



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

Carrera: Químico Farmacéutico Biólogo.

Diplomado de: Química Legal.

Tesina: COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS: PERFIL GENÉTICO (ADN) Y DACTILOSCOPIA.

Presentada por: Tinoco López Mireya.

Para la obtención del título en: Químico Farmacéutico Biólogo.

Año de Término de la carrera: 2008

Número de cuenta: 09855621-2

Asesor del proyecto: M. en C. Isidro Hinojosa López.

Orientación: Bioquímica Clínica.

México DF a 20 de marzo de 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACION DE INDIVIDUOS: PERFIL GENÉTICO (ADN) Y DACTILOSCOPIA.

ÍNDICE.	Pág.
1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	8
PERFIL GENÉTICO.	
3.1. Breve historia de la genética forense.....	8
3.2. Identificación por medio de marcadores genéticos.....	9
3.3. Lugar de los hechos.....	10
3.4. Toma de muestra.....	13
3.5. Preservación de las muestras.....	17
3.6. Metodología.....	18
3.7. Aplicación.....	25
DACTILOSCOPIA.	
3.8.- Breve historia de la dactiloscopia.....	26
3.9.- Estudio de la huella digital.....	26
3.10.- Puntos característicos.....	31
3.11.- Toma de muestra.....	33
3.12.- Metodología.....	34
3.13.- Huellas visibles.....	37
3.14.- Huellas latentes.....	38
3.15.- Huellas plásticas.....	41
3.16.- Aplicación.....	42
4.- Comparativo de los métodos de identificación: Perfil genético (ADN) y dactiloscopia.....	44
5.- Conclusión.....	63
6.- Referencias Bibliográficas.....	64

1.- RESUMEN.

En la actualidad, la genética está en desarrollo y en uso ya que por medio de ella se han hecho hallazgos muy importantes en la identificación humana. El análisis de muestras involucradas en ciertos delitos puede ayudar a esclarecer como ocurrieron los hechos o quienes intervinieron en los mismos. Asimismo, la aplicación de técnicas moleculares en la identificación de cadáveres ha permitido resolver aquellos casos que no podían solucionarse mediante técnicas clásicas de identificación (huella dactilar, ficha dental, etc.). Este tipo de pericias se caracteriza por su objetividad, ya que se basan en fundamentos científicos plenamente demostrados y validados. Los resultados que se obtienen en el análisis de evidencias en un laboratorio deben de coincidir plenamente con los obtenidos en otros laboratorios diferentes, si todos son científicamente rigurosos y cumplen con las condiciones de calidad. En este sentido es de gran importancia asegurarse de que la pericia se realiza en un laboratorio debidamente acreditado.

Por su parte la dactiloscopia que es el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen como propósito el estudio y la clasificación de las huellas digitales, a pesar de ser un método antiguo no deja de ser una herramienta útil hoy en nuestros días para fines de identificación.

El presente trabajo realiza una comparación general entre dos métodos de identificación de individuos: obtención del perfil genético (ADN) y dactiloscopia ya que ambos son muy importantes en la investigación de delitos y se evaluarán las ventajas y desventajas de cada uno de ellos, lo cuál podría ser de ayuda para comprender la utilidad de cada uno y conocer en que casos se podrían aplicar cada una de estas técnicas.

2.- INTRODUCCIÓN.

Sistemas de identificación.

Antes de continuar conoceremos las tres preguntas de todo inicio en la especialidad. Que significa o como se definen la Identificación, Identificar e Identidad.

Identificación.- Conjunto de procedimientos artificiales y naturales que nos permiten llegar a una identidad.

Identificar.- Es reconocer o acreditar a una persona su identidad.

Identidad.- Conjunto de características físicas, psicosociales, culturales, y educacionales que conforman la personalidad de un individuo.

La identificación se clasifica en artificiales y naturales:

Artificiales: El género humano, con su razonamiento lógico inventó mecanismos para poder llamar a las “cosas” por un nombre, a sus congéneres los comparo con las características representativas de su entorno y con el paso del tiempo aplico nombres números y letras, así que esto quedo en documentos que tuvieron ese fin.

Naturales: Sin lugar a dudas lo realmente maravilloso es que en nuestra creación se nos dotó de características únicas que los científicos y observadores explotaron para tales fines, dando lugar a los estudios conocidos como Dactiloscopia, Palmatoscopia, ó Quiroscopia, Pelmatoscopia, etc.

La necesidad de identificación de las tribus, fue satisfecha por medio de adornos de plumas, pinturas y tatuajes. El tatuaje revela la tribu, el clan y la familia. En la sociedad primitiva, a los delincuentes, se les hacia una marca de fuego como medio individualizador y ejemplificador que se llamaba Tatuaje Judicial.

