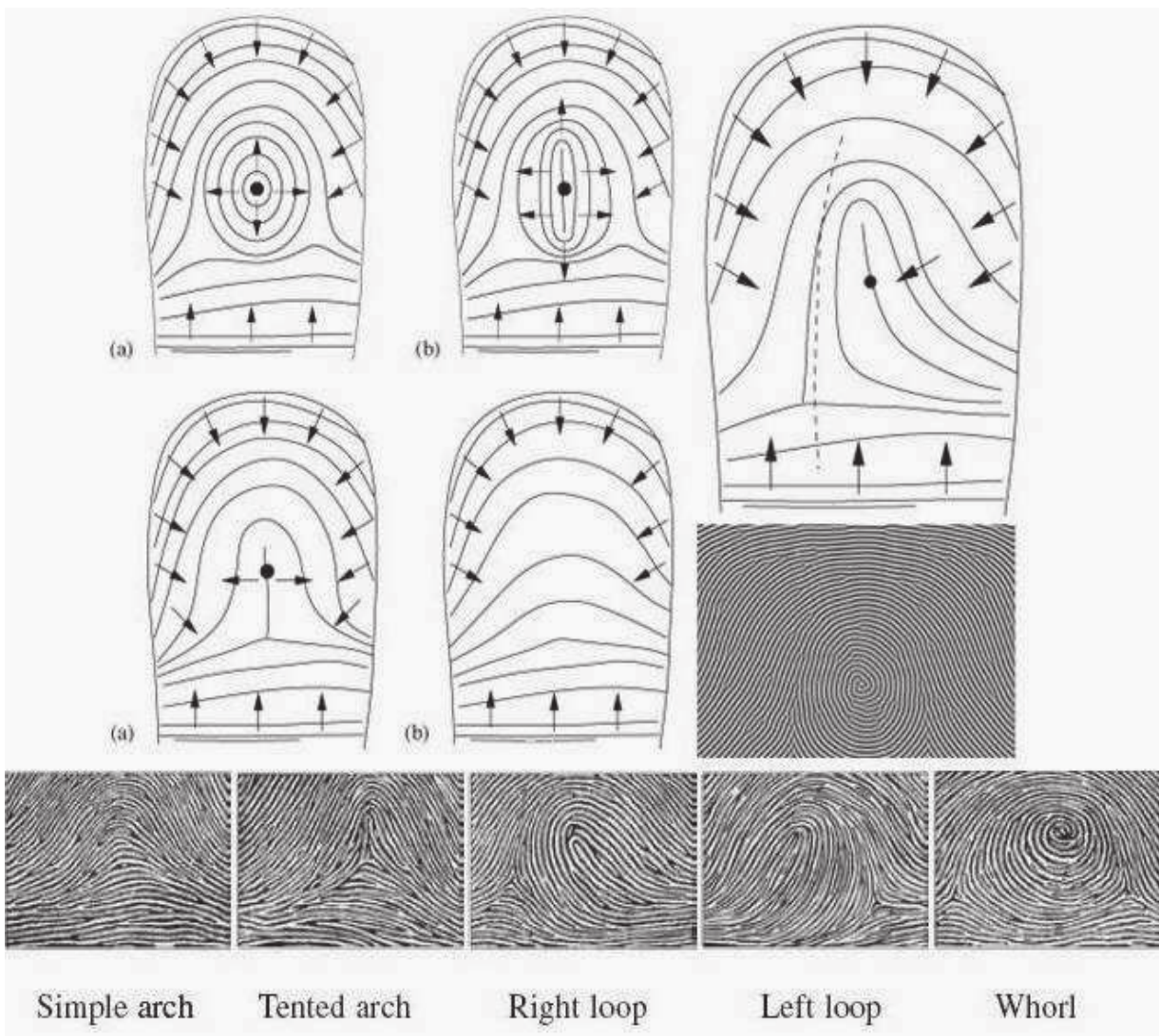
Per molt que s'hagin fet molts estudis sobre el tema, encara no se sap exactament com es formen les empremtes. Tot i així, en un estudi titulat *Fingerprint formation* fet pels matemàtics Michael Kücken i Alan C. Newell i publicat a *Journal of Theoretical Biology* (235: 71-83, 2005) , s'hi tractava el tema i s'hi va proposar un model que reproduïx les empremtes dactilars reals d'una manera molt realista. L'estudi es va fer mitjançant unes equacions, (de l'elasticitat de von Karman<sup>5</sup>, dues equacions en derivades parcials acoblades fortament no lineals), i una anàlisi per ordinador que els va proporcionar bones aproximacions a la realitat.

Els patrons de les empremtes són resultat de camps de força elàstica no líniais en competició a la capa basal de cèl·lules entre la dermis i l'epidermis. La competició es produeix entre diferents forces; les que formen els plecs de la pell i les que intenten restringir el creixement adaptant-se a la forma geomètrica de la punta de cada dit en fase embrionaria. Aquests camps de força deformen els patrons inicials que hi ha al tou dels dits, aconseguint que es produeixin formes diverses.

---

<sup>5</sup> Veure VON KARMAN, Theodore: *The Buckling of Spherical Shells by External Pressure*. Journal of the Aeronautical Sciences, California. Vol.7, No.2 (1939), pp. 43-50.

## Formació de les empremtes dactilars

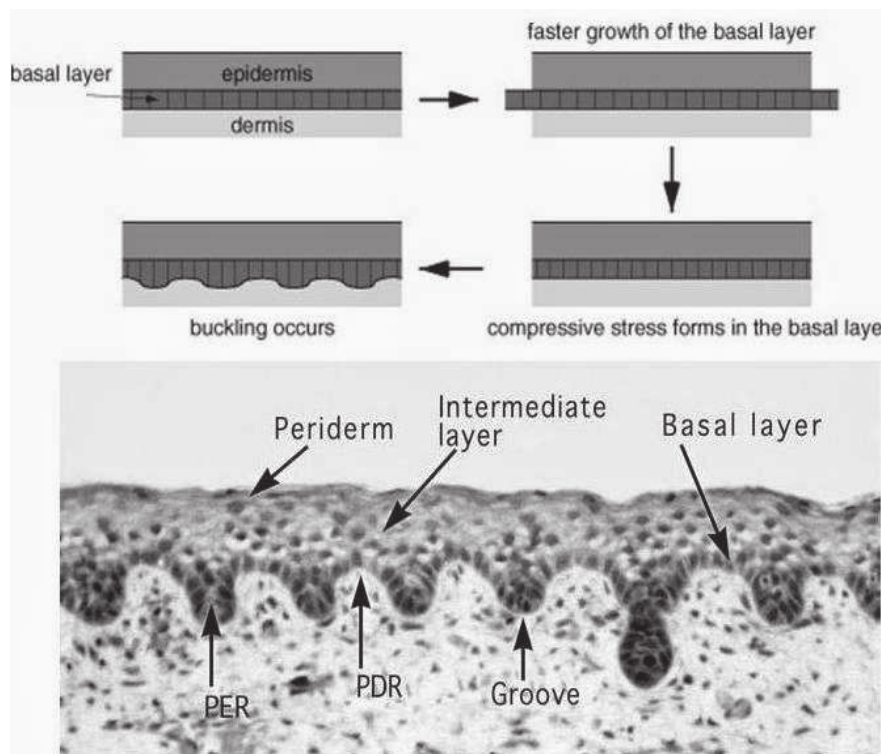


*Il·lustració 3.1: Exemple dels camps de força i resultat d'empremtes generades per simulació numèrica de les equacions de Kücken-Newell.*

Tot aquest procés és degut al creixement ràpid de la capa basal, que produeix que s'encongeixi com una goma elàstica, generant el relleu de l'empremta.



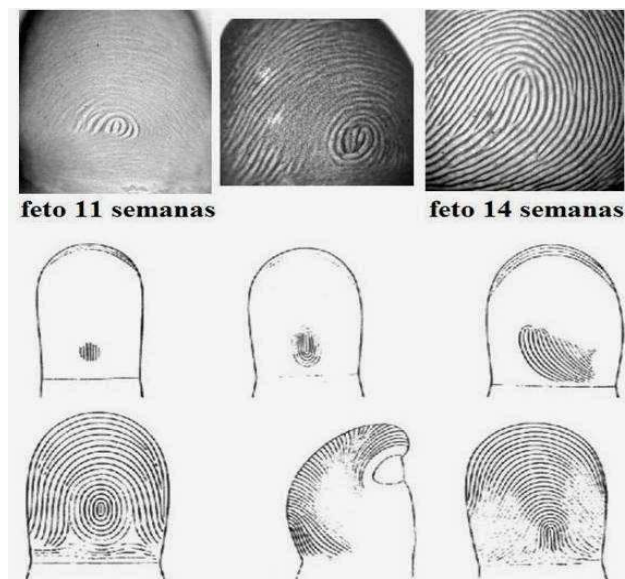
### 3 Formació de les empremtes dactilars



*Il·lustració 3.2: Procés de contracció de la capa basal*

Els dits comencen a separar-se els uns dels altres al fetus durant la sisena setmana d'embaràs generant diferències en la forma geomètrica de cada dit. Quan els dits creixen també produeixen tensions, les quals creen solcs que són perpendiculars a la seva direcció. El tou dels dits es comença a definir a partir de la desena setmana, quan es comencen a formar les primeres ondulacions que formaran l'empremta, uns patrons que creixen i es deformen fins a ocupar el dit sencer. La formació de l'empremta finalitza, més o menys, durant la setmana 19, començant per les dactilars, seguides de les palmars i acabant amb les plantars.

## Formació de les empremtes dactilars



*Il·lustració 3.3: Empremses embrionàries*

### **3.2 L'ambient**

Es podria pensar que les nostres empremtes s'hereten, però el punt clau que les determina és l'ambient.

Les empremtes dactilars es creen quan la nostra pell s'està formant al ventre de la nostra mare. És llavors quan aquesta està sotmesa a les pressions intrauterines, al líquid amniòtic, a la pressió sanguínia, a la nutrició, als moviments i a la posició del fetus a l'úter... Això explica per què les empremtes són diferents fins i tot en els dits d'una mateixa mà. Durant aquesta formació la pell té una textura de ciment tou.

Quan la pell s'acaba de formar les empremtes són permanents.

En el cas de la part heretable, s'han fets molts estudis de comparació de les línies dels dits en varies generacions d'una mateixa família i s'ha determinat que les empremtes dactilars no s'hereten, tot i que sí que és veritat que hi ha certa tendència a repetir uns patrons determinats entre consanguinis directes i sembla que una estructura inicial ve definida genèticament, però no s'ha pogut establir com a regla general.

## 4 Conceptes bàsics

### 4.1 Principis de les empremtes

Hi ha tres fonaments científics en els quals es basen tots els sistemes dactiloscòpics i que s'han de tenir presents:

- **Immutabilitat:** Les empremtes dactilars no canvien mai. Si bé és cert que durant el creixement, les empremtes creixen amb l'individu. Es canvia la dimensió però mai la proporció i forma d'aquestes, es mantenen immutables. La configuració de les crestes tampoc es veu afectada pels diversos factors ambientals, però sí que es poden arribar a destruir mitjançant danys mecànics i químics agressius. Una cicatriu faria desplaçar el conjunt de crestes, però mai canviar-lo.
- **Perennitat:** Les empremtes es creen durant la vida intrauterina i persisteixen amb l'individu fins que els processos de descomposició i putrefacció destrueixen les crestes papil·lars.
- **Variabilitat:** Es possible individualitzar tots i cadascun dels dactilogrames existents a partir de certs elements o característiques. Tant és així, que els dactilogrames s'utilitzen, com ja s'ha explicat abans, per identificar persones.

### 4.2 Utilitat

La funcionalitat de les empremtes dactilars no es coneix, ja que les empremtes no venen prèviament “dissenyades” sinó que són producte d'un procés evolutiu junt amb l'atzar. Això sí, se'ls atribueix un significat funcional i evolutiu específic que és el mateix que la utilitat que els hi donem: ajuden al sentit del tacte. Gràcies a les crestes dels dits la superfície de la pell no és del tot llisa i això permet agafar objectes amb una certa adherència. Millora la sensibilitat tàctil i a més a més, la suor es distribueix millor. Als peus també hi tenim empremtes però aquestes han perdut la seva utilitat biològica.

## Conceptes bàsics

## 5 Falses creences: els bessons monozigòtics

*“Los hermanos Kempf Ribas tienen el mismo ADN y sus marcas digitales son idénticas, porque proceden de un único óvulo que al iniciar el embarazo se dividió en tres, y porque se han gestado en una sola placenta, que de forma espontánea se compartimentó separando los cuerpecitos con membranas internas. Esto permitió que cada uno tuviera su líquido amniótico individual y no se produjeran desequilibrios en la formación de los tres cuerpos.”*

(El periódico, 13/08/2007)

Frases com aquestes es troben als mitjans de comunicació fàcilment. És fàcil pensar que dues persones d'aspecte igual han de tenir la punta dels dits amb les mateixes empremtes. Però la realitat és que els bessons monozigòtics no comparteixen les empremtes malgrat que sí que tenen el mateix DNA. Per entendre-ho és essencial saber diferenciar entre els diferents tipus de bessons, que, en català, s'anomenen tots amb la mateixa paraula, a diferència del castellà, que s'utilitzen els termes “mellizo” y “gemelo” per referir-se a uns o altres.

### 5.1 Diferents tipus de bessons

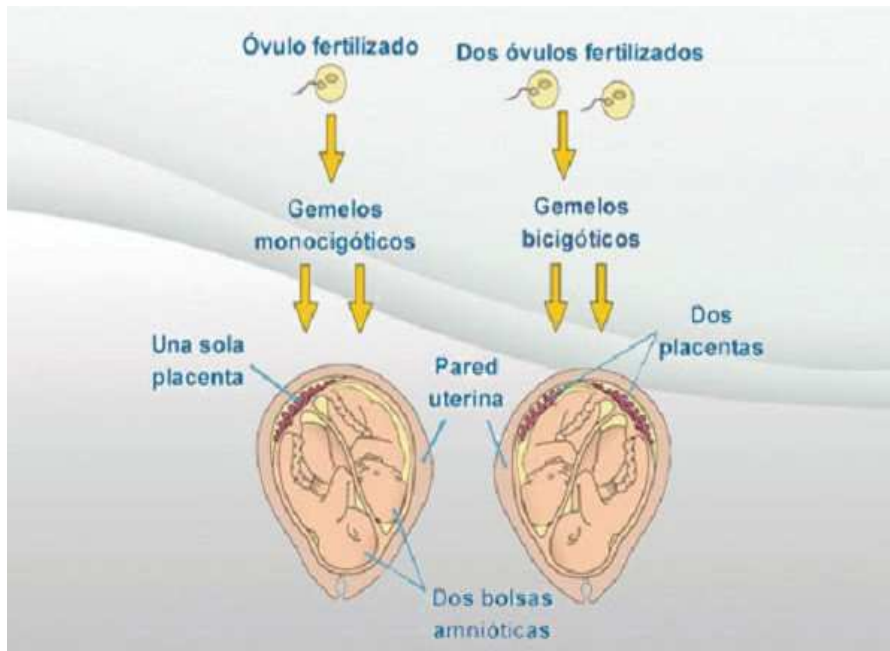
Quan es parla de bessons és per referir-se a dos o més individus que han compartit el mateix úter i neixen el mateix dia, dos fills nascuts del mateix embaràs. En el cas dels bessons dizigòtics, els individus provenen de dues fecundacions diferents i, per tant, de dos zigots diferents, (mellizos). Aquests no comparteixen bossa amniòtica<sup>6</sup> ni tampoc exactament el mateix DNA, igual que amb un germà nascut en un part diferent. Pel que fa als bessons monozigòtics, no provenen de dues fecundacions diferents, sinó de la mateixa, com bé diu el fragment de l'article “de un único óvulo”. Quan el zigot es va

---

<sup>6</sup> Cal saber diferenciar entre bossa amniòtica i placenta.

## Falses creences: els bessons monozigòtics

dividint es parteix per error, i, com que les divisions són per mitosi, les dues parts del zigot seran clons, compartint així doncs, exactament el mateix DNA i bossa amniòtica.



*Il·lustració 5.1: Diferència entre bessons monozigòtics (primera part de l'esquema, a l'esquerra) i bessons dizigòtics (segona part de l'esquema, a la dreta)*

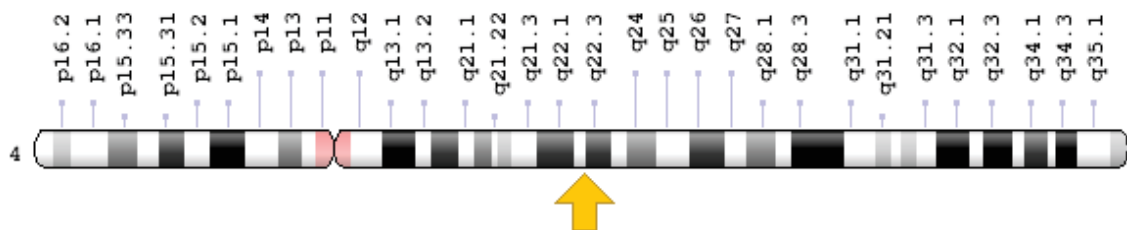
Ara bé, la formació de les empremtes està condicionada per l'ambient, el qual, encara que els clons estiguin dins una mateixa bossa amniòtica, serà diferent. Per tant, les empremtes dels bessons monozigòtics seran completament diferents entre si, desmentint, d'aquesta manera, el tros subratllat de l'article citat.

## 6 Adermatoglifia

L'adermatoglifia és un transtorn genètic en el qual la persona afectada presenta falta de crestes papil·lars tan de les mans com dels peus.

La policia podria arribar a témer molt aquesta transtorn si no fos perquè només afecta a unes quatre famílies conegudes d'arreu del món.

Quan es va començar a investigar sobre el transtorn, es feia evident que era genètica ja que d'un total de setze membres investigats d'una de les famílies, (de Suïssa), nou no tenien les empremtes. Gràcies a l'anàlisi genètic que es va fer de la família, liderat pel dermatòleg Eli Sprecher, es van fer progressos per entendre el transtorn. Es van comparar els gens dels afectats amb els gens dels familiars sans per a trobar la ubicació de l'alteració genètica i es va descobrir que el transtorn és degut a diverses mutacions en el gen SMARCAD1, situat al braç llarg del cromosoma quatre (4q22.3).



*Il·lustració 6.1 Posició del gen SMARCAD1 al cromosoma 4*

Segons l'article que va publicar Sprecher a "American Journal of Human Genetics", aquest gen codifica dos isoformes de la proteïna SMARCAD1: una isoforma de longitud completa i una isoforma més curta, específica de la pell. La isoforma de longitud completa s'expressa en molts teixits, on hi regula una gran varietat de gens implicats en el manteniment de l'estabilitat de la informació genètica cel·lular. La isoforma específica de la pell s'expressa només en cèl·lules de la pell i sembla probable que

## Adermatoglifia

sigui un dels factors que fan de cada empremta una marca única.

S'han identificat quatre mutacions en el gen SMARCAD1 responsables de l'adermatoglifia. Aquestes mutacions afecten a la isoforma específica de la pell però no a la isoforma de longitud completa. Aquests canvis genètics inhibeixen la codificació de qualsevol isoforma específica de la pell funcional a partir d'una còpia del gen, el que redueix la quantitat total d'aquesta proteïna en les cèl·lules de la pell.

No està del tot clar com aquests canvis genètics condueixen a l'adermatoglifia però és probable que la deficiència de la versió específica de la proteïna SMARCAD1 afecti a les vies de senyalització necessàries pel desenvolupament i la funció normal de la pell, incloent-hi la formació de les empremtes.

Aquest trastorn s'hereta amb un patró autosòmic dominant, el que significa que una còpia del gen alterat en cada cèl·lula és suficient perquè el trastorn s'expressi.

A més a més, el gen també s'associa a la formació de les glàndules sudorípares i provoca una producció de suor molt escassa.

Les persones amb adermatoglifia no tenen problemes greus que compliquin la salut, només molèsties lleus per la falta de glàndules sudorípares. Tot i així, el trastorn sí que afecta als mitjans d'identificació mundials, les persones afectades tenen problemes a l'hora de viatjar, aconseguir documents o fins i tot a l'hora de desbloquejar el telèfon mòbil.



## 7 Història de la dactiloscòpia

### 7.1 El sistema Bertillon

Alphonse Bertillon, (parís 1853- Suïssa 1914), va ser un investigador i impulsor de mètodes d'individualització antropològica que va treballar per la policia de París. La intenció de Bertillon era canviar el sistema; no estava d'acord en l'ús de la força a l'hora d'identificar els criminals. La seva disciplina va ser exposada al 1882. Es tractava de l'antropometria, una tècnica d'identificació mitjançant la mesura de varies parts del cos i el cap, marques individuals, tatuatges, cicatrius i altres característiques personals del sospitós, partint del principi que diu que no existeixen dues persones absolutament idèntiques. De fet, el sistema era considerat pràcticament infal·lible: prenent certa quantitat de mesures susceptibles de no variar al llarg de tota una vida, s'aconseguiria identificar a un individu, de l'edat que fos i amb els canvis que s'hagués fet. Per tretze mesures preses, els riscos de confusió son estadísticament de 1 entre 4.194.304 milions i, per catorze, de 1 entre 268.435.456 milions. Teòricament, el mètode no permetia pràcticament l'error.