Existían pueblos bárbaros que procedían a mutilar distintos miembros (dedos, orejas, nariz, etc.) según el delito cometido. Todas esas marcas se usaron hasta mediados del siglo XIX en que desaparecieron con el nacimiento de doctrinas penales. Pero el signo individualizador por excelencia, fue el nombre, más tarde nace la necesidad del apellido.

La filiación fue el primer sistema empleado por la policía, luego los estudios morfo-antropológicos permitieron determinar con mayor precisión los caracteres y formas del cuerpo. Así se crea el retrato hablado por Bertillon, padre de la policía científica.

El sistema antropométrico no es otra cosa sino la aplicación de las medidas antropométricas a la determinación de la identidad.

El sistema de Bertillon era más bien un nuevo sistema identificativo, un procedimiento de clasificación para poder encontrar la fotografía y la descripción de los rasgos fisonómicos y de las señas particulares de los detenidos reincidentes, descansa sobre estos tres principios:

- La firmeza de la armadura ósea humana a partir de los 20 años.
- La extrema diversidad de dimensiones que presenta el esqueleto de los hombres comparados entre sí.
- La facilidad y relativa precisión con que puede ser medidas ciertas dimensiones del esqueleto humano.

El procedimiento consta de 4 principios fundamentales:

- 1.-El señalamiento antropométrico.
- 2.-El señalamiento descriptivo.
- 3.-El de las marcas particulares y
- 4.-La fotografía.

Se logra una identificación más precisa compaginando entre sí los datos obtenidos de:

- Pruebas circunstanciales (por ejemplo, los efectos personales tales como la ropa, las joyas y el contenido de los bolsillos).
- Las pruebas físicas aportadas tanto por el examen externo, por ejemplo los rasgos generales (descripción física) y los rasgos específicos (huellas dactilares), como por el examen interno, por ejemplo las pruebas médicas y dentales y los resultados de laboratorio.

Exámenes externos.

Deberán describirse los rasgos generales como sexo, edad estimada, estatura, complexión, color de la piel, etc. Algunos rasgos, como por ejemplo el color del cabello y de los ojos, son cuestión de apreciación personal y por lo tanto pueden ser poco precisos. Sin embargo estos complementados con otros detalles como son los rasgos específicos, pueden conducir a una identificación positiva.

Los rasgos específicos como las cicatrices, los lunares, tatuajes y las deformidades son a menudo de carácter único, o sea, de suma importancia. Las huellas dactilares constituyen rasgos externos específicos y representan el medio más seguro de identificación de que se dispone. Deben siempre ser tomadas por un experto [101].

Dactiloscopia.

El experto en dactiloscopia, y en ocasiones el criminalista toman impresiones de las huellas que se dejan en la escena del crimen y las comparan con las del sospechoso. A pesar de que el sistema de clasificación fue desarrollado aproximadamente en 1899, todavía se utiliza ampliamente hoy en día. Sin embargo en la actualidad, las huellas dactilares son digitalizadas y archivadas en enormes bases de datos que pueden ser consultadas en computadora para buscar huellas coincidentes.

La dactiloscopia ha sido el método más utilizado durante las últimas décadas para la identificación de personas no solo con fines civiles si no también policiales. El estudio comparativo de las impresiones digitales (aquellas tomadas de forma voluntaria, por personal y con material idóneos, en el departamento de policía o registro civil) y huellas (dejadas involuntariamente en el lugar del hecho ya sea visibles, latentes o plásticas) han llevado a la resolución concluyente de casos judiciales donde tales rastros fueron evidencia innegable de la presencia de un sujeto determinado en la escena del delito.

Se basa en la impresión o reproducción de los dibujos formados por las crestas papilares de las yemas de los dedos de las manos [52].

Exámenes internos.

Los médicos expertos pueden pedir que se determinen los grupos sanguíneos o que se examinen los líquidos corporales en busca de trazas de alcohol, drogas, monóxido de

carbono, etc., o que se estudien al microscopio muestras de tejidos en laboratorios de serología, toxicología o patología.

Puede haber resultados médicos que ayuden a la identificación, por ejemplo señales de fracturas o intervenciones quirúrgicas anteriores, órganos que falten (por ejemplo, el apéndice, el útero, un riñón) o bien implantes.

Identificación genética.

Las técnicas de identificación genética constituyen un valioso medio de diagnóstico en medicina forense y pueden aplicarse con éxito a la identificación de individuos. Los datos genéticos de un individuo son los mismos en todas sus células y permanecen constantes incluso después de la muerte.

Las muestras de fluidos o tejidos encontradas en la escena de un crimen contienen ácido desoxirribonucleico (ADN) en concentraciones muy pequeñas. Los equipos de Reacción en Cadena de Polimerasa (PCR, según sus siglas en inglés) utilizan la manera natural en la que el ADN se copia a sí mismo y lo amplifican, proporcionándole a los criminalistas hebras replicadas de ADN las cuales son utilizadas para la identificación de individuos. Este gran avance en la tecnología genética también ha ayudado a resolver casos que habían permanecido sin resolver por años [74].

Examen dental.

La identificación odontológica se hace por dos caminos: a través de la comparación con datos ante mortem, o sea, el cotejo de los datos post mortem con la información obtenida a través de familiares, amigos o del propio dentista, y a través de la reconstrucción de parámetros de gran interés médico-legal, como especie, raza, sexo, edad y factores individualizantes.

En el presente trabajo solo se compararán la identificación genética y la dactiloscopia.

3.- MARCO TEÓRICO.

Perfil genético (ADN).

3.1 BREVE HISTORIA DE LA GENÉTICA FORENSE.

En 1953, Watson y Crick [103] propusieron el modelo de la estructura del ADN como una doble hélice, dispuesta como una escalera de caracol. Los dos lados de la escalera están compuestos por subunidades repetidas de desoxirribosas (azúcar de 5 carbonos) unidas entre sí por un enlace fosfodiéster entre el 5'OH de un azúcar, con el 3'OH del siguiente azúcar. Los "peldaños" están formados por bases nitrogenadas unidas al carbono uno de cada desoxirribosa por un enlace glicosídico y apareadas entre sí, cada par constituido por una base de purina y una base de pirimidina. En el ADN hay cuatro bases: adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C), las dos primeras son purinas y las últimas pirimidinas. Una de las características más importantes del ADN es la complementariedad de las bases, es decir la adenina (A) puede aparearse solamente con la timina (T) y la guanina (G) sólo con la citosina (C). Los pares de bases (pb) están unidos por puentes de hidrógeno.

La importancia de los nucleótidos (conformada por la base nitrogenada, la desoxirribosa y el fosfato) radica en el almacenamiento de la información biológica y constituyen los elementos de construcción de los ácidos nucleicos, que son largos polímeros en los que las subunidades de nucleótidos están unidas covalentemente gracias a la formación de un enlace éster entre el grupo hidroxilo 3' del residuo de azúcar de un nucleótido y el grupo fosfato 5' del nucleótido siguiente. Existen dos tipos principales de ácidos nucleicos que se diferencian en el tipo de azúcar de su esqueleto. Los que se basan en la desoxirribosa, se denominan ácidos desoxirribonucleicos, o ADN y contienen las bases A, T, G y C y los que se basan en la ribosa y reciben el nombre de ARN que contienen uracilo (U) en lugar de timina. La secuencia de las bases de un polímero de ADN representa la información genética de la célula viva. La capacidad de las bases de diferentes moléculas de ácidos nucleicos para reconocerse unas a otras mediante interacciones no covalentes (denominadas apareamiento de bases) –G con C y A con T o con U- constituyen la base de toda la herencia y la evolución. El ADN contiene toda la información necesaria para constituir un individuo completo. Todos los seres vivos tienen como portador de la información genética al ADN y es el mismo en todas las células del individuo, es decir, el ADN de un hombre es el mismo en su sangre, en sus células de la piel, en su semen o en su saliva.

Existen alrededor de tres mil millones de pares de bases en una copia del genoma humano. En los seres humanos el ADN que se encuentra en el núcleo de las células se denomina ADN nuclear y está compactado en cromosomas, que son estructuras muy densas de ADN y proteínas denominadas histonas. El genoma humano consiste de 22 pares de cromosomas autosómicos y dos cromosomas que determinan el sexo. Los masculinos se

designan como XY pues contienen una sola copia del cromosoma X y una del cromosoma Y, mientras que los femeninos contienen dos copias del cromosoma X y se designan como XX. La identificación humana se realiza usando marcadores de los cromosomas autosómicos y el género masculino o femenino, con marcadores de los cromosomas sexuales. Los cromosomas somáticos (es decir los de las células del cuerpo) se encuentran en estado diploide, contienen dos pares de cada cromosoma, mientras que los de los gametos (espermatozoides y óvulos) se encuentran en estado haploide, es decir contienen una sola copia de cromosomas. Durante la unión de las células sexuales, el cigoto resultante contiene nuevamente sus dos pares de cromosomas y se convierte en diploide. La gran mayoría de las moléculas de ADN (alrededor del 99.7%) es igual entre los individuos y únicamente el 0.3% del mismo difiere entre los mismos, constituyendo la variabilidad genética que observamos. El estudio de las variaciones entre los organismos se ha realizado utilizando los denominados polimorfismos genéticos o marcadores moleculares, que son regiones de ADN no codificante que no están sujetas a presión de selección y por lo tanto permite amplios niveles de variación, convirtiéndose en regiones de interés para la identificación humana.