Camescasse, (un superior seu), el va escoltar i li va concebre un període de tres mesos per, no explicar, sinó demostrar el seu sistema. Durant el mes de febrer de 1883, Bertillon va identificar, gràcies al mètode, el seu primer criminal, un pres que s'havia escapat de la presó.

Des d'aquell moment la jerarquia el va tenir en compte i els resultats van ser espectaculars. En un any, el sistema va permetre detenir a uns 50 criminals i ell mateix va construir un fitxer de 7.300 fitxes. A més, el sistema va ser adoptat ràpidament a Europa i també als Estats Units.

Al 1888 es va crear un nou servei: la identitat judicial, confiat a Bertillon. Bertillon, a més a més, va aportar moltes idees i tècniques importants, com ara la fitxa policial. Va elaborar la metodologia necessària pel registre i comparació de totes les dades dels processats. Va estandarditzar les fotografies d'identificació i les imatges fetes servir

## Història de la dactiloscòpia

com a evidències. Va desenvolupar la fotografia mètrica, que busca reconstruir les dimensions d'un lloc i la ubicació dels objectes trobats, entre d'altres.

Però, amb l'ús, el seu sistema va resultar ser difícil de dur a terme; les mesures es modificaven amb l'edat, el mètode no servia pels malfactors menors d'edat... A més, va aparèixer un nou mètode d'identificació que prendria la fama al seu sistema.

El mètode de Bertillon va fracassar estrepitosament quan es van trobar dues persones diferents que tenien el mateix conjunt de mesures.

### **7.2 Orígens**

Quan parlem dels orígens de la dactiloscòpia, ens hem de centrar en dues èpoques claus:

- El descobriment dels dibuixos que formen les crestes papil·lars i els solcs als dits de les mans.
- L'aplicació tècnica al problema de la identificació personal.

És cert que es té constància de marques dactilars utilitzades per la identificació des de fa molt de temps. Alguns investigadors afirmen que certs dibuixos prehistòrics, que daten del neolític, representen les empremtes dactilars. També, segons certs països de l'Extrem Orient, hi ha impressions d'empremtes com a signe d'identificació personal en segells d'argila i documents que datarien de primers de segle de la nostra era.

Tot i així, no és fins a finals del segle XVII que comença l'anàlisi tècnic de les crestes papil·lars, (ja que aquestes marques manquen de detalls amb valor identificatiu), gràcies al microscopi, el qual va ajudar a l'impuls de la dactiloscòpia.

### **7.3 Dactiloscòpia**

En relació a l'aplicació tècnica al problema de la identificació personal a partir de les empremtes dactilars, s'hi han dedicat moltes persones des de mitjans del segle XIX fins a principis del segle XX, però els mèrits i la gestió principal s'atribueixen a aquestes quatre persones:

#### **7.3.1 William Herschel**

Herschel, que treballava pel servei civil indi, es va adonar que l'estudi de les empremtes dactilars podria ajudar-lo a lluitar contra els fraus d'identitat en les pensions

estats. Després d'estar més de vint anys recollint empremtes es va adonar que les noves impressions de les empremtes de les mateixes persones al cap del temps no variaven i el fet de fer servir aquella nova idea per detenir als impostors el va fer pujar de nivell dins l'administració índia. A l'any 1895 va publicar un estudi que certificava el bon funcionament de les impressions dactilars en la identificació personal i va demostrar la persistència dels punts característics de les crestes papil·lars fent servir les seves pròpies empremtes.

Herschel podria ser el primer home que es va interessar en les empremtes d'una manera pràctica però paral·lelament als estudis de Herschel, un metge escocès també es va interessar per les empremtes.

### **7.3.2 Henry Faulds**

Metge escocès. El seu interès per les empremtes comença en unes excavacions amb l'arqueòleg Edward S. Morse. Faulds es va adonar dels patrons que hi havia marcats als recipients de fang i va arribar a la conclusió de que les marques tenien uns 2000 anys i pertanyien a les empremtes que tenim als dits. Després de nombrosos estudis com ara cremar-se els dits amb àcid sulfúric per comprovar si les empremtes es borraven, va descobrir que quan les crestes papil·lars es tornen a regenerar no canvien, es mantenen immutables. Al 1850 proposa a Darwin que li faigui costat a l'hora de presentar les empremtes com a mètode d'identificació però ni aquest ni el cosí d'aquest (Francis Galton) no l'ajuden. L'any 1880 va publicar un article a la revista *nature* anomenat "Sobre la pell- Solcs de la mà" el qual no va tenir èxit per falta d'evidències. Al 1894, Faulds va publicar una carta dirigida a William Herschel convidant-lo a presentar algun document oficial que afirmés que ell s'hagués interessat abans per l'excepcionalitat de les empremtes. Aquesta carta, lluny de donar-li la raó a Faulds va fer que Herschel publicés una carta amb tots els documents demanats. Això va fer que Faulds quedés completament al marge de les investigacions fins que Galton, que tenia molt més poder i influència, va voler ampliar la recerca d'aquest interessant-se en les empremtes. El "Henry Classification System" ampliat pel pròpi Galton, va ser aprovat a Londres al 1901 i al 1903 el departament de policia de Nova York i la presó estatal van adoptar el sistema.

### **7.3.3 Francis Galton**

Britànic. No li interessava gaire la dactiloscòpia fins que va assistir a una conferència que va fer-li agafar interès pel tema. Galton va calcular la probabilitat que dues persones tinguin una mateixa empremta dactilar i va estudiar l'heretabilitat i les diferències racials de les empremtes dactilars. Galton va escriure diversos articles sobre la dactiloscòpia. Sense adonar-se'n, va desencadenar una polèmica entre Herschel i Faulds degut a que uns anys abans havia ignorat una carta de Faulds, (que segons Galton Darwin no li havia transmès), i més tard, quan va necessitar ajuda, es va posar en contacte ni més ni menys que amb Herschel, el "rival" de Faulds.

A l'any 1892 va publicar el primer llibre anomenat "Empremtes Dactilars" en el qual proposava el primer sistema de classificació i catalogació, a partir de l'arxiu dels deu dits. Aquest sistema va ser un eix pels sistemes actuals, amb ell va classificar i arxivar 2.632 empremtes. El seu estudi amb una base científica va ser clau a l'acceptació de la dactiloscòpia pels tribunals.

Segons els càlculs de Galton, la possibilitat de trobar dues empremtes iguals seria d'una entre 64 bilions en comparació amb l' 1 entre 4.194.304 milions (per tretze marques) de l'antropometria de Bertillon.

Al 1897, la impressió dactilar, ja com a mètode d'identificació es va adoptar únicament com a complement del sistema Bertillon tot i que ben aviat es va demostrar que aquest nou era molt millor gràcies a la seva infal·libilitat i fàcil aplicació.

### **7.3.4 Juan Vucetich**

Argentí, d'origen austrohongarès. Al 1891, Juan Vucetich, qui posseïa un alt càrrec al Departament de Buenos Aires, va ser l'encarregat d'organitzar l'oficina d'identificació de la institució amb el sistema Bertillon. Però gràcies als avenços de Galton, Vucetich va considerar el nou sistema al organitzar l'oficina. Al setembre del mateix any, va prendre les impressions dactilars a vint-i-tres persones per inaugurar la primera oficina d'identificació amb crestes papil·lars fent servir el sistema que porta el seu nom. Vucetich va ser el primer investigador que va aconseguir detenir a una assassina a partir d'una empremta dactilar.

### **7.3.5 La dactiloscòpia a Espanya**

Federico Olóriz, antropòleg granadí, va ser qui va introduir el sistema d'identificació de persones mitjançant les empremtes dactilars a Espanya, al 1909.

Olóriz anava a les presons madrilenyes per mesurar presos a partir del sistema Bertillon. Quan el van ascendir a cap del servei d'identificació judicial va buscar un sistema millor, topant finalment amb les empremtes dactilars. L'antropòleg havia estudiat prop de 3.000 dactilogrames quan va saber que Vucetich ja havia desenvolupat un mètode infal·lible. El va examinar i va treballar amb aquest, redefinint-lo i establint d'aquesta manera el Sistema d'identificació dactiloscòpic espanyol, que es basa en la forma, el número i la disposició d'un dibuix en l'empremta. Tot i que no es deixa de considerar un mètode bastant similar (quasi be el mateix), que el de Juan Vucetich. Com tots els mètodes mencionats, ja no es treballa amb aquest sistema, (concretament des de 1982).



## 8 El pes de l'empremta als tribunals

La prova lofoscòpica, (empremta), pot ser de gran importància a un tribunal. A partir dels informes pericials<sup>7</sup>, els quals fan contrast entre empremtes trobades al lloc dels fets i amb les que s'han pres dels sospitosos, es pot arribar, amb un alt grau de certesa, a confirmar la culpabilitat d'un sospitós.

La prova lofoscòpica s'emmarca a la pericial que serveix per a la determinació de la identificació de l'autor d'una infracció penal.

L'empremta és una prova preconstituïda<sup>8</sup> ja que recollir i revelar les empremtes és una tècnica irrepètible en molts casos. Però per molt que una empremta coincideixi amb la mateixa del sospitós, aquesta no prova l'autoria del delictes sinó només que una persona era a un lloc determinat. Això sí, en funció de les circumstàncies, (declaracions, moment i lloc de la recollida , l'anàlisi pericial...), pot ser un indicati molt rellevant i de gran importància al judici.

La identificació científica a partir d'empremtes dactilars exigeix l'existència provada de vuit o deu punts característics comuns coincidents entre l'empremta trobada al lloc dels fets i la recollida al sospitós. En cas de la possessió de més d'una empremta, l'anàlisi s'obtindrà complementàriament i es buscaran, al menys, dotze punts característics.

---

7 Adjectiu que fa referència al que està vinculat a un pèrit, (expert que aporta informació d'interès al jutge), o a una perícia (el saber del pèrit).

8 Supòsits excepcionals per a fonamentar una sentència condemnatòria en casos on aquests no es puguin reproduir en el moment del judici oral.

El pes de l'empremta als tribunals



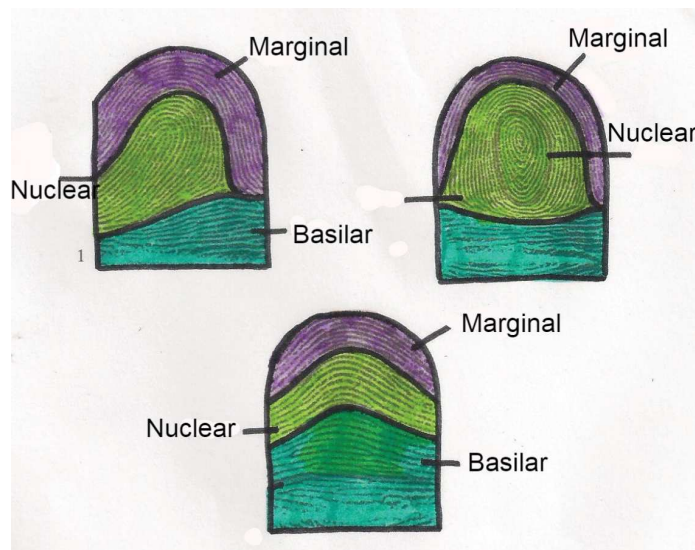
## **9 Classificació i interpretació de crestes**

### **9.1 Sistemes i deltes**

Existeixen infinites configuracions de les crestes papil·lars. Una de les diferències més notables que podem trobar és l'existència (o no ) de deltes. Els deltes són el centre de tres sistemes convergents de línies separades per angles superiors a 90° i al voltant d'aquests s'organitzen les crestes amb les seves orientacions. Es comença a parlar de sistema quan hi ha una agrupació de tres o més crestes amb una mateixa orientació. En les empremtes, si hi ha delta, existeixen tres tipus de sistemes:

- Sistema basilar: Sistema situat a la base del tou del dit. Les crestes d'aquest són paral·leles al plec de l'articulació del dit, tenen una direcció transversal horitzontal i a vegades descriuen ondulacions molt suaus.
- Sistema marginal: Es situa al marge del dactilograma. Les crestes d'aquest sistema són llargues i arquejades, comencen a un costat de la impressió, paral·lelament amb les del sistema basilar i s'aparten d'aquestes al acostar-se al delta, per elevar-se marginalment cap a la regió que s'acosta més a l'ungla.
- Sistema nuclear: És el sistema situat entre els dos anteriors, es troba a la regió central del dactilograma.

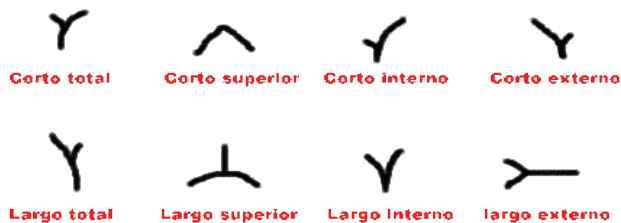
## Classificació i interpretació de crestes



*Il·lustració 9.1: Diferents sistemes en un dactilograma (baga, remolí i arc per ordre d'aparició)*

A més, també existeixen diferents tipus de deltes, els negres i els blancs. Els deltes negres, que sempre estan units, es divideixen en curts i llargs, mentre que els blancs, que no estan mai units, en tancats i oberts.

### **DELTAS NEGROS**



### **DELTAS BLANCOS**

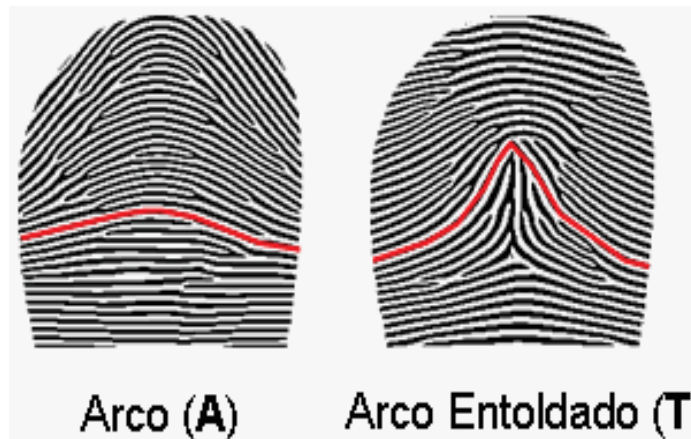


*Il·lustració 9.2: Diferents tipus de deltes (blancs i negres)*

## 9.2 Figures dèrmiques

Les figures dèrmiques corresponen a quatre tipus de dactilogrames diferents: els arcs, les bagues (cubitals i radials) i els remolins. Cada figura té les següents característiques:

- **Arcs:** Les crestes papil·lars es dirigeixen d'un cantó a l'altre de la impressió amb un sentit més o menys horitzontal. No té ni deltes ni sistema nuclear, per la qual cosa es fa difícil distingir les limitants entre el sistema basilar i el marginal (totes les crestes van en la mateixa direcció). Dins els arcs també hi trobem els arcs en tenda. Les crestes d'aquests dactilogrames es dirigeixen cap a dalt quan arriben al centre del dactilograma, agafant un sentit vertical. Aquestes crestes donen l'aparença d'un delta (tot i que no es considera que en tinguin) i no es s'inclouen a les bagues.



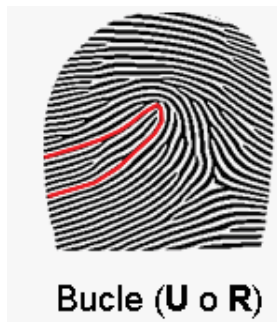
Il·lustració 9.3: Figures d'arc (a la dreta) i arc en tenda (a l'esquerra)

- **Bagues:** Les crestes papil·lars presenten forma de nansa, neixen per un dels costats del dactilograma i al centre es doblen i tendeixen a sortir pel mateix

## Classificació i interpretació de crestes

lloc per on han entrat. Aquestes crestes que es doblen formen el nucli i d'aquestes crestes, la més interna, forma el centre nuclear o punt central. Les bagues tenen un únic delta, ja sigui a la dreta o a l'esquerra del mateix observador. Segons si el delta és a la dreta o a l'esquerra es classifiquen en radials o cubitals; s'anomenen radials les bagues que tenen el delta a la dreta i cubitals les que tenen el delta a l'esquerra.

Dins les bagues també hi trobem un cas especial, la doble baga. Aquests dactilogrames tenen dos deltes i dues bagues diferents, formats per sistemes de crestes diferents, si no es tingués en compte aquest fet, es podrien confondre fàcilment amb els dactilogrames que tenen forma d'espiral i amb doble nucli.



**Bucle (U o R)**

*Il·lustració 9.5:  
Figura baga radial*



*Il·lustració 9.4: Figura  
doble baga*

- **Remolins:** Són dactilogrames amb dos o més deltes i amb, com a mínim, una cresta que fa un cercle complet en forma d'espiral, el·lipse, lletra "s"... Les crestes que formen aquest cercle donen lloc al nucli. Es classifiquen en simètrics i concèntrics, segons el centre del nucli.



*Il·lustració 9.6: Figura  
remolí simètric*



*Il·lustració 9.7: Figura  
remolí*

Cal tenir en compte, també, que hi ha figures que són un entremig dels quatre tipus essencials de dactilogrames, tenen petites diferències que no els deixen ser d'un grup determinat. Són figures en transició.

El següent esquema mostra aquestes figures mitjançant l'evolució d'un remolí fins a esdevenir un arc; els títols indiquen quan es comença a considerar el canvi de figura.

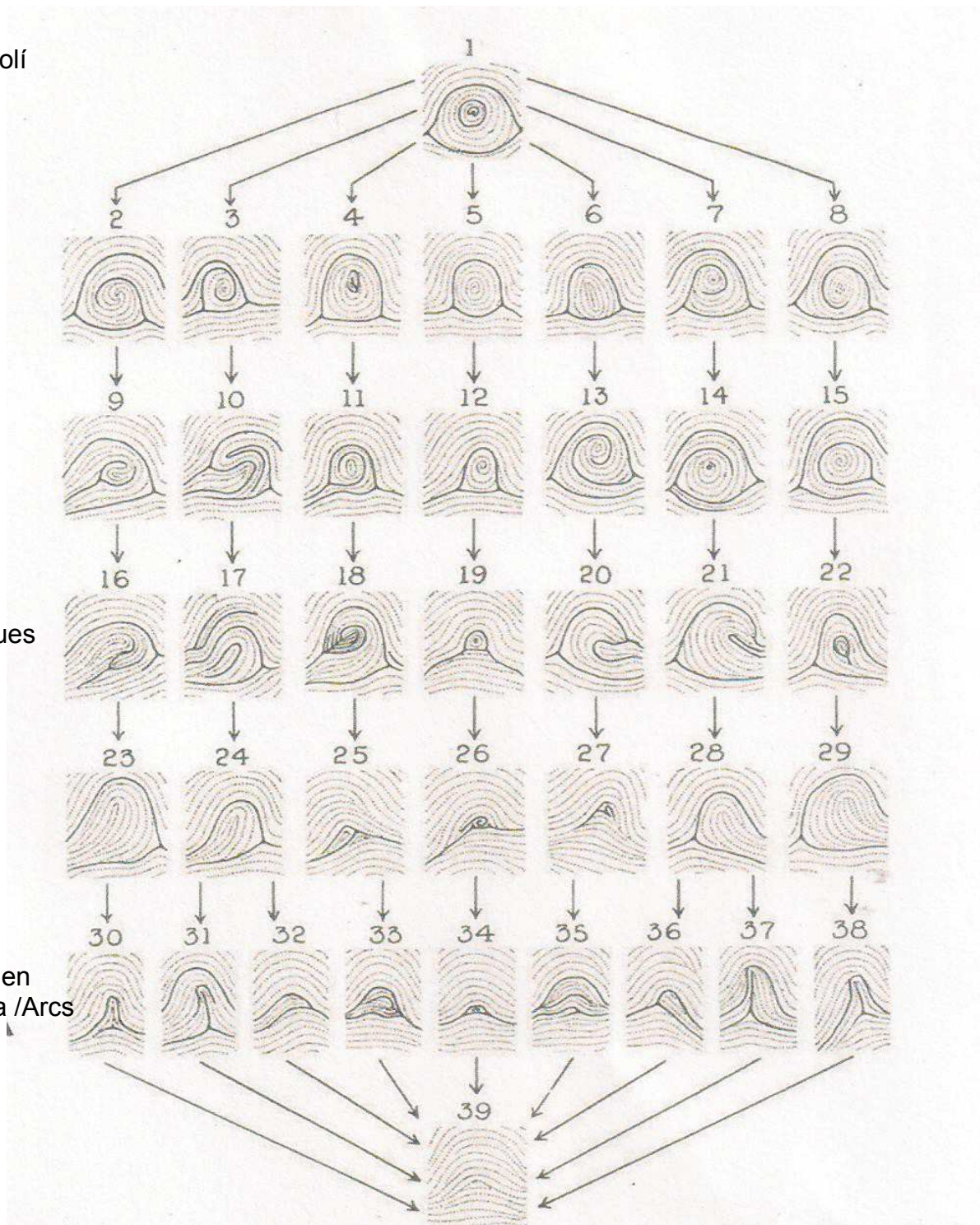
Classificació i interpretació de crestes

Remolí

Bagues

Arcs en tenda / Arcs

Arc

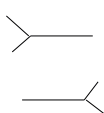
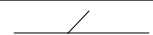
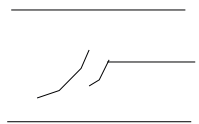


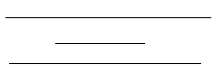


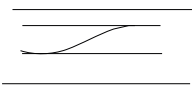



Il·lustració 9.8: Figures en transició des d'un remolí fins a un arc.

### 9.3 Altres característiques dèrmiques importants

Hi ha altres factors que intervenen en la interpretació de les crestes:

- **Solcs interpapil·lars:** es pot mesurar la distància entre les crestes.
- **Gruix de les crestes:** es té en compte l'amplitud de les crestes.
- **Punts característics:**

TIPUS	DEFINICIÓ	EXEMPLE
Bifurcació o convergència	Una cresta papil·lar es divideix en dues a partir d'un angle molt agut. En allunyar-se del vèrtex els dos costats solen ser paral·lels.	
Branca	Petit fragment de cresta que sobresurt d'una altra.	
Desviació	Quan dues crestes de sentit contrari s'han de trobar però canvien de direcció i finalment no s'uneixen.	
Encreuament	Quan dues crestes properes entre elles es creuen.	
Fi de cresta	Quan una cresta s'acaba.	
Fragment	Cresta, més llarga o més curta, que es troba entemig de dues altres crestes, neix i acaba de manera abrupta.	
Interrupció	Una cresta s'interromp i es torna a formar després en la mateixa direcció.	
Punt	Similar al fragment però es diferencia en que la seva longitud és igual a la seva amplada.	
Transversal	Cresta que passa transversalment entre dues altres crestes paral·leles.	
Trau	Solc de forma ovalada que es forma quan dues crestes es bifurquen i després es tornen a unir.	





## 10 Elaboració pràctica

### 10.1 Hipòtesis i deduccions

Abans de començar a pensar en el disseny de l'experiment i la metodologia a seguir es van plantejar les següents hipòtesis:

- 1) A partir dels sistemes que van fer servir investigadors com ara Vucetich o Olóriz per identificar criminals es pot realment identificar un individu.
- 2) No existeixen diferències significatives entre sexes pel que fa a les figures dèrmiques ni tampoc entre les mans d'un mateix individu (implicaria genètica).

### 10.2 Disseny de l'experiment i metodologia

Per obtenir una resposta a la primera hipòtesi he necessitat l'ajuda de deu persones. De cada persona n'he obtingut deu dactilogrames, cinc mostres de cada mà. Només un d'aquests dactilogrames havia de ser igual que l'empremta problema, de la qual parlaré més endavant. Els passos que vaig seguir són els següents:

- **Preparació del material:** Primer, vaig crear unes fitxes a mà, si tenia els dactilogrames físics a davant meu em seria més fàcil de treballar.  
Pel que fa al mètode de recollida dels dactilogrames, al principi vaig pensar que ho faria amb tinta però la primera prova que vaig fer va sortir malament degut a un excés de tinta, cosa que em va fer descartar la idea. Després d'això vaig buscar un altre mètode que finalment va ser el definitiu; un mètode a base de carbó.
- **Recollida d'empremtes:** Per a l'obtenció de les empremtes vaig organitzar un dia amb deu companys que van fer dels meus "sospitosos". Per recollir els deu dactilogrames de cada sospitós, anava pintant amb carbó un tros de paper i el sospitós havia de fer girar tots els dits d'esquerra a dreta per tal d'embrutar tot el tou del dit de carbó i obtenir una bona empremta. Després, vaig anar tallant

## Elaboració pràctica

trossos de cinta adhesiva transparent i, amb molta cura, la posava a sobre del dit impregnat de carbó. Finalment, retirava la cinta i l'enganxava amb un cartonet a la fitxa corresponent.

També vaig crear l'empremta problema, que més endavant hauria d'analitzar i comparar amb els cent dactilogrames fins que trobés la seva parella idèntica. Vaig buscar una superfície on s'hi quedessin unes empremtes molt clares i marcades, després, vaig donar la instrucció als sospitosos; qualsevol d'ells, sense que jo ho vegés, havia de tocar l'objecte. Vaig marxar de "l'escena" i quan vaig tornar vaig retirar l'empremta que el culpable havia plasmat a l'ordinador. Això ho vaig fer mitjançant pólvores de talc per fer contrast amb l'objecte, (de color negre), i una brotxa per retirar l'excés de les pólvores de talc. Una empremta hi va quedar clarament visible. Llavors li vaig fer una foto molt clara, per tal de poder treballar més tard amb ella.

- **Designar valors quantitius i qualitius; la formulació i subformulació:** S'havia de seguir amb la investigació: el següent pas consistia en adoptar un sistema de classificació dactiloscòpic. (veure ANNEX A per més exemples). La designació és la part que porta més feina i temps de totes, més o menys vaig necessitar una hora i mitja per cada fitxa amb els seus corresponents dactilogrames.

### **10.3 Formulació i subformulació**

Els sistemes dactiloscòpics són procediments que serveixen per agrupar racionalment els diferents tipus de dactilogrames, basant-se en les característiques i figures dèrmiques diferenciatives. S'assignen noms i símbols per a la representació. En el meu cas em vaig decantar pel sistema dactiloscòpic espanyol d'Óloriz, que no deixa de ser gairebé el mateix sistema que el de Vucetich. La diferència entre l'un i l'altre és que el sistema de Vucetich és un sistema nuclear (fa la classificació dels dactilogrames segons el seu nucli), mentre que el d'Óloriz és un sistema basat en el delta.

De la primera designació, se'n diu formulació i la lletra o número que se n'obté és el valor qualitatiu, el qual correspon a la identificació de la figura (si el dactilograma no té

delta, el té a l'esquerra o a la dreta o en té dos, i el que seria el mateix seguint el mateix ordre, si és un arc, una boga cubital, una boga radial o un remolí). Aquesta lletra o número ocuparà el lloc del numerador.

Així doncs, vaig formular els dactilogrames seguint la nomenclatura d'Óloriz:

<b>Formulació</b>		
	<i>Polze</i>	<i>Resta de dits</i>
<i>Sense delta</i>	A	1
<i>Delta a la dreta</i>	D	2
<i>Delta a l'esquerra</i>	S	3
<i>Dos deltes</i>	V	4

De la segona designació se'n diu subformulació: la lletra o número que se n'obté és el valor quantitatiu, el qual ocupa el lloc del denominador.

Vaig subformular seguint aquest criteri:

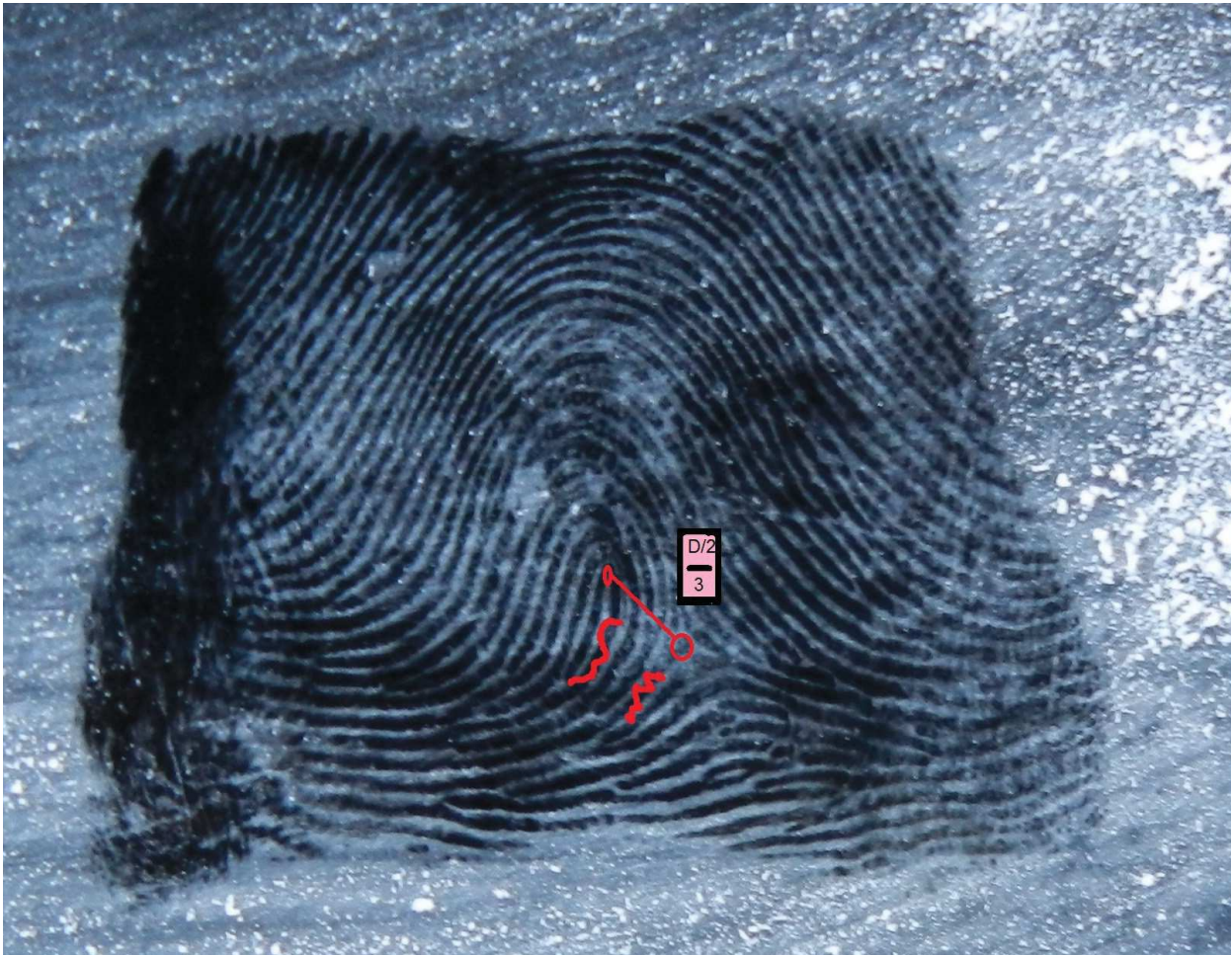
Si el dactilograma té un sol delta: fer una línia des del centre del delta fins al nucli del dactilograma. La primera i la última cresta no es contenen. El número que s'obté de crestes serà el valor quantitatiu.

Si el dactilograma té dos deltes: fer una línia des del delta esquerra fins el dret. Si la línia passa per les crestes interiors del delta, es considera intradelta i es designa amb la lletra minúscula "i". Si la línia segueix fins la cresta pilar del delta, del mateix lloc d'on ha sortit, es considera mesodelta i es designa amb la lletra minúscula "m". Si per el contrari, la línia passa per les crestes exteriors del delta es considera extradelta i es designa amb la lletra minúscula "e". En cas de dubte el valor quantitatiu és "?".

(Per fer les mitjanes que hi ha a continuació no he seguit aquest criteri perquè a aquests dactilogrames se'ls havia de designar un número que no fos ni zero ni cap lletra; en aquest cas, he comptat les línies que hi han des del delta més pròxim al nucli fins al nucli i el valor que se n'obté és el número).

Si el dactilograma no té cap delta: No es subfórmula en Gabinetes d'Identificació de IIPP.

### 10.4 Resultats Hipòtesi 1



*Il·lustració 10.1: Formulació i subformulació de l'empremta problema*

Formulació i subformulació de l'empremta problema<sup>9</sup>:  $\frac{D/2}{3}$

---

<sup>9</sup> Veure pàgina 42 per saber els criteris de formulació i subformulació.

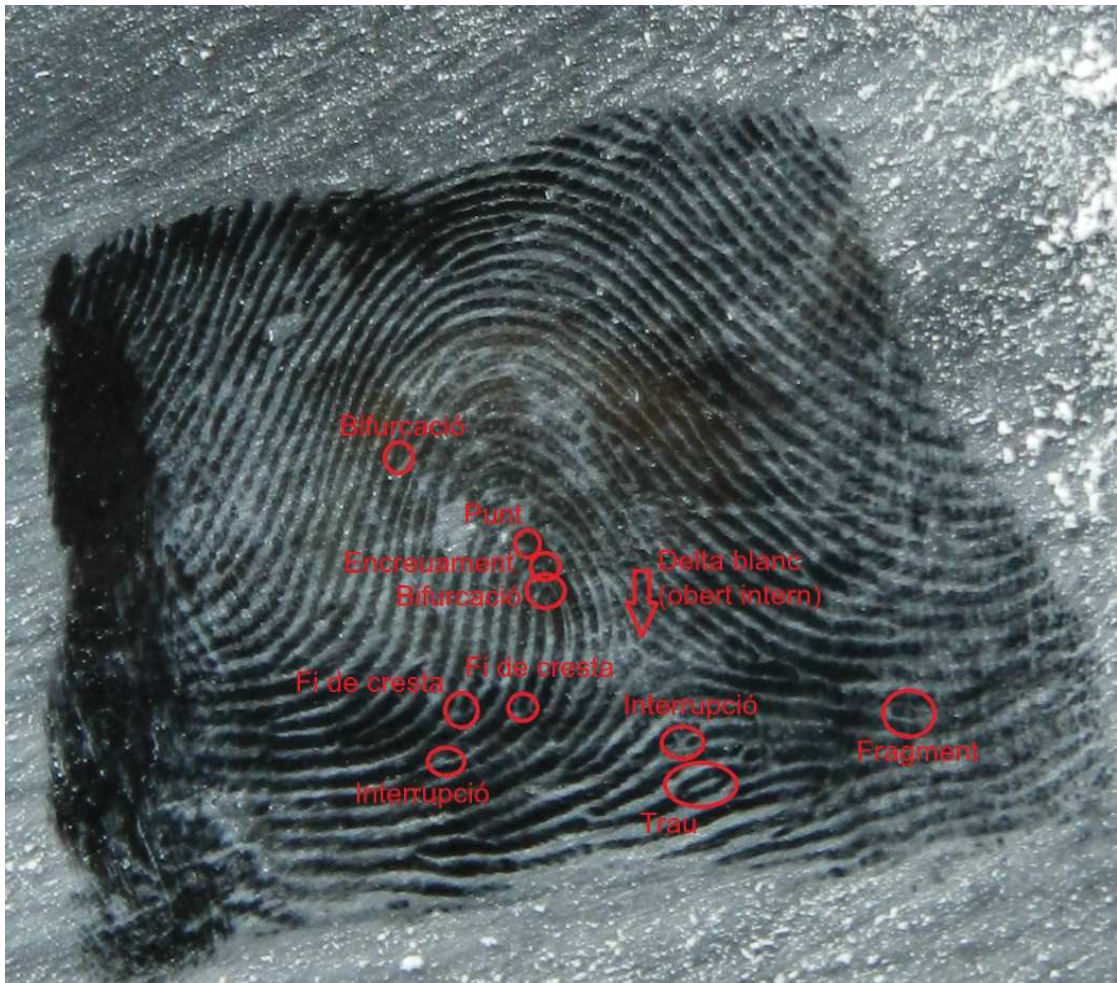
	Mà dreta					Mà esquerra				
	polze	índex	mitger	anular	petit	polze	índex	mitger	anular	petit
<i>Individu 1<sup>10</sup></i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{2}{24}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 2</i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{2}{19}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{17}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 3</i>	$\frac{D}{19}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{S}{13}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{11}$
<i>Individu 4</i>	$\frac{D}{18}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{S}{20}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 5</i>	$\frac{D}{21}$	$\frac{3}{22}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{2}{17}$	$\frac{S}{19}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{3}{19}$
<i>Individu 6</i>	$\frac{D}{23}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{S}{14}$	$\frac{4}{m}$	$\frac{3}{17}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 7</i>	$\frac{V}{m}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{S}{5}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{3}$
<i>Individu 8</i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{S}{16}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 9</i>	$\frac{D}{17}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{S}{14}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 10</i>	$\frac{V}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{3}{28}$	$\frac{4}{e}$

Quan vaig trobar el dactilograma amb els mateixos valors quantitatiu i qualitatiu que l'empremta problema, vaig buscar onze punts característics idèntics en els dos dactilogrames per acabar de verificar que era el dactilograma adequat. I, efectivament, les empremtes coincidien.

<sup>10</sup> L'individu 1 no és la mateixa persona que el subjecte 1, veure annexos per diferenciar-los correctament.



*Il·lustració 10.2: Onze punts característics del dactilograma recollit*



*Il·lustració 10.3: Onze punts característics de l'empremta problema*

### 10.5 Resultats Hipòtesi 2

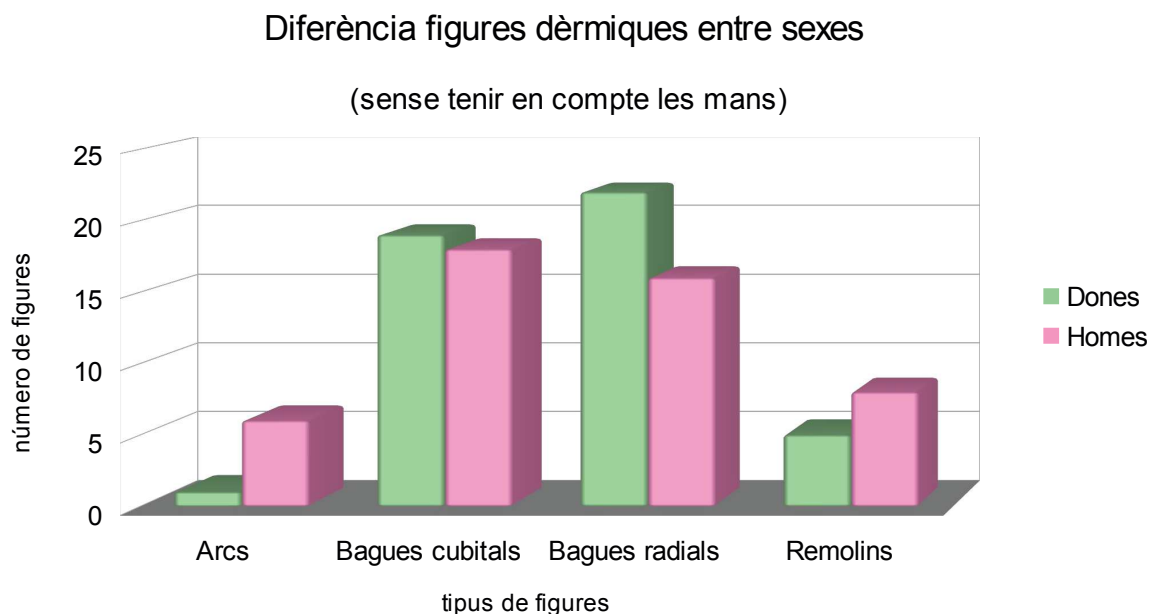
<i>Mitjana del número de crestes dels dos sexes<sup>11</sup></i>		
	<i>Mà dreta</i>	<i>Mà esquerra</i>
<i>Dones</i>	<i>14'5</i>	<i>12'6</i>
<i>Homes</i>	<i>12'29</i>	<i>11,04</i>

<sup>11</sup> (Veure annex D per saber d'on surten els valors)

## Elaboració pràctica

Segons alguns estudis i anàlisis de la distribució de les figures dèrmiques, els homes tenen més empremtes amb remolins i bagues radials i les dones, en canvi, tenen més arcs i bagues cubitals (Pons, 1951). En canvi, a les meves mitjanes es pot veure que el valor de la mà dreta dels homes és poc més gran que el de l'esquerra però sí bastant més petit que el valor de les dues mans de les dones. Com que els remolins tenen valors quantitius més elevats que les bagues i els arcs, si els homes presentessin més remolins, això hauria de fer que les mitjanes del valor quantitiu dels homes fossin més altes que les de les dones, cosa que no passa.

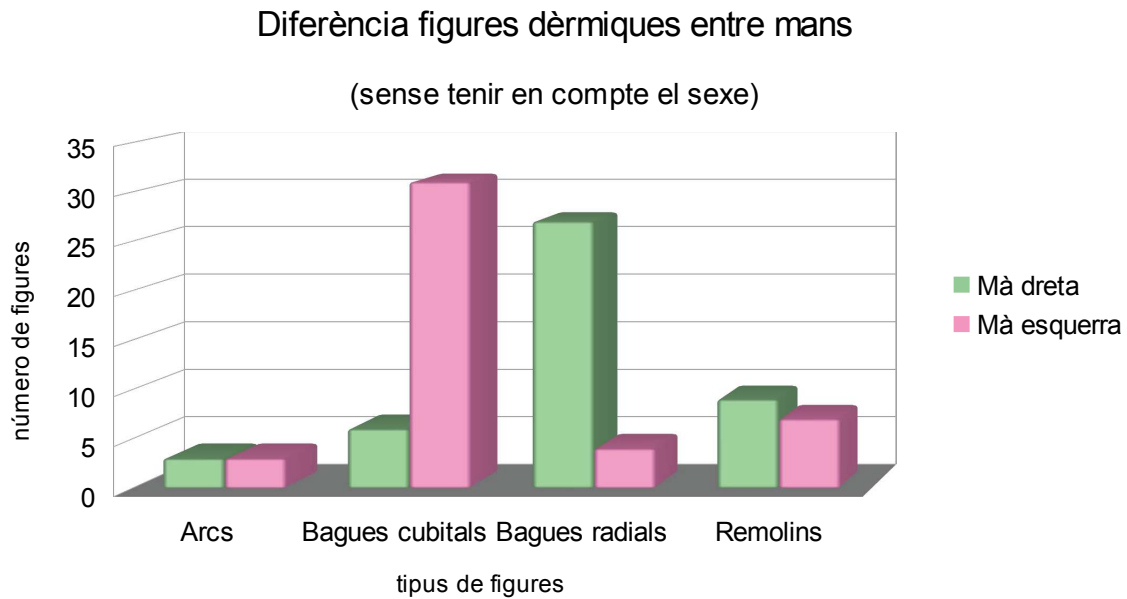
La següent gràfica no té en compte les mans (dreta o esquerra). Les dones tenen un major nombre de bagues radials, així com els homes tenen un major nombre d'arcs. En canvi, pel que fa a les bagues cubitals i als remolins, la diferència que hi ha entre dones i homes és nul·la o insignificant.