3.2 IDENTIFICACIÓN POR MEDIO DE MARCADORES GENÉTICOS.

Toda persona es una combinación única e irrepetible (a excepción de los gemelos univitelinos) del patrimonio genético de sus progenitores y ancestros. El ADN o Ácido desoxirribonucleico, es el responsable de proporcionar la identidad biológica a los individuos, porque posee características moleculares extraordinarias que permiten reconocer a una persona de entre todas las demás que habitan nuestro planeta, lo cual constituye la base para que se le identifique con una certidumbre científica razonable.

El análisis del ácido desoxirribonucleico (ADN) es el avance reciente más notable en la ciencia forense. Originado en la biología molecular y en el estudio de marcadores genéticos para genes específicos asociados con determinadas enfermedades, desde hace unos pocos años se comenzó a aplicar en investigaciones forenses.

El trabajo pionero en la identificación por ADN fue realizado por Alex Jefreys y asociados en 1985, y su primera aplicación se realizó en problemas de inmigración en Inglaterra.

Más tarde se utilizó en un caso de violación, donde el acusado fue identificado a través del análisis del fluido seminal recuperado de la víctima.

3.3 LUGAR DE LOS HECHOS.

La recolección de evidencia de ADN en el lugar de los hechos debe ser realizada cuidadosamente, y debe cuidarse también la cadena de custodia con el fin de producir perfiles de ADN que sean significativos y legalmente aceptados en el juzgado. Las técnicas de ADN se han transformado en técnicas altamente sensibles que incluso aquellas muestras tan pequeñas que no puedan ser observadas a simple vista, pueden ser utilizadas para relacionar al probable responsable con el lugar de los hechos. La evidencia debe ser recolectada, preservada, almacenada y transportada cuidadosamente al laboratorio de ADN.

Cuando el Perito llega al lugar de los hechos, debe fijar, ubicar y preservar los indicios de manera adecuada (Figura 1), además de estar preparado para manejar y recolectar la evidencia. Debe procurar hacer acto de presencia a la mayor brevedad posible, ya que conforme pasa el tiempo los indicios se destruyen, alteran o en el peor de los casos, desaparecen.



Figura 1
Lugar de los hechos y silueta de la víctima.

Ubicación de la evidencia del ADN en el lugar de los hechos.

El indicio, producido en la comisión de un delito es un elemento fundamental y significativo en la investigación de un hecho criminal porque proporciona, si se analiza adecuadamente, la información necesaria para esclarecerlo.

Cuando dos objetos entran en contacto, habrá un intercambio mutuo de materiales, este hecho constituye la base de la criminalística [14]. Este intercambio se torna más evidente en los hechos violentos, en los que se observa una transferencia dinámica (de sustancias o materiales) entre víctima, victimario y lugar de los hechos, que permiten establecer la participación de cada uno de ellos en tal evento.

La naturaleza de los materiales intercambiables puede ser variada, pero en la mayoría de los hechos violentos se encuentran los de origen biológico.

La aplicación forense de los métodos de tipificación del ADN durante los últimos veinticinco años, ha representado el mayor avance en la evaluación de indicios o evidencias biológicas. Con su notable sensibilidad y alto poder de discriminación, el análisis del ADN se ha constituido en un apoyo importante en la investigación científica de hechos delictivos en el campo de la actividad pericial [69].

La molécula del ADN está presente en cada célula nucleada y por lo tanto está presente en materiales biológicos dejados en el lugar de los hechos. El ADN se ha aislado exitosamente y analizado de una gran variedad de materiales biológicos. La aplicación de la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) ha ampliado el intervalo de muestras susceptibles a ser analizadas debido a que se obtienen una gran cantidad de copias de los marcadores que serán examinados. Las fuentes de evidencia biológica más comúnmente analizadas en laboratorios forenses son: sangre (1), semen (2), saliva (3), orina (4), pelo (5), diente (6), hueso (7) y tejido muscular (8), como se representan en la Figura 2.

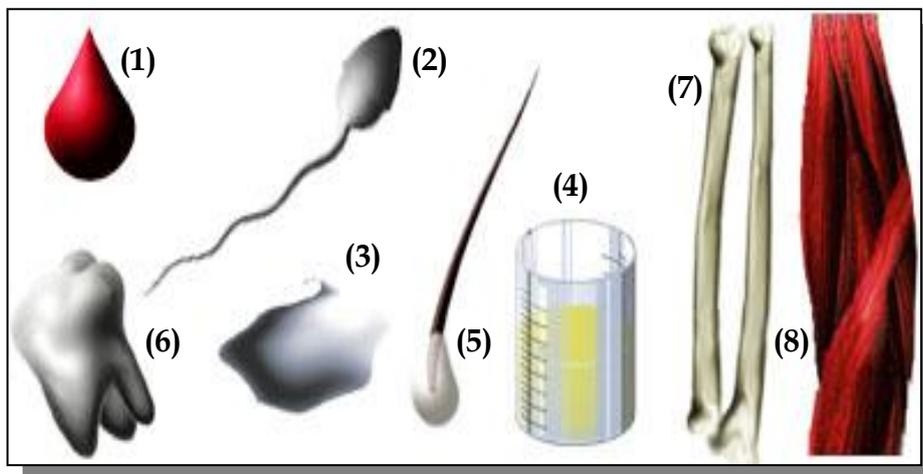


Figura 2
Las fuentes de evidencia biológica.

El ADN puede ser recolectado de casi cualquier cosa que haya tenido contacto con material biológico. La identificación del ADN ha ayudado a resolver muchos casos cuando los investigadores han recuperado muestras de fuentes no tradicionales; como de saliva en colillas de cigarro, estampillas postales, y el área alrededor de la apertura bucal de las máscaras para esquiar entre otras.

Cuando se comete un delito, generalmente se establece una clara relación biológica entre las muestras recolectadas en el lugar de los hechos y las personas involucradas directamente en el mismo. Actualmente se cuenta con estudios serios, que sugieren la alta probabilidad de recuperar ADN valioso a partir de impresiones dactilares.

Solo unas pocas células son suficientes para obtener información de ADN útil, y es posible localizar la fuente biológica en los objetos que contienen las células de ADN. El hecho de no observar una mancha, no significa que no existan suficientes células de ADN para tipificarlo. Además, el ADN hace más que identificar la fuente de la muestra; también puede ubicar a un individuo en el lugar de los hechos. Aquí es donde radica la importancia del conocimiento de la prueba. Mientras más peritos, criminalistas, Ministerios Públicos y Jueces conozcan cómo usar el ADN, más poderosa se vuelve esta herramienta.

La siguiente lista describe algunos objetos comunes de los que se puede obtener ADN (tabla 1):

EVIDENCIA	POSIBLE LOCALIZACIÓN DEL ADN	FUENTE DE ADN
Bat de béisbol o similar	Donde se colocan las manos o en el extremo del bat	Sudor, piel, sangre, tejido y pelo
Sombrero, pañuelo o máscara	Dentro	Sudor, pelo, caspa
Anteojos	Lentes y espacios que tienen contacto con la nariz y las orejas	Sudor y piel
Toallas faciales, hisopos con algodón (cotonetes)	Superficie	Moco, sangre, sudor y cerilla
Ropa sucia	Superficie	Sangre, sudor, semen y saliva
Palillos	Punta	Sangre, sudor y saliva
Cigarros usados	Colilla de cigarro	Saliva
Estampillas o sobres	Área de engomado	Saliva
Tapa o ligadura	Superficie interna y externa	Piel y sudor
Envases de vidrio, plástico, hojalata y papel	Lados y área que tiene contacto con la boca	Saliva y sudor
Condón usado	Superficie interna y externa	Semen, células del epitelio uretral, células vaginales o rectales
Cobija, almohada o sábana	Superficie	Sudor, pelo, semen, orina y saliva
Bala	Superficie externa	Sangre y tejido
Mordida	Piel de la víctima o ropa	Saliva

3.4 TOMA DE MUESTRA.

Los diferentes tipos de muestras biológicas pueden ser utilizadas para excluir un individuo de su participación en un delito. En particular, la transferencia directa de ADN de un individuo a otro o a un objeto puede ser usada para relacionar a un sospechoso con el lugar de los hechos. Como lo señaló el Dr. Henry Lee [69], esta transferencia directa puede involucrar:

El ADN del sospechoso depositado sobre el cuerpo de la víctima o su ropa.

El ADN del sospechoso depositado en un objeto.

El ADN del sospechoso depositado en un lugar.

El ADN de la víctima depositado sobre el cuerpo del sospechoso o su ropa.

El ADN de la víctima depositado en un objeto.

El ADN de la víctima depositado en un lugar.

El ADN del testigo depositado sobre una víctima o el sospechoso.

El ADN del testigo depositado sobre un objeto o lugar.

Fuentes de material biológico usado para la tipificación del ADN (tabla 2).

MATERIAL
Sangre o manchas de sangre
Semen y manchas de semen
Huesos
Dientes
Saliva con células nucleadas
Orina
Heces
Raspado de uñas
Tejido muscular
Saliva en colillas de cigarro
Saliva en estampillas postales
Saliva en engomados de sobres
Caspa
Huellas dactilares
Sangre en navaja de rasurar, saliva en goma de mascar y cepillo de dientes, sudor y cerilla, etc.