Les figures dèrmiques que més predominen en general són les bagues, tant radials com cubitals mentre que les que menys són les figures restants; els arcs i els remolins.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Les dades del gràfic són extretes de les taules de l'annex D





El gràfic ens mostra que hi ha un número més elevat de bagues cubitals a la mà esquerra i, per contra, més bagues radials a la mà dreta. Mentre que els arcs i els remolins estan igualats.<sup>13</sup>

Davant aquests resultats es van recollir les empremtes d'uns quants esquerrans per veure si aquest patró es repetia a la inversa, és a dir, si aquesta diferència és deguda a la dominància de mà. A partir de les mostres recollides es va poder determinar que el patró no es repetia a la inversa.

### 10.6 Prova $\chi^2$

Mètode estadístic per tractar valors qualitius per saber si realment els valors obtinguts són significatius o no. La prova mesura la discrepància entre una distribució observada i una altra teòrica i determina si dues variables qualitatives estan associades o no. Els valors estadístics de la prova es distribueixen d'una manera determinada (ji-quadrat) que depèn d'un paràmetre específic, els graus de llibertat (g.d.l.). Es mesura el valor que hauria de resultar si les dues variables fossin independents i el que s'ha obtingut a la realitat. Com més gran és la diferència més gran serà la relació entre les dues variables.

Gràcies als quadrats de les fórmules, els resultats sempre són positius.

<sup>13</sup> Les dades del gràfic són extretes de l'Annex D

## Elaboració pràctica

A partir de la taula de distribució<sup>14</sup>, s'obté un valor (P) que determinarà si les dues variables tenen relació.

<i>Mans Homes i Dones</i>	
$\chi^2$	36
<i>g.d.l</i>	3
<i>P</i>	7,82
<i>Sí que hi ha relació</i>	

<i>Mà dreta i mà esquerra</i>	
$\chi^2$	5,29
<i>g.d.l</i>	3
<i>P</i>	7,82
<i>No hi ha relació</i>	

### 10.7 Prova T-Student

Aquesta prova<sup>15</sup> és el mateix que la  $\chi^2$  però ara tractant amb valors numèrics (valors quantitatius). Ens proporciona saber si dues mostres corresponen a la mateixa distribució de probabilitat però amb diferents mitjanes o arribar a la conclusió de que aquesta diferència en les mitjanes pot ser deguda a oscil·lacions estadístiques eventuais.

<i>Dones VS Homes</i>		
<i>Dones</i>	<i>Mostres:</i>	5
	<i>Mitjana:</i>	13,6
	<i>Desviació típica:</i>	3,9
<i>Homes</i>	<i>Mostres:</i>	5
	<i>Mitjana:</i>	12,12
	<i>Desviació típica:</i>	5,04

<sup>14</sup> Per la taula de distribució i pels valors obtinguts de la prova  $\chi^2$  veure annex B.

<sup>15</sup> Veure annex C per la taula de distribució i pels valors obtinguts de la prova T-Student.

Nº Mostres total: 10

T-Student: 0,5

g.d.II: 8

P: 2,306

Com que  $0,5 < 2,306$ , no hi ha diferències entre les mans dels homes i les dones.

<i>Mà dreta VS Mà esquerra</i>		
<i>Mà dreta</i>	<i>Mostres:</i>	<i>10</i>
	<i>Mitjana:</i>	<i>13,56</i>
	<i>Desviació típica:</i>	<i>4,58</i>
<i>Mà esquerra</i>	<i>Mostres:</i>	<i>10</i>
	<i>Mitjana:</i>	<i>11,99</i>
	<i>Desviació típica:</i>	<i>4,76</i>

Nº Mostres total: 20

T-Student: 0,75

g.d.II: 18

P: 2,101

Com que  $0,75 < 2,101$ , no hi ha diferències entre les mans esquerra i dreta.

### **10.8 Interpretació dels resultats**

Pel que fa als valors qualitius, com que un dels resultats obtinguts amb l'estadística de la  $X^2$  (36) és més gran que 7,82, es considera que sí que hi ha una diferència significativa entre mà dreta i mà esquerra sense tenir en compte els dos sexes. Això quadra amb la gràfica realitzada<sup>16</sup>, on es veu clarament que el número de bagues cubitals i de bagues radials és molt diferent segons quina mà estiguem mirant. En canvi, per l'altre càlcul, el valor és 5,29 i com que és més petit que 7,82, es considera que no hi ha relació entre diferents sexes sense tenir en compte les mans (dreta o esquerra). Aquest últim raonament també coincideix amb el gràfic realitzat<sup>17</sup>, on podem veure que els valors són més o menys iguals pels dos sexes.

<sup>16</sup> Veure gràfic de la pàgina 48.

<sup>17</sup> Veure gràfic de la pàgina 47.

Elaboració pràctica

## Conclusions

- ➔ És possible identificar a una persona a partir de les seves empremtes dactilars.
- ➔ Els sistemes d'identificació manuals a través de les empremtes dactilars són eficaços però cal tenir en compte que estan obsolets. És a dir, en comparació amb els sistemes informàtics actuals, un sistema dactiloscòpic manual tarda més en identificar un individu. Això ho puc confirmar amb la meva part pràctica; vaig tardar moltes hores per a realitzar la designació i comparació mentre que un ordinador ho hauria fet en minuts.
- ➔ Tenint en compte els resultats de la part pràctica, és possible que el factor genètic que tenen les empremtes sigui més important del que em plantejava inicialment. A més, dues de les persones que van deixar-me prendre'ls les empremtes són germanes i les figures dèrmiques, tot i que evidentment no són les mateixes, es repeteixen bastant. Això sí, el número de crestes papil·lars no és mai el mateix ni tampoc similar pel que fa a les mostres que jo vaig recollir.
- ➔ A partir de la part pràctica s'ha confirmat un fet que s'havia vist prèviament a la teoria; l'estructura inicial de les empremtes ve donada inicialment. Com veiem, això encaixa amb els patrons repetits de les dues germanes. Tot i així, aquesta estructura inicial es modifica degut a l'ambient. Això últim encaixa amb el cas dels bessons; tot i tenir el mateix ADN, les seves empremtes són diferents, igual que la resta de caràcters, els quals es van fent diferents al llarg del temps degut al mateix ambient. És a dir, l'ambient pot actuar modificant l'expressió dels gens. Qualsevol caràcter de qualsevol ésser viu és conseqüència de l'expressió d'un o més gens que fan que es sintetitzin certes proteïnes, sent, d'aquesta manera, una part genètica. Això sí, aquestes proteïnes es veuran modificades per l'ambient.
- ➔ A partir dels resultats obtinguts en les proves estadístiques es pot concloure que el nombre de crestes papil·lars no ve prèviament determinat, com en el cas de

## Conclusions

l'estructura inicial, sinó que depèn exclusivament de l'ambient. Això es pot afirmar a partir de les mostres tractades a la part pràctica en la prova de la T-Student; les dues mostres presenten mitjanes diferents degut a oscil·lacions estadístiques eventuais. Aquest fet coincideix amb les mostres de les germanes; el número de crestes papil·lars no era el mateix ni tampoc similar.

- ➔ La dominància de mà no condiciona el tipus de figures dèrmiques de les dues mans. Això es pot confirmar a partir dels gràfics realitzats i de les mostres recollides dels esquerrans.
- ➔ Pel que fa a l'eficàcia de les proves estadístiques, aquesta augmenta amb el número de mostres. Com més valors es tinguin, més eficaç serà. Per tant, si hagués tingut més mostres els resultats serien més fiables.

## Bibliografia i Webgrafia

### 1. Bibliografia

- BEAVAN, Colin : *Huellas dactilares. Los orígenes de la dactiloscopia y de la ciencia de la identificación criminal*. Trayectos (Alba) ; 48, Barcelona : Alba, 2003.
- CUMMINS, Harold; MIDLO, Charles : *Fingerprints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics*. Dover Publications, Canadà, 1961.
- VON KARMAN, Theodore: *The Buckling of Spherical Shells by External Pressure*. Journal of the Aeronautical Sciences, California. Vol.7, No.2 (1939), pp. 43-50.

### 2. Fonts Informàtiques:

- ALUMNES DE SEGON DE BIOTECNOLOGIA: Formació de les empremtes.  
<http://homeostasisufv.blogspot.com.es/2014/02/como-se-forman-las-huellas-digitales.html> (consulta: 8/8/2017)
- CIENTÍFICS DE UCSB SCIENTIFIC LINE: Formació de les empremtes.  
<http://scienceline.ucsb.edu/getkey.php?key=2666> (consulta: 28/7/2017)
- DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIVIL I MONITOREO: Curs de datiloscòpia.  
<http://studylib.es/doc/8304488/sistemas-crestales> (consulta: 14/7/2017)
- EQUIP DE DERMATÒLEGS: La pell.  
[http://www.lapiel.com/frontend/lapiel/noticia.php?id\\_noticia=492](http://www.lapiel.com/frontend/lapiel/noticia.php?id_noticia=492)  
(consulta: 21/6/2017)
- ESTHER SAMPER: Les empremtes dels bessons.  
[http://www.soitu.es/soitu/2008/03/07/salud/1204886814\\_853745.html](http://www.soitu.es/soitu/2008/03/07/salud/1204886814_853745.html)  
(consulta: 22/6/2017)
- MIGUEL MAZA MARQUEZ: Manual de criminalística.  
[http://clasev.net/v2/pluginfile.php/11083/mod\\_resource/content/0/INTRODUCCIO](http://clasev.net/v2/pluginfile.php/11083/mod_resource/content/0/INTRODUCCIO)

## Bibliografia i Webgrafia

- [N\\_A\\_LA\\_DACTILOSCOPIA.pdf](#) (consulta: 10/7/2017)
- NATALIA DEL ROSARIO ARENAS PAZ: La dactiloscòpia.  
<http://www.monografias.com/trabajos56/huellas-lofoscopicas/huellas-lofoscopicas4.shtml> (consulta: 13/8/2017)
  - ONIN: Història de la dactiloscòpia. <http://www.onin.com/fp/fphistory.html> (consulta: 10/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (I).  
[https://www.youtube.com/watch?v=VuRC7is0c\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=VuRC7is0c_A) (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (II).  
<https://www.youtube.com/watch?v=-BXbmR0Z9JI> (II) (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (III).  
<https://www.youtube.com/watch?v=q-HtF0Irt3U> (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (IV).  
<https://www.youtube.com/watch?v=bTXKjgSLkts> (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (V).  
<https://www.youtube.com/watch?v=J18V1ldlh6s> (consulta: 14/7/2017)
  - UNIVERSIDAD PERUANA DE LOS ANDES: Dactiloscòpia i delta dactiloscòpic.  
<https://es.slideshare.net/giani10/delta-dactiloscopico> (consulta: 14/7/2017)
  - U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE : Transtorn genètic i SMARCAD 1.  
<https://ghr.nlm.nih.gov/gene/SMARCAD1> (consulta: 10/8/2017)
  - TODAY I FOUND OUT: Regeneració de les empremtes.  
<http://www.todayifoundout.com/index.php/2014/07/fingerprints-form-can-regenerate/> (consulta: 29/6/2017)
  - WIKIPEDIA: Dactilograma. <https://es.wikipedia.org/wiki/Dactilograma> (consulta: 10/10/2017)
  - WIKIPEDIA: empremta dactilar. [https://es.wikipedia.org/wiki/Huella\\_dactilar](https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_dactilar) (consulta: 20/7/2017)
  - WIKIPEDIA: Identificació personal. [https://es.wikipedia.org/wiki/Identificaci%C3%B3n\\_de\\_personas](https://es.wikipedia.org/wiki/Identificaci%C3%B3n_de_personas) (consulta: 1/8/2017)
  - WOLTERS KLUWER: Guies jurídiques.  
[http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUNjCxMLtbLUouLM\\_DxblwMDCwNz](http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUNjCxMLtbLUouLM_DxblwMDCwNz)



## Índex d'il·lustracions i taules

### Índex d'il·lustracions

Il·lustració 2.1: Crestes i solcs d'una empremta dactilar.....	12
Il·lustració 2.2: Papil·les de la dermis, (de color més clar), i l'epidermis (E).....	13
Il·lustració 3.1: Exemple dels camps de força i resultat d'empremtes generades per simulació numèrica de les equacions de Kücken-Newell. ....	16
Il·lustració 3.2: Procés de contracció de la capa basal .....	17
Il·lustració 3.3: Empremites embrionàries.....	18
Il·lustració 5.1: Diferència entre bessons monozigòtics (primera part de l'esquema, a l'esquerra) i bessons dizigòtics (segona part de l'esquema, a la dreta) .....	22
Il·lustració 6.1 Posició del gen SMARCAD1 al cromosoma 4.....	23
Il·lustració 9.1: Diferents sistemes en un dactilograma (baga, remolí i arc per ordre d'aparició).....	34
Il·lustració 9.2: Diferents tipus de deltes (blancs i negres).....	34
Il·lustració 9.3: Figures d'arc (a la dreta) i arc en tenda (a l'esquerra).....	35
Il·lustració 9.4: Figura doble baga.....	36
Il·lustració 9.5: Figura baga radial.....	36
Il·lustració 9.6: Figura remolí simètric.....	37
Il·lustració 9.7: Figura remolí .....	37
Il·lustració 9.8: Figures en transició des d'un remolí fins a un arc.....	38
Il·lustració 10.1: Formulació i subformulació de l'empremta problema.....	44
Il·lustració 10.2: Onze punts característics del dactilograma recollit.....	46
Il·lustració 10.3: Onze punts característics de l'empremta problema.....	47

## Índex d'il·lustracions i taules

LEMPREMTA DACTILAR

COM A MARCA

DIDENTIFICACIÓ

PERSONAL

Abril Valls Millà

12-12-2017



## **Agraïments:**

Certament, ara fa uns mesos no tenia ni la més remota idea de com començar el treball, avui, per contra, no sé com acabar-lo. Suposo que ara és el moment de donar les gràcies a totes aquelles persones que s'han implicat amb el meu treball, que han dedicat part del seu temps a tutoritzar-me o ajudar-me. Gràcies, primerament, als meus companys i amics, els quals em van ajudar amb la meva part pràctica. Gràcies també a la gent esquerrana que em va ajudar a última hora, la vostra aportació ha estat de gran importància per adonar-me de que realment la investigació no s'acaba mai. Gràcies a la gent d'Argó i al José Manuel Tortosa López de la Universitat Autònoma, heu obert un món que fins ara m'era desconegut. I gràcies, evidentment, a la meva tutora, la Laura López, qui mai m'ha posat complicacions ni fronteres a l'hora de realitzar el treball.

Espero que sigui qui sigui qui llegeixi el treball, gaudeixi llegint-lo tant o més del que jo l'he gaudit, perquè, encara que sigui l'estressant Tdr, m'ha agradat molt fer-lo.

També m'agradaria que es tingués present la idea més filosòfica que no pas científica que he extret del treball i que, evidentment, no consta a les conclusions del treball. Tots som tan diferents i únics, que fins i tot la nostra punta dels dits ho demostra.

*“ Si sabés el que estic fent, no n'hi diria investigació, veritat? “*

*-Albert Einstein*

## Índex de continguts

Introducció.....	8
1 Identificació de persones.....	10
1.1 Factors d'identificació .....	10
1.2 Procés i sistema d'identificació.....	10
2 Què són i on es troben les empremtes? .....	12
2.1 Definició d'empremta dactilar.....	12
2.2 Origen de les empremtes dactilars.....	12
2.2.1 L'epidermis i la dermis.....	12
3 Formació de les empremtes dactilars.....	15
3.1 Teoria de formació de patrons en el desenvolupament embrionari.....	15
3.2 L'ambient.....	18
4 Conceptes bàsics.....	20
4.1 Principis de les empremtes.....	20
4.2 Utilitat.....	20
5 Falses creences: els bessons monozigòtics.....	22
5.1 Diferents tipus de bessons.....	22
6 Adermatoglifia.....	24
7 Història de la dactiloscòpia.....	26
7.1 El sistema Bertillon.....	26
7.2 Orígens.....	27
7.3 Dactiloscòpia.....	27
7.3.1 William Herschel.....	27
7.3.2 Henry Faulds.....	28
7.3.3 Francis Galton.....	29
7.3.4 Juan Vucetich.....	29
7.3.5 La dactiloscòpia a Espanya.....	30
8 El pes de l'empremta als tribunals.....	31
9 Classificació i interpretació de crestes.....	32
9.1 Sistemes i deltes.....	32
9.2 Figures dèrmiques.....	34
9.3 Altres característiques dèrmiques importants.....	38
10 Elaboració pràctica.....	40
10.1 Hipòtesis i deduccions.....	40

10.2 Disseny de l'experiment i metodologia.....	40
10.3 Formulació i subformulació.....	41
10.4 Resultats Hipòtesi 1.....	43
10.5 Resultats Hipòtesi 2.....	46
10.6 Prova $\chi^2$ .....	48
10.7 Prova T-Student.....	49
10.8 Interpretació dels resultats.....	50
Conclusions.....	51
Bibliografia i Webgrafia.....	54
Índex d'il·lustracions i taules.....	57



## **Introducció**

Som nosaltres qui hem donat una designació particular, especial, a la matèria i als éssers. I aquesta designació amb els sentits: la vista, el tacte... Si no elaboréssim una identificació no ens podríem comunicar entre nosaltres, la vida en comunitat no seria possible. Quantes vegades hem saludat a una persona una vegada la reconeixem visualment?

Distingim els comestibles per la vista, l'olfacte... Gràcies a la identificació podem classificar les persones i els objectes. Però què ens fa ser únics?

**És possible que existeixin uns dibuixos específics que caracteritzin a tots i cadascun dels éssers humans per separat?**

## Introducció

# 1 Identificació de persones

La identitat és un conjunt de característiques que fan a una persona diferent de les demés i, d'aquesta manera, només igual a sí mateixa. Tenint en compte aquestes característiques (principi d'identitat, Rosset i Lago, 1984), es fa evident la necessitat d'identificació.

La identificació és un procés per reconèixer a un individu, viu o mort o les restes d'un cadàver a partir de determinats mètodes i processos. Aquest procés s'utilitza constantment, per exemple, al creuar fronteres, per temes policials, a reunions, events, locals o fins i tot al treball.

## **1.1 Factors d'identificació**

- Morfològics: Són d'aparició externa. Es distingeixen en naturals; edat, estatura, sexe, empremtes dactilars, posició dental, pell... I adquirits; cicatrius, tatuatges, tractaments estètics, tractaments dentals...
- Bioquímics naturals: saliva, residus corporals, semen...

## **1.2 Procés i sistema d'identificació**

La identificació de persones és duta a terme per un seguit de processos, anant des de la identificació visual de la persona fins a la justificació de la identitat a partir d'un document com ara un DNI o un passaport.

Els sistemes d'identificació es poden dividir en manuals i en automàtics. Els manuals són els sistemes que requereixen una persona a l'hora de comprovar la identitat, per exemple amb les fotos de carnet. En canvi, els automàtics no necessiten a ningú en el moment de la verificació, només al moment de crear la plantilla, que es guardarà en un equip de control i que després servirà per a identificar a la persona, per exemple, un reconeixement facial.

## Identificació de persones

La identificació automàtica és més segura, fiable i còmode i en els últims temps és el sistema d'identificació que més predomina. Dins d'aquest sistema s'hi troben diferents maneres de reconeixement: empremtes dactilars, reconeixement facial, reconeixement de veu, control mitjançant la lectura dels iris, palmell de la mà, lector de venes... D'aquestes maneres de reconeixement, la més utilitzada de totes és l'empremta dactilar amb milions d'equips informàtics que funcionen ja des de fa gairebé deu anys.

## 2 Què són i on es troben les empremtes?

### 2.1 Definició d'empremta dactilar

L'empremta dactilar és una marca, única per a cada individu, que es deixa amb els dits de les mans quan aquests toquen una superfície.

La ciència que estudia les empremtes es diu dactiloscòpia, que ve del grec “daktylos” (dits) i “skopein” (examen o estudi). Del dibuix que es forma amb el tou dels dits se'n diu dactilograma, també provinent del grec “daktylos” i “grammas” (escrit). Els dactilogrames papil·lars fan referència als dits de les mans específicament.

### 2.2 Origen de les empremtes dactilars

L'empremta dactilar s'origina a l'òrgan més extern i amb més extensió del cos humà, la pell. Concretament, al tou dels dits, que és d'una pell dura i robusta. La pell consta de tres capes de teixits diferenciats, absolutament units en la seva total extensió: l'epidermis, la dermis i l'hipoderma. Tot i així, quan es fa referència a la pell no es parla de l'hipoderma i se l'anomena teixit cel·lular subcutani.

#### 2.2.1 L'epidermis i la dermis

L'epidermis, la capa més superficial, està en constant renovació i no té vasos sanguinis, de manera que es nodreix per difusió a partir de la dermis, (la següent capa). És a l'epidermis on es poden apreciar les crestes papil·lars<sup>1</sup> i els solcs<sup>2</sup>. Les crestes i els solcs s'alternen i donen lloc als dibuixos que formen les empremtes.

---

1 Relleus epidèrmics

2 Depressions que separen les crestes papil·lars

Què són i on es troben les empremtes?