Consideraciones preliminares para la recolección de muestras e indicios de naturaleza biológica.

Las enormes posibilidades de la tecnología del ADN no deben relajar a los peritos a la hora de realizar la investigación en el lugar de los hechos y pensar que la solución de la investigación dependerá de que se remitan los indicios hallados al Laboratorio de Genética Forense, ya que no sólo se trata de buscar una determinada evidencia, sino de hacerlo correctamente, de lo contrario podría ser que pierda su actividad biológica o que la prueba quede invalidada por un defecto en la investigación preliminar. Por elemental que parezca, nunca se debe olvidar que en los laboratorios sólo se estudia aquello que se recibe, y que el análisis se inicia sobre el indicio, en las condiciones que llega, no en las que se manda; de ahí la enorme importancia de la ubicación, recolección y preservación de los indicios en el lugar de los hechos[70].

Debido a que muestras biológicas extremadamente pequeñas pueden ser usadas como evidencias, se debe poner especial atención en la contaminación cuando se identifiquen, recolecten y preserven para estudios de ADN. Las muestras pueden estar contaminadas cuando el ADN de otras fuentes se mezcla con el ADN relevante relacionado con el caso. Esto puede suceder cuando alguien estornuda o tose sobre la evidencia o toca su boca, nariz u otras partes de la cara y después toca el área que puede contener el ADN involucrado con el ilícito. Debido a que la tecnología denominada PCR replica o copia el ADN en la muestra biológica, la introducción de contaminantes de otras fuentes puede resultar muy problemática. Para evitar este escenario, se deben tomar precauciones especiales a fin de prevenir los contaminantes que en cualquier circunstancia son indeseables. Si se recolecta una muestra biológica para estudios de ADN, el proceso de PCR copiará cualquier ADN presente en la muestra, no será posible distinguir entre el ADN del probable responsable y el ADN de otra fuente.

Una vez que el lugar de los hechos ha sido totalmente documentado y se ha localizado la evidencia, se podrá empezar el proceso de recolección. El proceso de recolección usualmente inicia con la evidencia más frágil o más fácil de perder. Se debe tener una consideración especial con los objetos o evidencias que requieren ser movidos.

Los indicios, es decir el material sensible significativo relacionado con los hechos que se investigan, constituyen el objeto formal de estudio de la criminalística. Los indicios pueden ser encontrados tanto en el cuerpo de la víctima o del victimario, en el lugar de los hechos, así como en las áreas relacionadas, ya sean, próximas o distantes. El manejo inadecuado conduce a su contaminación deterioro o destrucción, siendo éstas las causas más frecuentes que impiden su ulterior examen en el laboratorio.

Durante la recolección, preservación y envío, debe evitarse la contaminación, ya que cualquier material orgánico procedente de los manipuladores puede imposibilitar el estudio. En este sentido deben seguirse las siguientes normas generales:

1.-Procurar las máximas condiciones de esterilidad, usando guantes, patucos –si se entra en el lugar de los hechos– e instrumentos esterilizados o limpios.

2.-Volver a limpiar y exponer al fuego por tres minutos como mínimo el instrumento utilizado para recoger el indicio, o si es posible; utilizar un nuevo instrumento para recoger un indicio diferente. En cada caso en que se estén utilizando guantes, cambiarlos si éstos tienen contacto con los indicios.

3.-Usar diferentes recipientes para cada indicio, aunque hayan sido recolectados en lugares muy próximos o estuviesen juntos.

4.-Etiquetar perfectamente cada uno de los recipientes haciendo referencia al menos la fecha, hora, identificación de la víctima, localización del indicio, tipo de indicio y número del mismo, nombre de la persona que recolecta y referencia legal del caso.

5.-Enviar lo más rápido posible al laboratorio en las condiciones adecuadas.

6.-Es fundamental y básico tomar muestras testigo de la víctima o probable responsable, así como del lugar de los hechos (testigo negativo).

7.-Tomar la filiación de todas las personas que hayan intervenido o colaborado en la recolección de las muestras, por si se produce algún problema de contaminación cruzada.

Estas normas generales se complementarán con aquellas que son específicas a determinadas muestras biológicas y a su forma de presentación.

Recolección de los diferentes tipos de muestras e indicios de naturaleza biológica.

Las evidencias biológicas son transferidas por vía directa o secundaria, éstas quedan sobre superficies por absorción o adherencia. En general, las muestras líquidas son absorbidas dentro de las superficies y las evidencias sólidas se adhieren a las superficies. El método de recolección depende ampliamente del estado líquido o sólido y de las condiciones de la evidencia.