*Il·lustració 2.1: Crestes i solcs d'una empremta dactilar*

La capa del mig i de naturalesa conjuntiva és la dermis. La dermis té dues parts diferenciades: un extracte més intern o extracte subcutani i un extracte més extern o extracte papil·lar<sup>3</sup> format per les papil·les dèrmiques, que es projecten cap a la superfície. La forma d'aquestes papil·les és molt variada.

Les papil·les donen lloc a la formació d'uns relleus (crestes papil·lars). L'explicació donada per Dambolena<sup>4</sup> és que la primera línia (o cresta) s'inicia en un costat del dit a partir de la primera papil·la i a continuació d'aquesta s'hi van col·locant més papil·les que creixen d'abaix cap a dalt formant cadena a mesura que es desenvolupen els nervis o els vasos sanguinis. De la mateixa manera i juxtaposades a l'anterior línia, es van formant més línies successives. Si la línia està formada per una successió de papil·les simples aquesta segueix ininterrompudament fins que una papil·la composta la interromp. Com que la papil·la està composta de dues cúspides, la línia es bifurca en dos línies noves, fet que explica totes les formes diverses de línies que s'observen als dactilogrames.

Així doncs, l'alineació d'aquestes papil·les, fet que només es produeix a la pell del palmell de la mà i de la planta del peu, és essencial perquè són elles les que determinaran les formes de les crestes papil·lars.

En la pell fina, hi ha menys capes cel·lulars a cada estrat epidèrmic i, fins i tot, poden no ser-hi un o més estrats. Les papil·les dèrmiques puguen en sentit ascendent de forma

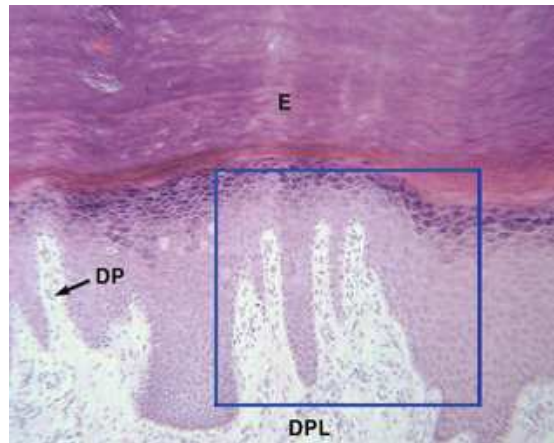
---

<sup>3</sup> A sobre d'aquest extracte s'hi troba l'epidermis

<sup>4</sup> Al seu llibre Genètica Dactiloscòpica

## 2 Què són i on es troben les empremtes?

individual i no hi ha crestes paral·leles elevades, per tant, no es formen les empremtes dactilars a l'epidermis més superficial.



*Il·lustració 2.2: Papil·les de la dermis, (de color més clar), i l'epidermis (E)*

Al llom de les crestes papil·lars hi trobem els orificis de les glàndules sudorípares, les quals tenen com a funció la termoregulació per l'evaporació de la suor i humitat de la pell. Al tou dels dits hi ha unes 600 glàndules per centímetre quadrat de pell, les quals segreguen un litre de suor en condicions normals i poden arribar a perdre fins a deu litres en condicions extremes. Una vegada surt, la suor, s'escampa per totes les crestes i es barreja amb la grassa natural de la pell. Gràcies a això, quan es toca un objecte on les empremtes s'hi puguin retenir, les crestes deixaran la impressió. Aquesta, estarà formada per una sèrie d'elements: més del 99% d'aigua, clorur sòdic, aminoàcids, àcids grassos i proteïnes.





## 3 Formació de les empremtes dactilars

### ***3.1 Teoria de formació de patrons en el desenvolupament embrionari***

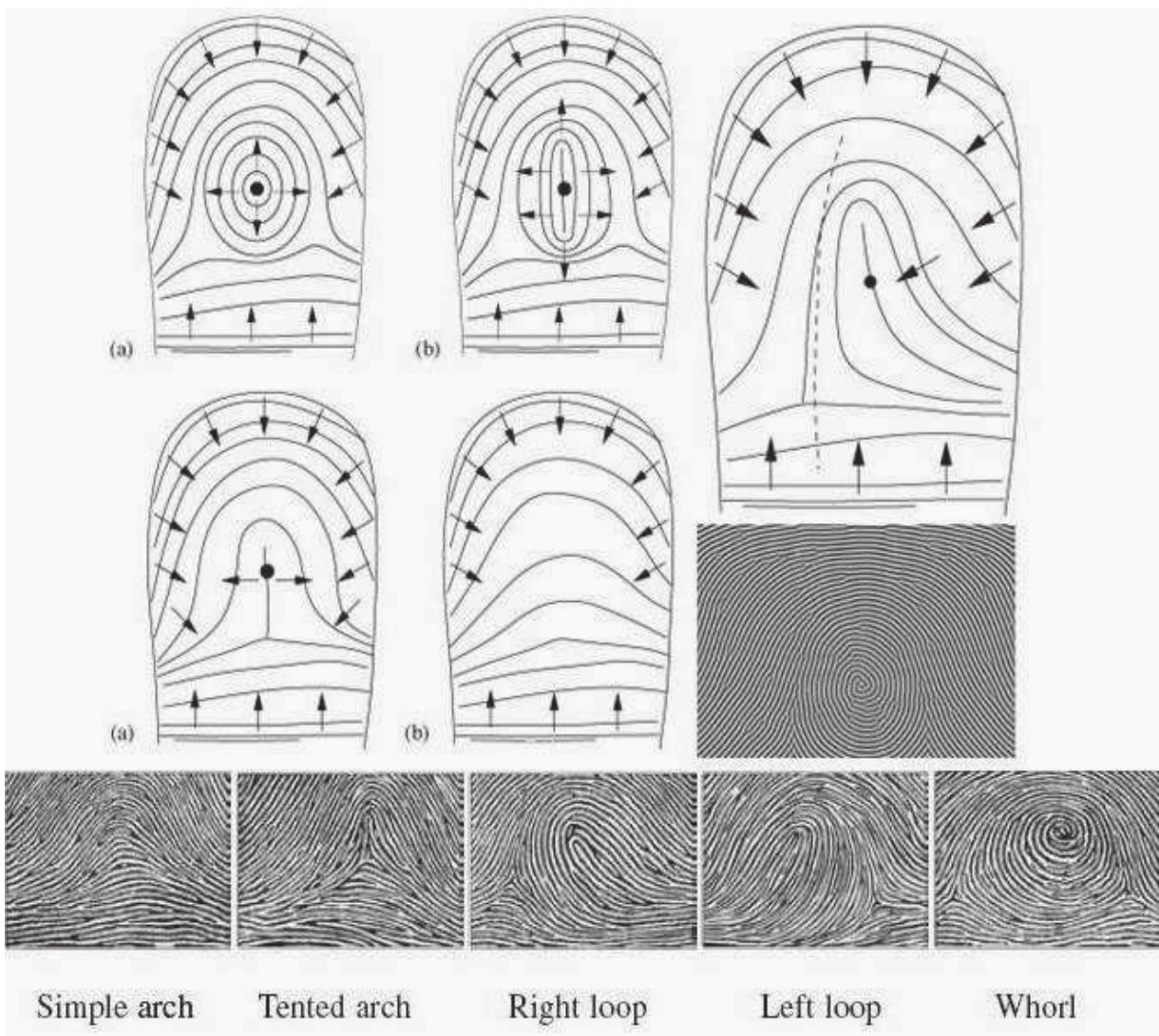
Per molt que s'hagin fet molts estudis sobre el tema, encara no se sap exactament com es formen les empremtes. Tot i així, en un estudi titulat *Fingerprint formation* fet pels matemàtics Michael Kücken i Alan C. Newell i publicat a *Journal of Theoretical Biology* (235: 71-83, 2005) , s'hi tractava el tema i s'hi va proposar un model que reproduïx les empremtes dactilars reals d'una manera molt realista. L'estudi es va fer mitjançant unes equacions, (de l'elasticitat de von Karman<sup>5</sup>, dues equacions en derivades parcials acoblades fortament no lineals), i una anàlisi per ordinador que els va proporcionar bones aproximacions a la realitat.

Els patrons de les empremtes són resultat de camps de força elàstica no líniais en competició a la capa basal de cèl·lules entre la dermis i l'epidermis. La competició es produeix entre diferents forces; les que formen els plecs de la pell i les que intenten restringir el creixement adaptant-se a la forma geomètrica de la punta de cada dit en fase embrionaria. Aquests camps de força deformen els patrons inicials que hi ha al tou dels dits, aconseguint que es produeixin formes diverses.

---

<sup>5</sup> Veure VON KARMAN, Theodore: *The Buckling of Spherical Shells by External Pressure*. Journal of the Aeronautical Sciences, California. Vol.7, No.2 (1939), pp. 43-50.

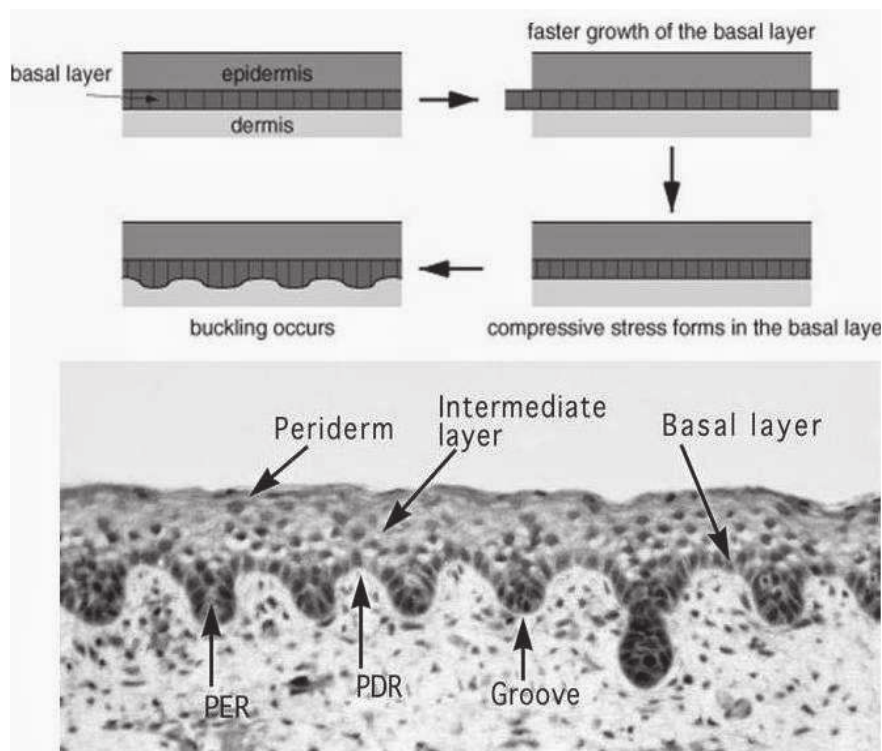
## Formació de les empremtes dactilars



*Il·lustració 3.1: Exemple dels camps de força i resultat d'empremtes generades per simulació numèrica de les equacions de Kücken-Newell.*

Tot aquest procés és degut al creixement ràpid de la capa basal, que produeix que s'encongeixi com una goma elàstica, generant el relleu de l'empremta.

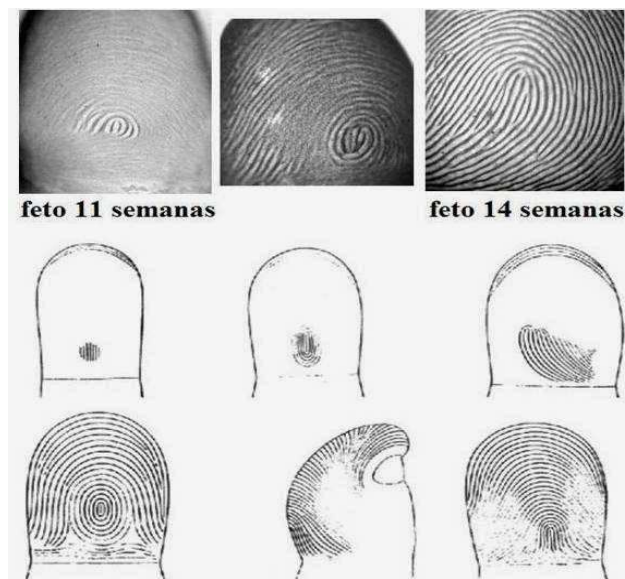
### 3 Formació de les empremtes dactilars



*Il·lustració 3.2: Procés de contracció de la capa basal*

Els dits comencen a separar-se els uns dels altres al fetus durant la sisena setmana d'embaràs generant diferències en la forma geomètrica de cada dit. Quan els dits creixen també produeixen tensions, les quals creen solcs que són perpendiculars a la seva direcció. El tou dels dits es comença a definir a partir de la desena setmana, quan es comencen a formar les primeres ondulacions que formaran l'empremta, uns patrons que creixen i es deformen fins a ocupar el dit sencer. La formació de l'empremta finalitza, més o menys, durant la setmana 19, començant per les dactilars, seguides de les palmars i acabant amb les plantars.

## Formació de les empremtes dactilars



*Il·lustració 3.3: Empremites embrionàries*

### **3.2 L'ambient**

Es podria pensar que les nostres empremtes s'hereten, però el punt clau que les determina és l'ambient.

Les empremtes dactilars es creen quan la nostra pell s'està formant al ventre de la nostra mare. És llavors quan aquesta està sotmesa a les pressions intrauterines, al líquid amniòtic, a la pressió sanguínia, a la nutrició, als moviments i a la posició del fetus a l'úter... Això explica per què les empremtes són diferents fins i tot en els dits d'una mateixa mà. Durant aquesta formació la pell té una textura de ciment tou.

Quan la pell s'acaba de formar les empremtes són permanents.

En el cas de la part heretable, s'han fets molts estudis de comparació de les línies dels dits en varies generacions d'una mateixa família i s'ha determinat que les empremtes dactilars no s'hereten, tot i que sí que és veritat que hi ha certa tendència a repetir uns patrons determinats entre consanguinis directes i sembla que una estructura inicial ve definida genèticament, però no s'ha pogut establir com a regla general.

## 4 Conceptes bàsics

### 4.1 Principis de les empremtes

Hi ha tres fonaments científics en els quals es basen tots els sistemes dactiloscòpics i que s'han de tenir presents:

- **Immutabilitat:** Les empremtes dactilars no canvien mai. Si bé és cert que durant el creixement, les empremtes creixen amb l'individu. Es canvia la dimensió però mai la proporció i forma d'aquestes, es mantenen immutables. La configuració de les crestes tampoc es veu afectada pels diversos factors ambientals, però sí que es poden arribar a destruir mitjançant danys mecànics i químics agressius. Una cicatriu faria desplaçar el conjunt de crestes, però mai canviar-lo.
- **Perennitat:** Les empremtes es creen durant la vida intrauterina i persisteixen amb l'individu fins que els processos de descomposició i putrefacció destrueixen les crestes papil·lars.
- **Variabilitat:** Es possible individualitzar tots i cadascun dels dactilogrames existents a partir de certs elements o característiques. Tant és així, que els dactilogrames s'utilitzen, com ja s'ha explicat abans, per identificar persones.

### 4.2 Utilitat

La funcionalitat de les empremtes dactilars no es coneix, ja que les empremtes no venen prèviament “dissenyades” sinó que són producte d'un procés evolutiu junt amb l'atzar. Això sí, se'ls atribueix un significat funcional i evolutiu específic que és el mateix que la utilitat que els hi donem: ajuden al sentit del tacte. Gràcies a les crestes dels dits la superfície de la pell no és del tot llisa i això permet agafar objectes amb una certa adherència. Millora la sensibilitat tàctil i a més a més, la suor es distribueix millor. Als peus també hi tenim empremtes però aquestes han perdut la seva utilitat biològica.

## Conceptes bàsics

## 5 Falses creences: els bessons monozigòtics

*“Los hermanos Kempf Ribas tienen el mismo ADN y sus marcas digitales son idénticas, porque proceden de un único óvulo que al iniciar el embarazo se dividió en tres, y porque se han gestado en una sola placenta, que de forma espontánea se compartimentó separando los cuerpecitos con membranas internas. Esto permitió que cada uno tuviera su líquido amniótico individual y no se produjeran desequilibrios en la formación de los tres cuerpos.”*

(El periódico, 13/08/2007)

Frases com aquestes es troben als mitjans de comunicació fàcilment. És fàcil pensar que dues persones d'aspecte igual han de tenir la punta dels dits amb les mateixes empremtes. Però la realitat és que els bessons monozigòtics no comparteixen les empremtes malgrat que sí que tenen el mateix DNA. Per entendre-ho és essencial saber diferenciar entre els diferents tipus de bessons, que, en català, s'anomenen tots amb la mateixa paraula, a diferència del castellà, que s'utilitzen els termes “mellizo” y “gemelo” per referir-se a uns o altres.

### 5.1 Diferents tipus de bessons

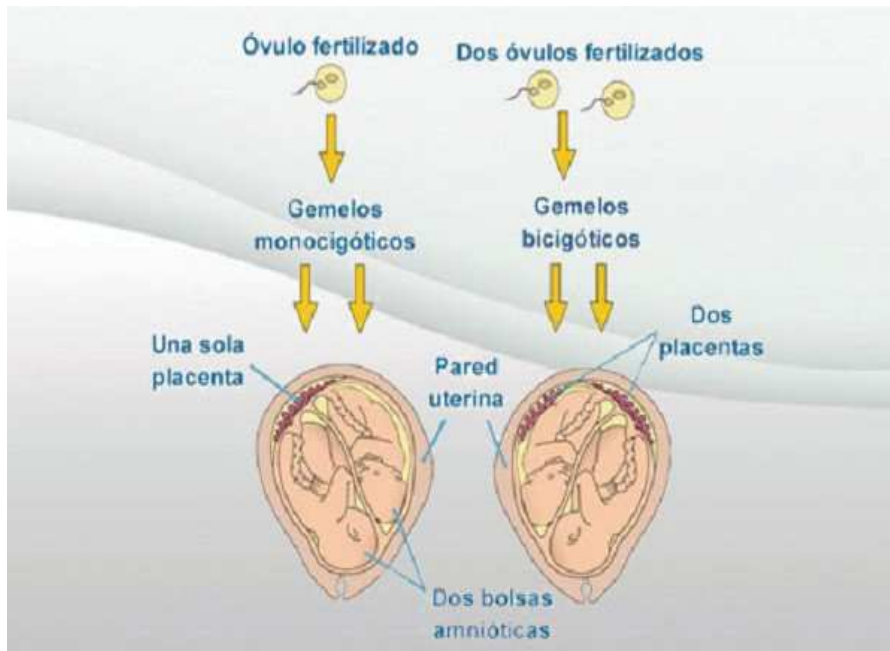
Quan es parla de bessons és per referir-se a dos o més individus que han compartit el mateix úter i neixen el mateix dia, dos fills nascuts del mateix embaràs. En el cas dels bessons dizigòtics, els individus provenen de dues fecundacions diferents i, per tant, de dos zigots diferents, (mellizos). Aquests no comparteixen bossa amniòtica<sup>6</sup> ni tampoc exactament el mateix DNA, igual que amb un germà nascut en un part diferent. Pel que fa als bessons monozigòtics, no provenen de dues fecundacions diferents, sinó de la mateixa, com bé diu el fragment de l'article “de un único óvulo”. Quan el zigot es va

---

<sup>6</sup> Cal saber diferenciar entre bossa amniòtica i placenta.

## Falses creences: els bessons monozigòtics

dividint es parteix per error, i, com que les divisions són per mitosi, les dues parts del zigot seran clons, compartint així doncs, exactament el mateix DNA i bossa amniòtica.



*Il·lustració 5.1: Diferència entre bessons monozigòtics (primera part de l'esquema, a l'esquerra) i bessons dizigòtics (segona part de l'esquema, a la dreta)*

Ara bé, la formació de les empremtes està condicionada per l'ambient, el qual, encara que els clons estiguin dins una mateixa bossa amniòtica, serà diferent. Per tant, les empremtes dels bessons monozigòtics seran completament diferents entre si, desmentint, d'aquesta manera, el tros subratllat de l'article citat.

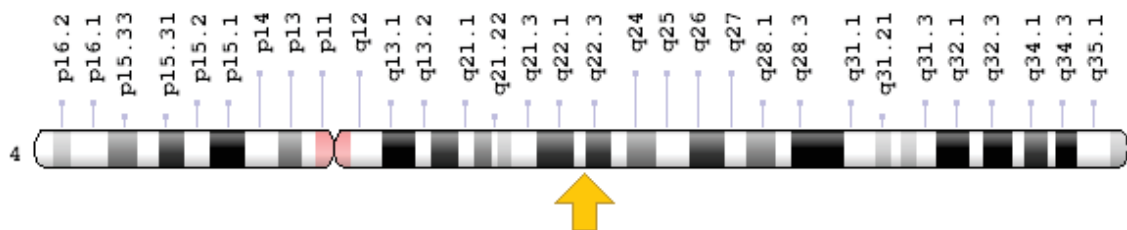


## 6 Adermatoglifia

L'adermatoglifia és un transtorn genètic en el qual la persona afectada presenta falta de crestes papil·lars tan de les mans com dels peus.

La policia podria arribar a témer molt aquesta transtorn si no fos perquè només afecta a unes quatre famílies conegudes d'arreu del món.

Quan es va començar a investigar sobre el transtorn, es feia evident que era genètica ja que d'un total de setze membres investigats d'una de les famílies, (de Suïssa), nou no tenien les empremtes. Gràcies a l'anàlisi genètic que es va fer de la família, liderat pel dermatòleg Eli Sprecher, es van fer progressos per entendre el transtorn. Es van comparar els gens dels afectats amb els gens dels familiars sans per a trobar la ubicació de l'alteració genètica i es va descobrir que el transtorn és degut a diverses mutacions en el gen SMARCAD1, situat al braç llarg del cromosoma quatre (4q22.3).



*Il·lustració 6.1 Posició del gen SMARCAD1 al cromosoma 4*

Segons l'article que va publicar Sprecher a "American Journal of Human Genetics", aquest gen codifica dos isoformes de la proteïna SMARCAD1: una isoforma de longitud completa i una isoforma més curta, específica de la pell. La isoforma de longitud completa s'expressa en molts teixits, on hi regula una gran varietat de gens implicats en el manteniment de l'estabilitat de la informació genètica cel·lular. La isoforma específica de la pell s'expressa només en cèl·lules de la pell i sembla probable que

## Adermatoglifia

sigui un dels factors que fan de cada empremta una marca única.

S'han identificat quatre mutacions en el gen SMARCAD1 responsables de l'adermatoglifia. Aquestes mutacions afecten a la isoforma específica de la pell però no a la isoforma de longitud completa. Aquests canvis genètics inhibeixen la codificació de qualsevol isoforma específica de la pell funcional a partir d'una còpia del gen, el que redueix la quantitat total d'aquesta proteïna en les cèl·lules de la pell.

No està del tot clar com aquests canvis genètics condueixen a l'adermatoglifia però és probable que la deficiència de la versió específica de la proteïna SMARCAD1 afecti a les vies de senyalització necessàries pel desenvolupament i la funció normal de la pell, incloent-hi la formació de les empremtes.

Aquest trastorn s'hereta amb un patró autosòmic dominant, el que significa que una còpia del gen alterat en cada cèl·lula és suficient perquè el trastorn s'expressi.

A més a més, el gen també s'associa a la formació de les glàndules sudorípares i provoca una producció de suor molt escassa.

Les persones amb adermatoglifia no tenen problemes greus que compliquin la salut, només molèsties lleus per la falta de glàndules sudorípares. Tot i així, el trastorn sí que afecta als mitjans d'identificació mundials, les persones afectades tenen problemes a l'hora de viatjar, aconseguir documents o fins i tot a l'hora de desbloquejar el telèfon mòbil.

## 7 Història de la dactiloscòpia

### 7.1 El sistema Bertillon

Alphonse Bertillon, (parís 1853- Suïssa 1914), va ser un investigador i impulsor de mètodes d'individualització antropològica que va treballar per la policia de París. La intenció de Bertillon era canviar el sistema; no estava d'acord en l'ús de la força a l'hora d'identificar els criminals. La seva disciplina va ser exposada al 1882. Es tractava de l'antropometria, una tècnica d'identificació mitjançant la mesura de varies parts del cos i el cap, marques individuals, tatuatges, cicatrius i altres característiques personals del sospitós, partint del principi que diu que no existeixen dues persones absolutament idèntiques. De fet, el sistema era considerat pràcticament infal·lible: prenent certa quantitat de mesures susceptibles de no variar al llarg de tota una vida, s'aconseguiria identificar a un individu, de l'edat que fos i amb els canvis que s'hagués fet. Per tretze mesures preses, els riscos de confusió son estadísticament de 1 entre 4.194.304 milions i, per catorze, de 1 entre 268.435.456 milions. Teòricament, el mètode no permetia pràcticament l'error.

Camescasse, (un superior seu), el va escoltar i li va concebre un període de tres mesos per, no explicar, sinó demostrar el seu sistema. Durant el mes de febrer de 1883, Bertillon va identificar, gràcies al mètode, el seu primer criminal, un pres que s'havia escapat de la presó.

Des d'aquell moment la jerarquia el va tenir en compte i els resultats van ser espectaculars. En un any, el sistema va permetre detenir a uns 50 criminals i ell mateix va construir un fitxer de 7.300 fitxes. A més, el sistema va ser adoptat ràpidament a Europa i també als Estats Units.

Al 1888 es va crear un nou servei: la identitat judicial, confiat a Bertillon. Bertillon, a més a més, va aportar moltes idees i tècniques importants, com ara la fitxa policial. Va elaborar la metodologia necessària pel registre i comparació de totes les dades dels processats. Va estandarditzar les fotografies d'identificació i les imatges fetes servir

## Història de la dactiloscòpia

com a evidències. Va desenvolupar la fotografia mètrica, que busca reconstruir les dimensions d'un lloc i la ubicació dels objectes trobats, entre d'altres.

Però, amb l'ús, el seu sistema va resultar ser difícil de dur a terme; les mesures es modificaven amb l'edat, el mètode no servia pels malfactors menors d'edat... A més, va aparèixer un nou mètode d'identificació que prendria la fama al seu sistema.

El mètode de Bertillon va fracassar estrepitosament quan es van trobar dues persones diferents que tenien el mateix conjunt de mesures.

### **7.2 Orígens**

Quan parlem dels orígens de la dactiloscòpia, ens hem de centrar en dues èpoques claus:

- El descobriment dels dibuixos que formen les crestes papil·lars i els solcs als dits de les mans.
- L'aplicació tècnica al problema de la identificació personal.

És cert que es té constància de marques dactilars utilitzades per la identificació des de fa molt de temps. Alguns investigadors afirmen que certs dibuixos prehistòrics, que daten del neolític, representen les empremtes dactilars. També, segons certs països de l'Extrem Orient, hi ha impressions d'empremtes com a signe d'identificació personal en segells d'argila i documents que datarien de primers de segle de la nostra era.

Tot i així, no és fins a finals del segle XVII que comença l'anàlisi tècnic de les crestes papil·lars, (ja que aquestes marques manquen de detalls amb valor identificatiu), gràcies al microscopi, el qual va ajudar a l'impuls de la dactiloscòpia.

### **7.3 Dactiloscòpia**

En relació a l'aplicació tècnica al problema de la identificació personal a partir de les empremtes dactilars, s'hi han dedicat moltes persones des de mitjans del segle XIX fins a principis del segle XX, però els mèrits i la gestió principal s'atribueixen a aquestes quatre persones:

#### **7.3.1 William Herschel**

Herschel, que treballava pel servei civil indi, es va adonar que l'estudi de les empremtes dactilars podria ajudar-lo a lluitar contra els fraus d'identitat en les pensions

estats. Després d'estar més de vint anys recollint empremtes es va adonar que les noves impressions de les empremtes de les mateixes persones al cap del temps no variaven i el fet de fer servir aquella nova idea per detenir als impostors el va fer pujar de nivell dins l'administració índia. A l'any 1895 va publicar un estudi que certificava el bon funcionament de les impressions dactilars en la identificació personal i va demostrar la persistència dels punts característics de les crestes papil·lars fent servir les seves pròpies empremtes.

Herschel podria ser el primer home que es va interessar en les empremtes d'una manera pràctica però paral·lelament als estudis de Herschel, un metge escocès també es va interessar per les empremtes.

### **7.3.2 Henry Faulds**

Metge escocès. El seu interès per les empremtes comença en unes excavacions amb l'arqueòleg Edward S. Morse. Faulds es va adonar dels patrons que hi havia marcats als recipients de fang i va arribar a la conclusió de que les marques tenien uns 2000 anys i pertanyien a les empremtes que tenim als dits. Després de nombrosos estudis com ara cremar-se els dits amb àcid sulfúric per comprovar si les empremtes es borraven, va descobrir que quan les crestes papil·lars es tornen a regenerar no canvien, es mantenen immutables. Al 1850 proposa a Darwin que li faigui costat a l'hora de presentar les empremtes com a mètode d'identificació però ni aquest ni el cosí d'aquest (Francis Galton) no l'ajuden. L'any 1880 va publicar un article a la revista *nature* anomenat "Sobre la pell- Solcs de la mà" el qual no va tenir èxit per falta d'evidències. Al 1894, Faulds va publicar una carta dirigida a William Herschel convidant-lo a presentar algun document oficial que afirmés que ell s'hagués interessat abans per l'excepcionalitat de les empremtes. Aquesta carta, lluny de donar-li la raó a Faulds va fer que Herschel publicés una carta amb tots els documents demanats. Això va fer que Faulds quedés completament al marge de les investigacions fins que Galton, que tenia molt més poder i influència, va voler ampliar la recerca d'aquest interessant-se en les empremtes. El "Henry Classification System" ampliat pel pròpi Galton, va ser aprovat a Londres al 1901 i al 1903 el departament de policia de Nova York i la presó estatal van adoptar el sistema.

### **7.3.3 Francis Galton**

Britànic. No li interessava gaire la dactiloscòpia fins que va assistir a una conferència que va fer-li agafar interès pel tema. Galton va calcular la probabilitat que dues persones tinguin una mateixa empremta dactilar i va estudiar l'heretabilitat i les diferències racials de les empremtes dactilars. Galton va escriure diversos articles sobre la dactiloscòpia. Sense adonar-se'n, va desencadenar una polèmica entre Herschel i Faulds degut a que uns anys abans havia ignorat una carta de Faulds, (que segons Galton Darwin no li havia transmès), i més tard, quan va necessitar ajuda, es va posar en contacte ni més ni menys que amb Herschel, el "rival" de Faulds.

A l'any 1892 va publicar el primer llibre anomenat "Empremtes Dactilars" en el qual proposava el primer sistema de classificació i catalogació, a partir de l'arxiu dels deu dits. Aquest sistema va ser un eix pels sistemes actuals, amb ell va classificar i arxivar 2.632 empremtes. El seu estudi amb una base científica va ser clau a l'acceptació de la dactiloscòpia pels tribunals.

Segons els càlculs de Galton, la possibilitat de trobar dues empremtes iguals seria d'una entre 64 bilions en comparació amb l' 1 entre 4.194.304 milions (per tretze marques) de l'antropometria de Bertillon.

Al 1897, la impressió dactilar, ja com a mètode d'identificació es va adoptar únicament com a complement del sistema Bertillon tot i que ben aviat es va demostrar que aquest nou era molt millor gràcies a la seva infal·libilitat i fàcil aplicació.

### **7.3.4 Juan Vucetich**

Argentí, d'origen austrohongarès. Al 1891, Juan Vucetich, qui posseïa un alt càrrec al Departament de Buenos Aires, va ser l'encarregat d'organitzar l'oficina d'identificació de la institució amb el sistema Bertillon. Però gràcies als avenços de Galton, Vucetich va considerar el nou sistema al organitzar l'oficina. Al setembre del mateix any, va prendre les impressions dactilars a vint-i-tres persones per inaugurar la primera oficina d'identificació amb crestes papil·lars fent servir el sistema que porta el seu nom. Vucetich va ser el primer investigador que va aconseguir detenir a una assassina a partir d'una empremta dactilar.

### **7.3.5 La dactiloscòpia a Espanya**

Federico Olóriz, antropòleg granadí, va ser qui va introduir el sistema d'identificació de persones mitjançant les empremtes dactilars a Espanya, al 1909.

Olóriz anava a les presons madrilenyes per mesurar presos a partir del sistema Bertillon. Quan el van ascendir a cap del servei d'identificació judicial va buscar un sistema millor, topant finalment amb les empremtes dactilars. L'antropòleg havia estudiat prop de 3.000 dactilogrames quan va saber que Vucetich ja havia desenvolupat un mètode infal·lible. El va examinar i va treballar amb aquest, redefinint-lo i establint d'aquesta manera el Sistema d'identificació dactiloscòpic espanyol, que es basa en la forma, el número i la disposició d'un dibuix en l'empremta. Tot i que no es deixa de considerar un mètode bastant similar (quasi be el mateix), que el de Juan Vucetich. Com tots els mètodes mencionats, ja no es treballa amb aquest sistema, (concretament des de 1982).





## 8 El pes de l'empremta als tribunals

La prova lofoscòpica, (empremta), pot ser de gran importància a un tribunal. A partir dels informes pericials<sup>7</sup>, els quals fan contrast entre empremtes trobades al lloc dels fets i amb les que s'han pres dels sospitosos, es pot arribar, amb un alt grau de certesa, a confirmar la culpabilitat d'un sospitós.

La prova lofoscòpica s'emmarca a la pericial que serveix per a la determinació de la identificació de l'autor d'una infracció penal.

L'empremta és una prova preconstituïda<sup>8</sup> ja que recollir i revelar les empremtes és una tècnica irrepètible en molts casos. Però per molt que una empremta coincideixi amb la mateixa del sospitós, aquesta no prova l'autoria del delictes sinó només que una persona era a un lloc determinat. Això sí, en funció de les circumstàncies, (declaracions, moment i lloc de la recollida, l'anàlisi pericial...), pot ser un indici molt rellevant i de gran importància al judici.

La identificació científica a partir d'empremtes dactilars exigeix l'existència provada de vuit o deu punts característics comuns coincidents entre l'empremta trobada al lloc dels fets i la recollida al sospitós. En cas de la possessió de més d'una empremta, l'anàlisi s'obtindrà complementàriament i es buscaran, al menys, dotze punts característics.

---

7 Adjectiu que fa referència al que està vinculat a un pèrit, (expert que aporta informació d'interès al jutge), o a una perícia (el saber del pèrit).

8 Supòsits excepcionals per a fonamentar una sentència condemnatòria en casos on aquests no es puguin reproduir en el moment del judici oral.

El pes de l'empremta als tribunals

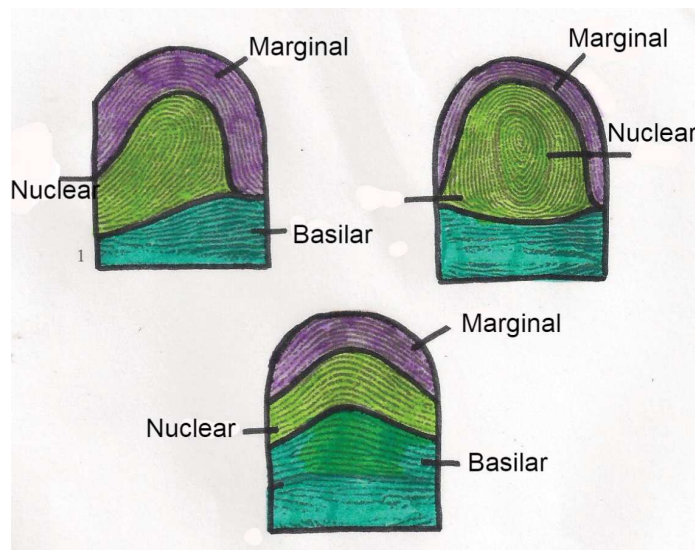
## **9 Classificació i interpretació de crestes**

### **9.1 Sistemes i deltes**

Existeixen infinites configuracions de les crestes papil·lars. Una de les diferències més notables que podem trobar és l'existència (o no ) de deltes. Els deltes són el centre de tres sistemes convergents de línies separades per angles superiors a 90° i al voltant d'aquests s'organitzen les crestes amb les seves orientacions. Es comença a parlar de sistema quan hi ha una agrupació de tres o més crestes amb una mateixa orientació. En les empremtes, si hi ha delta, existeixen tres tipus de sistemes:

- Sistema basilar: Sistema situat a la base del tou del dit. Les crestes d'aquest són paral·leles al plec de l'articulació del dit, tenen una direcció transversal horitzontal i a vegades descriuen ondulacions molt suaus.
- Sistema marginal: Es situa al marge del dactilograma. Les crestes d'aquest sistema són llargues i arquejades, comencen a un costat de la impressió, paral·lelament amb les del sistema basilar i s'aparten d'aquestes al acostar-se al delta, per elevar-se marginalment cap a la regió que s'acosta més a l'ungla.
- Sistema nuclear: És el sistema situat entre els dos anteriors, es troba a la regió central del dactilograma.

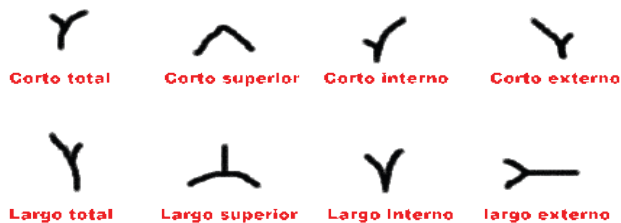
## Classificació i interpretació de crestes



*Il·lustració 9.1: Diferents sistemes en un dactilograma (baga, remolí i arc per ordre d'aparició)*

A més, també existeixen diferents tipus de deltes, els negres i els blancs. Els deltes negres, que sempre estan units, es divideixen en curts i llargs, mentre que els blancs, que no estan mai units, en tancats i oberts.

### **DELTAS NEGROS**



### **DELTAS BLANCOS**

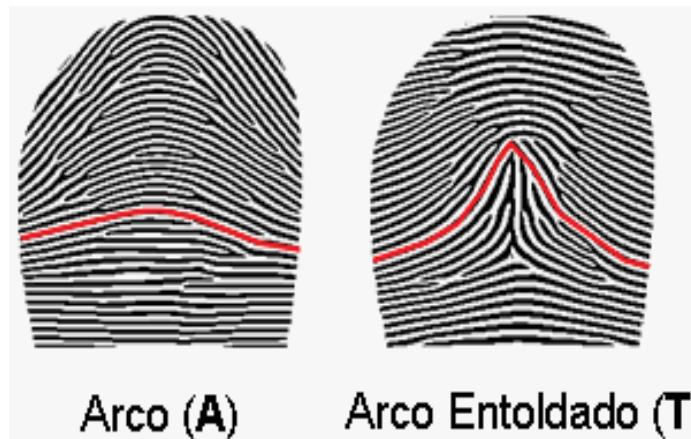


*Il·lustració 9.2: Diferents tipus de deltes (blancs i negres)*

## 9.2 Figures dèrmiques

Les figures dèrmiques corresponen a quatre tipus de dactilogrames diferents: els arcs, les bagues (cubitals i radials) i els remolins. Cada figura té les següents característiques:

- **Arcs:** Les crestes papil·lars es dirigeixen d'un cantó a l'altre de la impressió amb un sentit més o menys horitzontal. No té ni deltes ni sistema nuclear, per la qual cosa es fa difícil distingir les limitants entre el sistema basilar i el marginal (totes les crestes van en la mateixa direcció). Dins els arcs també hi trobem els arcs en tenda. Les crestes d'aquests dactilogrames es dirigeixen cap a dalt quan arriben al centre del dactilograma, agafant un sentit vertical. Aquestes crestes donen l'aparença d'un delta (tot i que no es considera que en tinguin) i no es s'inclouen a les bagues.



Il·lustració 9.3: Figures d'arc (a la dreta) i arc en tenda (a l'esquerra)

- **Bagues:** Les crestes papil·lars presenten forma de nansa, neixen per un dels dos costats del dactilograma i al centre es doblen i tendeixen a sortir pel mateix

## Classificació i interpretació de crestes

lloc per on han entrat. Aquestes crestes que es doblen formen el nucli i d'aquestes crestes, la més interna, forma el centre nuclear o punt central. Les bagues tenen un únic delta, ja sigui a la dreta o a l'esquerra del mateix observador. Segons si el delta és a la dreta o a l'esquerra es classifiquen en radials o cubitals; s'anomenen radials les bagues que tenen el delta a la dreta i cubitals les que tenen el delta a l'esquerra.

Dins les bagues també hi trobem un cas especial, la doble baga. Aquests dactilogrames tenen dos deltes i dues bagues diferents, formats per sistemes de crestes diferents, si no es tingués en compte aquest fet, es podrien confondre fàcilment amb els dactilogrames que tenen forma d'espiral i amb doble nucli.



**Bucle (U o R)**

*Il·lustració 9.5:  
Figura baga radial*



*Il·lustració 9.4: Figura  
doble baga*

- **Remolins:** Són dactilogrames amb dos o més deltes i amb, com a mínim, una cresta que fa un cercle complet en forma d'espiral, el·lipse, lletra "s"... Les crestes que formen aquest cercle donen lloc al nucli. Es classifiquen en simètrics i concèntrics, segons el centre del nucli.



*Il·lustració 9.6: Figura  
remolí simètric*



*Il·lustració 9.7: Figura  
remolí*

Cal tenir en compte, també, que hi ha figures que són un entremig dels quatre tipus essencials de dactilogrames, tenen petites diferències que no els deixen ser d'un grup determinat. Són figures en transició.

El següent esquema mostra aquestes figures mitjançant l'evolució d'un remolí fins a esdevenir un arc; els títols indiquen quan es comença a considerar el canvi de figura.