Material recomendado para toma de muestras en los casos más frecuentes atendidos por la especialidad de Genética Forense [17] (tabla 3).

CASO	TIPO DE MUESTRA RECOLECTAR A	MATERIAL
<p>a) CRIMINAL:</p> <p>VIOLACIÓN</p>	<p>Semen en exudado vaginal, anal, oral, preservativos y papel higiénico; saliva en piel (zonas erógenas), latas de refresco o cerveza, papel higiénico; pelo en superficie corporal y ropas, tejido en lecho ungueal, sangre del probable responsable y de denunciante o víctima.</p>	<p>Hisopos estériles, solución salina estéril en frasco gotero de plástico, porta hisopos, guantes, cubre bocas, bata, peine desechable, pinzas, encendedor o lámpara de alcohol, cajas de cartón, pluma y plumón, sobres de papel, cortaúñas, palillos, alcohol, bolsas de papel, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura o torundas.</p>
<p>HOMICIDIO</p>	<p>Sangre en lugar de hechos; semen en cavidades corporales, preservativos y papel higiénico; saliva en zonas erógenas, latas de refresco o cerveza, papel higiénico; pelos y fibras en superficie corporal y ropas; tejido en lecho ungueal, sangre de probable responsable y del denunciante o víctima.</p>	<p>Hisopos estériles, solución salina estéril en frasco gotero de plástico, porta hisopos, guantes, cubre bocas, bata, peine desechable, pinzas, encendedor o lámpara de alcohol, cajas de cartón, pluma y plumón, sobres de papel, cortaúñas, palillos, alcohol, papel FTA para sangre, navajas de bisturí, bolsas de papel, pipeta de transferencia graduada estéril de 1 y 3 mL, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura o torundas.</p>
<p>ROBO (EN INMUEBLE)</p>	<p>Saliva en colilla de cigarrillos, latas o envases de refresco, cerveza, vasos, servilleta o papel higiénico, pelos y fibras en el lugar de hechos, sangre de probable responsable.</p>	<p>Sobres y bolsas de papel, guantes, cubre bocas, bata, alcohol, pinzas, lámpara de alcohol, encendedor, cajas de cartón, pluma y plumón, alcohol, hojas de bisturí, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura, o torundas.</p>
<p>b) PATERNIDAD y/o MATERNIDAD</p>	<p>Sangre de las personas involucradas en el estudio, tejido blando o duro.</p>	<p>Tubos vacutainer, adaptador para los mismos, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura, torundas, alcohol, plumón indeleble, (hoja de consentimiento para toma de muestra), papel FTA, lancetas pediátricas, navajas de bisturí, frasco roscado estéril, cubre bocas, guantes, bata, pinzas, lámpara de alcohol, hielera con hielo, cajas de cartón.</p>

CASO	TIPO DE MUESTRA A RECOLECTAR	MATERIAL
c) DESASTRES MASIVOS	Tejido blando y duro, sangre de parientes.	Frasco roscado estéril, cubre bocas, guantes, bata, pinzas, lámpara de alcohol, plumón indeleble, papel FTA, navajas de bisturí, hielera con hielo, alcohol, bolsas de papel, pipeta de transferencia graduada estéril de 3 y 5 mL., cajas de cartón, sobres de papel, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura, torundas, alcohol, cajas de cartón.
d) PERSONAS DESAPARECIDAS	Fluidos en prendas, sangre de parientes, tejido óseo, dientes.	Cajas de cartón, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura, torundas, alcohol, plumón indeleble, (hoja de consentimiento para toma de muestra), papel FTA, lancetas pediátricas, cubre bocas, guantes, bata, pinzas, lámpara de alcohol.
e) ESTUDIO DE HECHOS HISTÓRICOS	Tejido óseo, dientes y sangre de parientes	Cajas de cartón, tubos vacutainer, adaptador para tubos vacutainer, agujas estériles para sistema vacutainer, ligadura, torundas, alcohol, plumón indeleble, (hoja de consentimiento para toma de muestra), papel FTA, lancetas pediátricas, cubre bocas, guantes, bata, pinzas, lámpara de alcohol.