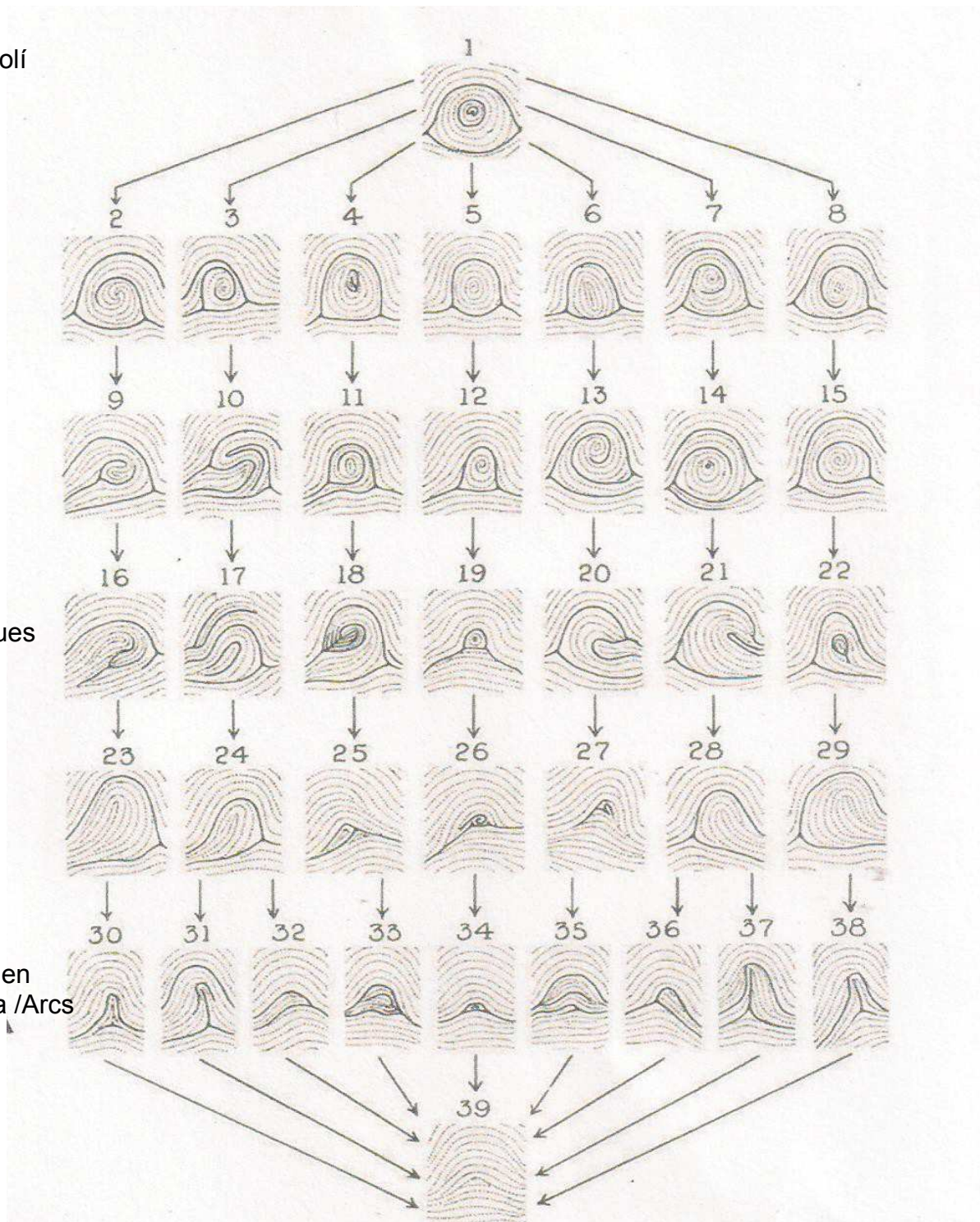
Classificació i interpretació de crestes

Remolí

Bagues

Arcs en tenda / Arcs

Arc



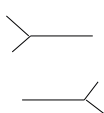

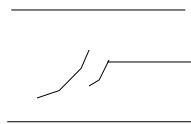


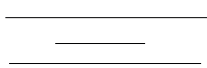


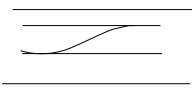

Il·lustració 9.8: Figures en transició des d'un remolí fins a un arc.



### 9.3 Altres característiques dèrmiques importants

Hi ha altres factors que intervenen en la interpretació de les crestes:

- **Solcs interpapil·lars:** es pot mesurar la distància entre les crestes.
- **Gruix de les crestes:** es té en compte l'amplitud de les crestes.
- **Punts característics:**

TIPUS	DEFINICIÓ	EXEMPLE
Bifurcació o convergència	Una cresta papil·lar es divideix en dues a partir d'un angle molt agut. En allunyar-se del vèrtex els dos costats solen ser paral·lels.	
Branca	Petit fragment de cresta que sobresurt d'una altra.	
Desviació	Quan dues crestes de sentit contrari s'han de trobar però canvien de direcció i finalment no s'uneixen.	
Encreuament	Quan dues crestes properes entre elles es creuen.	
Fi de cresta	Quan una cresta s'acaba.	
Fragment	Cresta, més llarga o més curta, que es troba entemig de dues altres crestes, neix i acaba de manera abrupta.	
Interrupció	Una cresta s'interromp i es torna a formar després en la mateixa direcció.	
Punt	Similar al fragment però es diferencia en que la seva longitud és igual a la seva amplada.	
Transversal	Cresta que passa transversalment entre dues altres crestes paral·leles.	
Trau	Solc de forma ovalada que es forma quan dues crestes es bifurquen i després es tornen a unir.	



## 10 Elaboració pràctica

### 10.1 Hipòtesis i deduccions

Abans de començar a pensar en el disseny de l'experiment i la metodologia a seguir es van plantejar les següents hipòtesis:

- 1) A partir dels sistemes que van fer servir investigadors com ara Vucetich o Olóriz per identificar criminals es pot realment identificar un individu.
- 2) No existeixen diferències significatives entre sexes pel que fa a les figures dèrmiques ni tampoc entre les mans d'un mateix individu (implicaria genètica).

### 10.2 Disseny de l'experiment i metodologia

Per obtenir una resposta a la primera hipòtesi he necessitat l'ajuda de deu persones. De cada persona n'he obtingut deu dactilogrames, cinc mostres de cada mà. Només un d'aquests dactilogrames havia de ser igual que l'empremta problema, de la qual parlaré més endavant. Els passos que vaig seguir són els següents:

- **Preparació del material:** Primer, vaig crear unes fitxes a mà, si tenia els dactilogrames físics a davant meu em seria més fàcil de treballar.  
Pel que fa al mètode de recollida dels dactilogrames, al principi vaig pensar que ho faria amb tinta però la primera prova que vaig fer va sortir malament degut a un excés de tinta, cosa que em va fer descartar la idea. Després d'això vaig buscar un altre mètode que finalment va ser el definitiu; un mètode a base de carbó.
- **Recollida d'empremtes:** Per a l'obtenció de les empremtes vaig organitzar un dia amb deu companys que van fer dels meus "sospitosos". Per recollir els deu dactilogrames de cada sospitós, anava pintant amb carbó un tros de paper i el sospitós havia de fer girar tots els dits d'esquerra a dreta per tal d'embrutar tot el tou del dit de carbó i obtenir una bona empremta. Després, vaig anar tallant

## Elaboració pràctica

trossos de cinta adhesiva transparent i, amb molta cura, la posava a sobre del dit impregnat de carbó. Finalment, retirava la cinta i l'enganxava amb un cartonet a la fitxa corresponent.

També vaig crear l'empremta problema, que més endavant hauria d'analitzar i comparar amb els cent dactilogrames fins que trobés la seva parella idèntica. Vaig buscar una superfície on s'hi quedessin unes empremtes molt clares i marcades, després, vaig donar la instrucció als sospitosos; qualsevol d'ells, sense que jo ho vegés, havia de tocar l'objecte. Vaig marxar de "l'escena" i quan vaig tornar vaig retirar l'empremta que el culpable havia plasmat a l'ordinador. Això ho vaig fer mitjançant pólvores de talc per fer contrast amb l'objecte, (de color negre), i una brotxa per retirar l'excés de les pólvores de talc. Una empremta hi va quedar clarament visible. Llavors li vaig fer una foto molt clara, per tal de poder treballar més tard amb ella.

- **Designar valors quantitius i qualitius; la formulació i subformulació:** S'havia de seguir amb la investigació: el següent pas consistia en adoptar un sistema de classificació dactiloscòpic. (veure ANNEX A per més exemples). La designació és la part que porta més feina i temps de totes, més o menys vaig necessitar una hora i mitja per cada fitxa amb els seus corresponents dactilogrames.

### **10.3 Formulació i subformulació**

Els sistemes dactiloscòpics són procediments que serveixen per agrupar racionalment els diferents tipus de dactilogrames, basant-se en les característiques i figures dèrmiques diferenciatives. S'assignen noms i símbols per a la representació. En el meu cas em vaig decantar pel sistema dactiloscòpic espanyol d'Óloriz, que no deixa de ser gairebé el mateix sistema que el de Vucetich. La diferència entre l'un i l'altre és que el sistema de Vucetich és un sistema nuclear (fa la classificació dels dactilogrames segons el seu nucli), mentre que el d'Óloriz és un sistema basat en el delta.

De la primera designació, se'n diu formulació i la lletra o número que se n'obté és el valor qualitatiu, el qual correspon a la identificació de la figura (si el dactilograma no té

delta, el té a l'esquerra o a la dreta o en té dos, i el que seria el mateix seguint el mateix ordre, si és un arc, una boga cubital, una boga radial o un remolí). Aquesta lletra o número ocuparà el lloc del numerador.

Així doncs, vaig formular els dactilogrames seguint la nomenclatura d'Óloriz:

<b>Formulació</b>		
	<i>Polze</i>	<i>Resta de dits</i>
<i>Sense delta</i>	A	1
<i>Delta a la dreta</i>	D	2
<i>Delta a l'esquerra</i>	S	3
<i>Dos deltes</i>	V	4

De la segona designació se'n diu subformulació: la lletra o número que se n'obté és el valor quantitatiu, el qual ocupa el lloc del denominador.

Vaig subformular seguint aquest criteri:

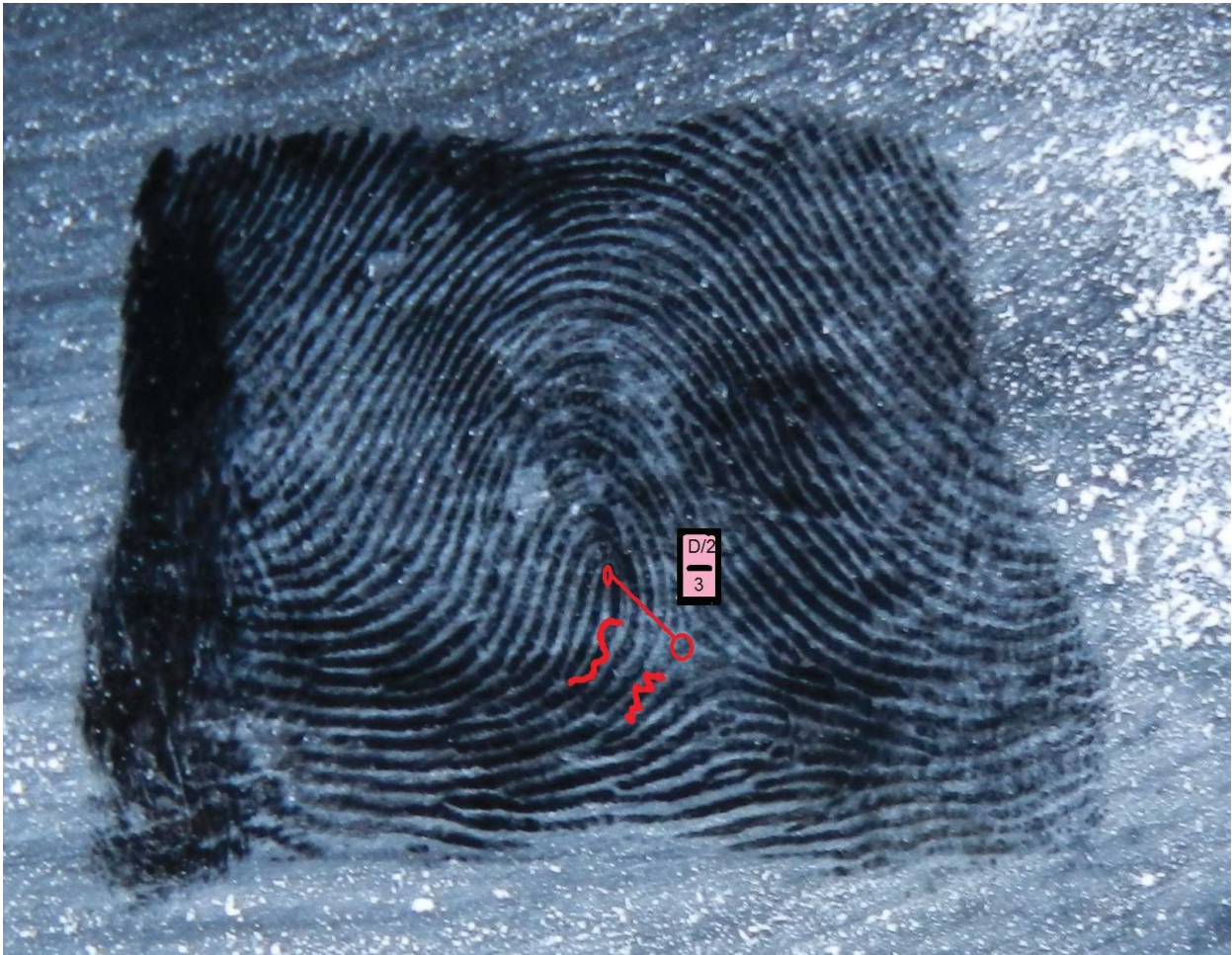
Si el dactilograma té un sol delta: fer una línia des del centre del delta fins al nucli del dactilograma. La primera i la última cresta no es contenen. El número que s'obté de crestes serà el valor quantitatiu.

Si el dactilograma té dos deltes: fer una línia des del delta esquerra fins el dret. Si la línia passa per les crestes interiors del delta, es considera intradelta i es designa amb la lletra minúscula "i". Si la línia segueix fins la cresta pilar del delta, del mateix lloc d'on ha sortit, es considera mesodelta i es designa amb la lletra minúscula "m". Si per el contrari, la línia passa per les crestes exteriors del delta es considera extradelta i es designa amb la lletra minúscula "e". En cas de dubte el valor quantitatiu és "?".

(Per fer les mitjanes que hi ha a continuació no he seguit aquest criteri perquè a aquests dactilogrames se'ls havia de designar un número que no fos ni zero ni cap lletra; en aquest cas, he comptat les línies que hi han des del delta més pròxim al nucli fins al nucli i el valor que se n'obté és el número).

Si el dactilograma no té cap delta: No es subfórmula en Gabinetes d'Identificació de IIPP.

### 10.4 Resultats Hipòtesi 1



*Il·lustració 10.1: Formulació i subformulació de l'empremta problema*

Formulació i subformulació de l'empremta problema<sup>9</sup>:  $\frac{D/2}{3}$

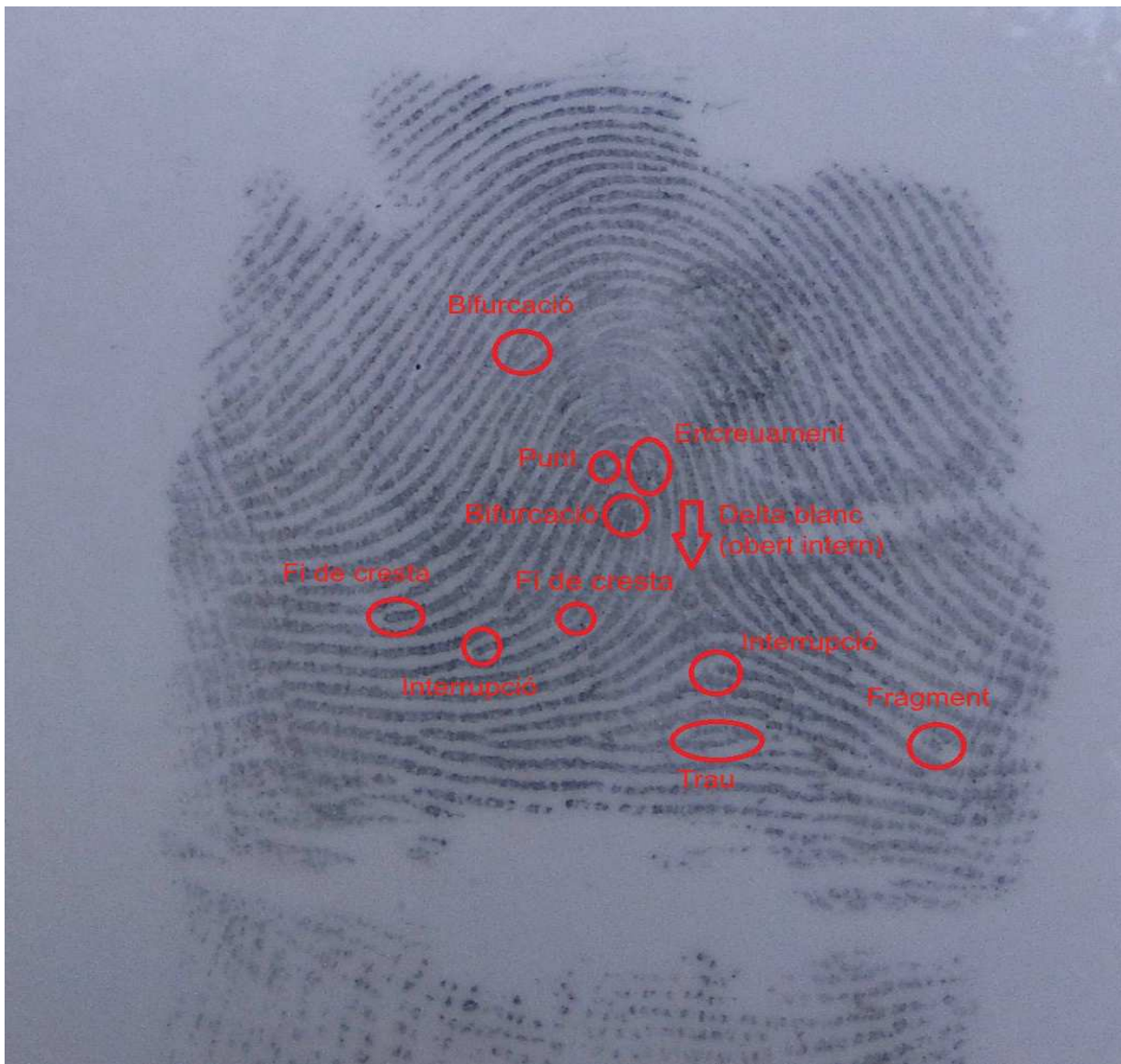
---

<sup>9</sup> Veure pàgina 42 per saber els criteris de formulació i subformulació.

	Mà dreta					Mà esquerra				
	polze	índex	mitger	anular	petit	polze	índex	mitger	anular	petit
<i>Individu 1<sup>10</sup></i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{2}{24}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 2</i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{2}{19}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{17}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 3</i>	$\frac{D}{19}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{18}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{S}{13}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{11}$
<i>Individu 4</i>	$\frac{D}{18}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{S}{20}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{18}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 5</i>	$\frac{D}{21}$	$\frac{3}{22}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{4}{i}$	$\frac{2}{17}$	$\frac{S}{19}$	$\frac{2}{20}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{3}{19}$
<i>Individu 6</i>	$\frac{D}{23}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{S}{14}$	$\frac{4}{m}$	$\frac{3}{17}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 7</i>	$\frac{V}{m}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{S}{5}$	$\frac{1}{\square}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{3}$
<i>Individu 8</i>	$\frac{V}{i}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{X}{?}$	$\frac{S}{16}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{15}$	$\frac{3}{14}$
<i>Individu 9</i>	$\frac{D}{17}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{S}{14}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{3}{14}$	$\frac{X}{?}$
<i>Individu 10</i>	$\frac{V}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{3}{12}$	$\frac{V}{e}$	$\frac{4}{e}$	$\frac{3}{19}$	$\frac{3}{28}$	$\frac{4}{e}$

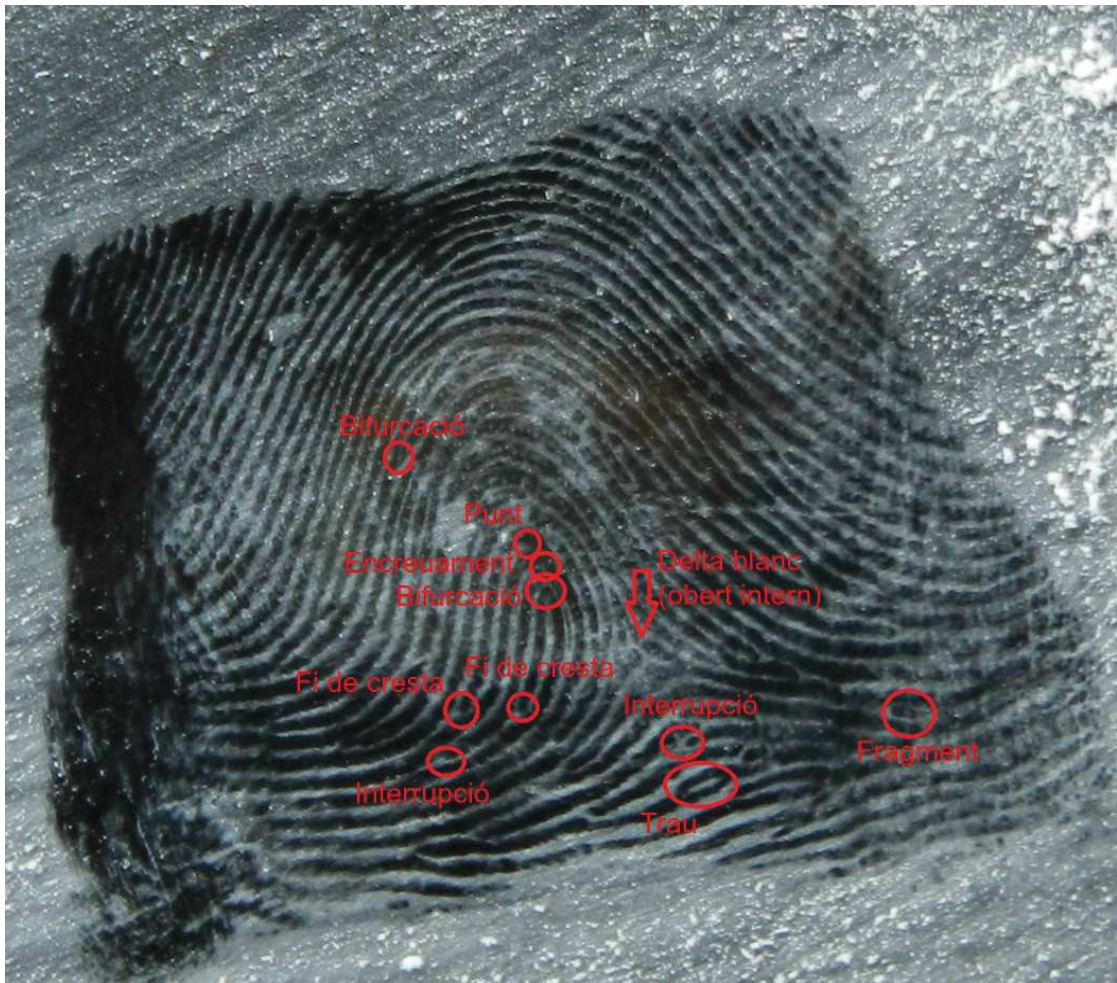
Quan vaig trobar el dactilograma amb els mateixos valors quantitatiu i qualitatiu que l'empremta problema, vaig buscar onze punts característics idèntics en els dos dactilogrames per acabar de verificar que era el dactilograma adequat. I, efectivament, les empremtes coincidien.

<sup>10</sup> L'individu 1 no és la mateixa persona que el subjecte 1, veure annexos per diferenciar-los correctament.



*Il·lustració 10.2: Onze punts característics del dactilograma recollit*





*Il·lustració 10.3: Onze punts característics de l'empremta problema*

### 10.5 Resultats Hipòtesi 2

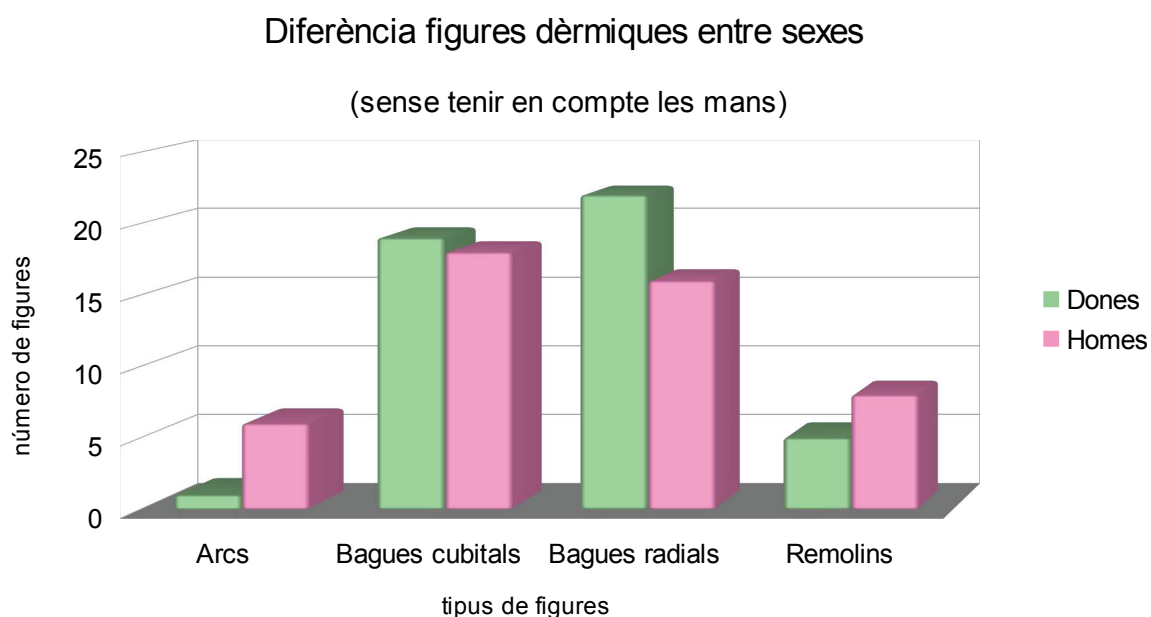
<i>Mitjana del número de crestes dels dos sexes<sup>11</sup></i>		
	<i>Mà dreta</i>	<i>Mà esquerra</i>
<i>Dones</i>	14'5	12'6
<i>Homes</i>	12'29	11,04

<sup>11</sup> (Veure annex D per saber d'on surten els valors)

## Elaboració pràctica

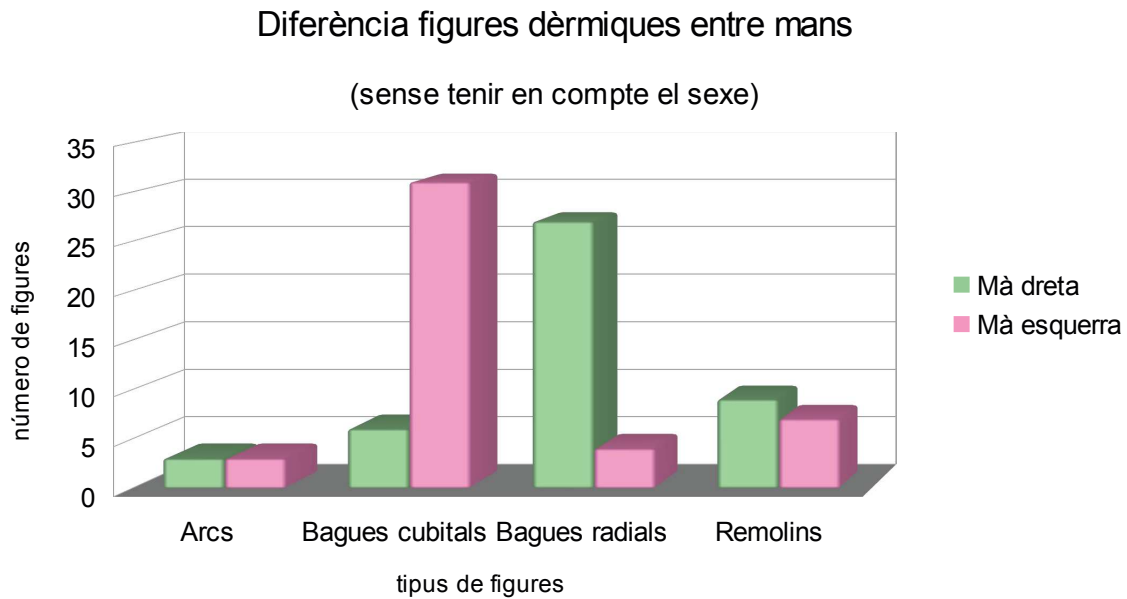
Segons alguns estudis i anàlisis de la distribució de les figures dèrmiques, els homes tenen més empremtes amb remolins i bagues radials i les dones, en canvi, tenen més arcs i bagues cubitals (Pons, 1951). En canvi, a les meves mitjanes es pot veure que el valor de la mà dreta dels homes és poc més gran que el de l'esquerra però sí bastant més petit que el valor de les dues mans de les dones. Com que els remolins tenen valors quantitius més elevats que les bagues i els arcs, si els homes presentessin més remolins, això hauria de fer que les mitjanes del valor quantitiu dels homes fossin més altes que les de les dones, cosa que no passa.

La següent gràfica no té en compte les mans (dreta o esquerra). Les dones tenen un major nombre de bagues radials, així com els homes tenen un major nombre d'arcs. En canvi, pel que fa a les bagues cubitals i als remolins, la diferència que hi ha entre dones i homes és nul·la o insignificant.



Les figures dèrmiques que més predominen en general són les bagues, tant radials com cubitals mentre que les que menys són les figures restants; els arcs i els remolins.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Les dades del gràfic són extretes de les taules de l'annex D



El gràfic ens mostra que hi ha un número més elevat de bagues cubitals a la mà esquerra i, per contra, més bagues radials a la mà dreta. Mentre que els arcs i els remolins estan igualats.<sup>13</sup>

Davant aquests resultats es van recollir les empremtes d'uns quants esquerrans per veure si aquest patró es repetia a la inversa, és a dir, si aquesta diferència és deguda a la dominància de mà. A partir de les mostres recollides es va poder determinar que el patró no es repetia a la inversa.

### 10.6 Prova $\chi^2$

Mètode estadístic per tractar valors qualitius per saber si realment els valors obtinguts són significatius o no. La prova mesura la discrepància entre una distribució observada i una altra teòrica i determina si dues variables qualitatives estan associades o no. Els valors estadístics de la prova es distribueixen d'una manera determinada (ji-quadrat) que depèn d'un paràmetre específic, els graus de llibertat (g.d.l.). Es mesura el valor que hauria de resultar si les dues variables fossin independents i el que s'ha obtingut a la realitat. Com més gran és la diferència més gran serà la relació entre les dues variables.

Gràcies als quadrats de les fórmules, els resultats sempre són positius.

<sup>13</sup> Les dades del gràfic són extretes de l'Annex D

## Elaboració pràctica

A partir de la taula de distribució<sup>14</sup>, s'obté un valor (P) que determinarà si les dues variables tenen relació.

<i>Mans Homes i Dones</i>	
$\chi^2$	36
<i>g.d.l</i>	3
<i>P</i>	7,82
<i>Sí que hi ha relació</i>	

<i>Mà dreta i mà esquerra</i>	
$\chi^2$	5,29
<i>g.d.l</i>	3
<i>P</i>	7,82
<i>No hi ha relació</i>	

### **10.7 Prova T-Student**

Aquesta prova<sup>15</sup> és el mateix que la  $\chi^2$  però ara tractant amb valors numèrics (valors quantitatius). Ens proporciona saber si dues mostres corresponen a la mateixa distribució de probabilitat però amb diferents mitjanes o arribar a la conclusió de que aquesta diferència en les mitjanes pot ser deguda a oscil·lacions estadístiques eventuais.

<i>Dones VS Homes</i>		
<i>Dones</i>	<i>Mostres:</i>	5
	<i>Mitjana:</i>	13,6
	<i>Desviació típica:</i>	3,9
<i>Homes</i>	<i>Mostres:</i>	5
	<i>Mitjana:</i>	12,12
	<i>Desviació típica:</i>	5,04

<sup>14</sup> Per la taula de distribució i pels valors obtinguts de la prova  $\chi^2$  veure annex B.

<sup>15</sup> Veure annex C per la taula de distribució i pels valors obtinguts de la prova T-Student.

Nº Mostres total: 10

T-Student: 0,5

g.d.II: 8

P: 2,306

Com que  $0,5 < 2,306$ , no hi ha diferències entre les mans dels homes i les dones.

<i>Mà dreta VS Mà esquerra</i>		
<i>Mà dreta</i>	<i>Mostres:</i>	<i>10</i>
	<i>Mitjana:</i>	<i>13,56</i>
	<i>Desviació típica:</i>	<i>4,58</i>
<i>Mà esquerra</i>	<i>Mostres:</i>	<i>10</i>
	<i>Mitjana:</i>	<i>11,99</i>
	<i>Desviació típica:</i>	<i>4,76</i>

Nº Mostres total: 20

T-Student: 0,75

g.d.II: 18

P: 2,101

Com que  $0,75 < 2,101$ , no hi ha diferències entre les mans esquerra i dreta.

### **10.8 Interpretació dels resultats**

Pel que fa als valors qualitius, com que un dels resultats obtinguts amb l'estadística de la  $X^2$  (36) és més gran que 7,82, es considera que sí que hi ha una diferència significativa entre mà dreta i mà esquerra sense tenir en compte els dos sexes. Això quadra amb la gràfica realitzada<sup>16</sup>, on es veu clarament que el número de bagues cubitals i de bagues radials és molt diferent segons quina mà estiguem mirant. En canvi, per l'altre càlcul, el valor és 5,29 i com que és més petit que 7,82, es considera que no hi ha relació entre diferents sexes sense tenir en compte les mans (dreta o esquerra). Aquest últim raonament també coincideix amb el gràfic realitzat<sup>17</sup>, on podem veure que els valors són més o menys iguals pels dos sexes.

<sup>16</sup> Veure gràfic de la pàgina 48.

<sup>17</sup> Veure gràfic de la pàgina 47.

Elaboració pràctica

## Conclusions

- És possible identificar a una persona a partir de les seves empremtes dactilars.
- Els sistemes d'identificació manuals a través de les empremtes dactilars són eficaços però cal tenir en compte que estan obsolets. És a dir, en comparació amb els sistemes informàtics actuals, un sistema dactiloscòpic manual tarda més en identificar un individu. Això ho puc confirmar amb la meva part pràctica; vaig tardar moltes hores per a realitzar la designació i comparació mentre que un ordinador ho hauria fet en minuts.
- Tenint en compte els resultats de la part pràctica, és possible que el factor genètic que tenen les empremtes sigui més important del que em plantejava inicialment. A més, dues de les persones que van deixar-me prendre'ls les empremtes són germanes i les figures dèrmiques, tot i que evidentment no són les mateixes, es repeteixen bastant. Això sí, el número de crestes papil·lars no és mai el mateix ni tampoc similar pel que fa a les mostres que jo vaig recollir.
- A partir de la part pràctica s'ha confirmat un fet que s'havia vist prèviament a la teoria; l'estructura inicial de les empremtes ve donada inicialment. Com veiem, això encaixa amb els patrons repetits de les dues germanes. Tot i així, aquesta estructura inicial es modifica degut a l'ambient. Això últim encaixa amb el cas dels bessons; tot i tenir el mateix ADN, les seves empremtes són diferents, igual que la resta de caràcters, els quals es van fent diferents al llarg del temps degut al mateix ambient. És a dir, l'ambient pot actuar modificant l'expressió dels gens. Qualsevol caràcter de qualsevol ésser viu és conseqüència de l'expressió d'un o més gens que fan que es sintetitzin certes proteïnes, sent, d'aquesta manera, una part genètica. Això sí, aquestes proteïnes es veuran modificades per l'ambient.
- A partir dels resultats obtinguts en les proves estadístiques es pot concloure que el nombre de crestes papil·lars no ve prèviament determinat, com en el cas de

## Conclusions

l'estructura inicial, sinó que depèn exclusivament de l'ambient. Això es pot afirmar a partir de les mostres tractades a la part pràctica en la prova de la T-Student; les dues mostres presenten mitjanes diferents degut a oscil·lacions estadístiques eventuais. Aquest fet coincideix amb les mostres de les germanes; el número de crestes papil·lars no era el mateix ni tampoc similar.

- ➔ La dominància de mà no condiciona el tipus de figures dèrmiques de les dues mans. Això es pot confirmar a partir dels gràfics realitzats i de les mostres recollides dels esquerrans.
- ➔ Pel que fa a l'eficàcia de les proves estadístiques, aquesta augmenta amb el número de mostres. Com més valors es tinguin, més eficaç serà. Per tant, si hagués tingut més mostres els resultats serien més fiables.



## Bibliografia i Webgrafia

### 1. Bibliografia

- BEAVAN, Colin : *Huellas dactilares. Los orígenes de la dactiloscopia y de la ciencia de la identificación criminal*. Trayectos (Alba) ; 48, Barcelona : Alba, 2003.
- CUMMINS, Harold; MIDLO, Charles : *Fingerprints, palms and soles. An introduction to dermatoglyphics*. Dover Publications, Canadà, 1961.
- VON KARMAN, Theodore: *The Buckling of Spherical Shells by External Pressure*. Journal of the Aeronautical Sciences, California. Vol.7, No.2 (1939), pp. 43-50.

### 2. Fonts Informàtiques:

- ALUMNES DE SEGON DE BIOTECNOLOGIA: Formació de les empremtes.  
<http://homeostasisufv.blogspot.com.es/2014/02/como-se-forman-las-huellas-digitales.html> (consulta: 8/8/2017)
- CIENTÍFICS DE UCSB SCIENTIFIC LINE: Formació de les empremtes.  
<http://scienceline.ucsb.edu/getkey.php?key=2666> (consulta: 28/7/2017)
- DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIVIL I MONITOREO: Curs de datiloscòpia.  
<http://studylib.es/doc/8304488/sistemas-crestales> (consulta: 14/7/2017)
- EQUIP DE DERMATÒLEGS: La pell.  
[http://www.lapiel.com/frontend/lapiel/noticia.php?id\\_noticia=492](http://www.lapiel.com/frontend/lapiel/noticia.php?id_noticia=492)  
(consulta: 21/6/2017)
- ESTHER SAMPER: Les empremtes dels bessons.  
[http://www.soitu.es/soitu/2008/03/07/salud/1204886814\\_853745.html](http://www.soitu.es/soitu/2008/03/07/salud/1204886814_853745.html)  
(consulta: 22/6/2017)
- MIGUEL MAZA MARQUEZ: Manual de criminalística.  
[http://clasev.net/v2/pluginfile.php/11083/mod\\_resource/content/0/INTRODUCCIO](http://clasev.net/v2/pluginfile.php/11083/mod_resource/content/0/INTRODUCCIO)

## Bibliografia i Webgrafia

- [N\\_A\\_LA\\_DACTILOSCOPIA.pdf](#) (consulta: 10/7/2017)
- NATALIA DEL ROSARIO ARENAS PAZ: La dactiloscòpia.  
<http://www.monografias.com/trabajos56/huellas-lofoscopicas/huellas-lofoscopicas4.shtml> (consulta: 13/8/2017)
  - ONIN: Història de la dactiloscòpia. <http://www.onin.com/fp/fphistory.html> (consulta: 10/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (I).  
[https://www.youtube.com/watch?v=VuRC7is0c\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=VuRC7is0c_A) (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (II).  
<https://www.youtube.com/watch?v=-BXbmR0Z9JI> (II) (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (III).  
<https://www.youtube.com/watch?v=q-HtF0Irt3U> (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (IV).  
<https://www.youtube.com/watch?v=bTXKjgSLkts> (consulta: 14/7/2017)
  - PILAR GUILLÉN: Curs sobre el sistema dactiloscòpic espanyol (V).  
<https://www.youtube.com/watch?v=J18V1ldlh6s> (consulta: 14/7/2017)
  - UNIVERSIDAD PERUANA DE LOS ANDES: Dactiloscòpia i delta dactiloscòpic.  
<https://es.slideshare.net/giani10/delta-dactiloscopico> (consulta: 14/7/2017)
  - U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE : Transtorn genètic i SMARCAD 1.  
<https://ghr.nlm.nih.gov/gene/SMARCAD1> (consulta: 10/8/2017)
  - TODAY I FOUND OUT: Regeneració de les empremtes.  
<http://www.todayifoundout.com/index.php/2014/07/fingerprints-form-can-regenerate/> (consulta: 29/6/2017)
  - WIKIPEDIA: Dactilograma. <https://es.wikipedia.org/wiki/Dactilograma> (consulta: 10/10/2017)
  - WIKIPEDIA: empremta dactilar. [https://es.wikipedia.org/wiki/Huella\\_dactilar](https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_dactilar) (consulta: 20/7/2017)
  - WIKIPEDIA: Identificació personal. [https://es.wikipedia.org/wiki/Identificaci%C3%B3n\\_de\\_personas](https://es.wikipedia.org/wiki/Identificaci%C3%B3n_de_personas) (consulta: 1/8/2017)
  - WOLTERS KLUWER: Guies jurídiques.  
[http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUNjCxMLtbLUouLM\\_DxblwMDCwNz](http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUNjCxMLtbLUouLM_DxblwMDCwNz)

## Índex d'il·lustracions i taules

### Índex d'il·lustracions

Il·lustració 2.1: Crestes i solcs d'una empremta dactilar.....	12
Il·lustració 2.2: Papil·les de la dermis, (de color més clar), i l'epidermis (E).....	13
Il·lustració 3.1: Exemple dels camps de força i resultat d'empremtes generades per simulació numèrica de les equacions de Kücken-Newell. ....	16
Il·lustració 3.2: Procés de contracció de la capa basal .....	17
Il·lustració 3.3: Empremites embrionàries.....	18
Il·lustració 5.1: Diferència entre bessons monozigòtics (primera part de l'esquema, a l'esquerra) i bessons dizigòtics (segona part de l'esquema, a la dreta) .....	22
Il·lustració 6.1 Posició del gen SMARCAD1 al cromosoma 4.....	23
Il·lustració 9.1: Diferents sistemes en un dactilograma (baga, remolí i arc per ordre d'aparició).....	34
Il·lustració 9.2: Diferents tipus de deltes (blancs i negres).....	34
Il·lustració 9.3: Figures d'arc (a la dreta) i arc en tenda (a l'esquerra).....	35
Il·lustració 9.4: Figura doble baga.....	36
Il·lustració 9.5: Figura baga radial.....	36
Il·lustració 9.6: Figura remolí simètric.....	37
Il·lustració 9.7: Figura remolí .....	37
Il·lustració 9.8: Figures en transició des d'un remolí fins a un arc.....	38
Il·lustració 10.1: Formulació i subformulació de l'empremta problema.....	44
Il·lustració 10.2: Onze punts característics del dactilograma recollit.....	46
Il·lustració 10.3: Onze punts característics de l'empremta problema.....	47

## Índex d'il·lustracions i taules