3.5 PRESERVACION DE LAS MUESTRAS DE ADN.

La destrucción o degradación de las muestras es resultado de la acción de enzimas que azarosamente degradan el ADN empezando por el final de la molécula (exonucleasas) o produciendo un rompimiento doble de las hebras (endonucleasas). Estas enzimas están presentes en la célula o en bacterias y empiezan su acción después de que la célula muere. La sangre dentro de tubos estériles con EDTA o citrato, como preservativos, puede ser almacenada por varios días a temperatura ambiente y por muchos meses a 4°C. Sin embargo, una vez abierto, las muestras de sangre en citrato se contaminan rápidamente, y la estabilidad del ADN disminuye. La sangre recolectada en tubos heparinizados se coagulará en pocos días y el rendimiento del ADN se verá enormemente reducido, además se conoce que la heparina es inhibidor de la polimerasa. Tal vez, el procedimiento más

rápido y sencillo para preservar muestras es congelándolas. Este procedimiento se aplica a muchas muestras de material biológico debido a que éste detiene el crecimiento de bacterias y la actividad de las enzimas que dividen o rompen al ADN.

La mejor temperatura para almacenar material biológico por un periodo ilimitado es a -70°C o en nitrógeno líquido. Por un período de pocas semanas éste puede ser almacenado a -20°C . Se recomienda almacenarlo en hielo, solamente por pocas horas y no más de pocos días. Una vez que una muestra ha sido congelada ésta no se debe descongelar y congelar repetidas veces, ya que esto favorece el rompimiento celular y facilita la degradación del ADN [9].

Otra manera de preservar muestras es secar al aire las muestras líquidas sobre papel filtro o [9] sobre el hisopo estéril. Artículos como sangre o semen se pueden almacenar por muchos años como manchas secas en sobres sellados (para protegerlos de la humedad) y almacenarlos a 4 o -20°C [9].

No se recomienda preservar los tejidos en formaldehído u otros químicos similares, ya que el ADN se degrada después de un almacenamiento prolongado. Una muestra de tejido que haya sido fijada se debe enjuagar con solución salina y después mantenerla refrigerada o congelada hasta que esté lista para procesarla [9].

Una ventaja del ADN sobre las proteínas es que el ADN es más resistente a la degradación que las proteínas a causa de las condiciones ambientales. Los efectos más significativos del ambiente sobre el ADN son los rompimientos hidrolíticos y oxidativos [9].

3.6 METODOLOGÍA.

Los cromosomas somáticos (es decir los de las células del cuerpo) se encuentran en estado diploide, contienen dos pares de cada cromosoma, mientras que los de los gametos (espermatozoides y óvulos) se encuentran en estado haploide, es decir contienen una sola copia de cromosomas. Durante la unión de las células sexuales, el cigoto resultante contiene nuevamente sus dos pares de cromosomas y se convierte en diploide. (Figura 3).

La gran mayoría de las moléculas de ADN (alrededor del 99.7%) es igual entre los individuos y únicamente el 0.3% del mismo difiere entre los mismos, constituyendo la variabilidad genética que observamos.

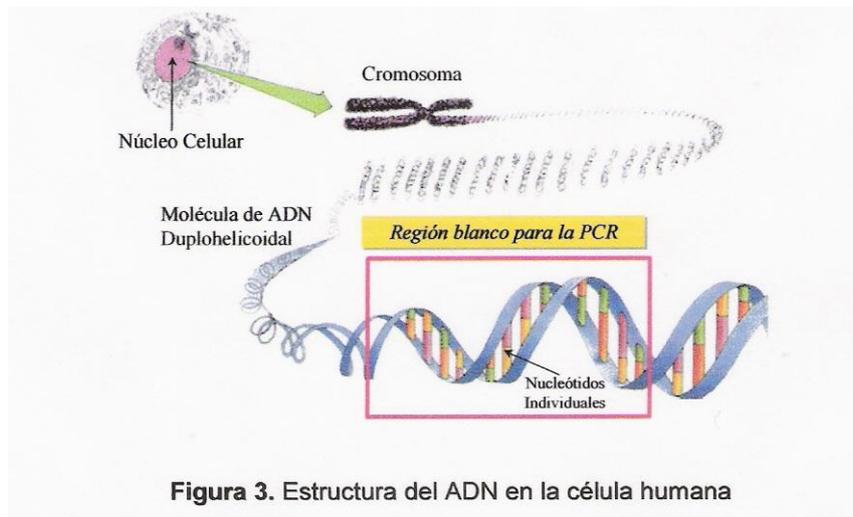


Figura 3. Estructura del ADN en la célula humana

El estudio de las variaciones entre los organismos se ha realizado utilizando los denominados polimorfismos genéticos o marcadores moleculares, que son regiones de ADN no codificante que no están sujetas a presión de selección y por lo tanto permite amplios niveles de variación, convirtiéndose en regiones de interés para la identificación humana.

El análisis detallado del genoma humano ha permitido identificar diversas categorías de secuencias de ADN no funcional, muchas de ellas son formas de ADN repetitivo [66] el cual puede estar altamente, moderadamente o poco repetido. Éstos a su vez se clasifican de acuerdo a su disposición a lo largo del genoma o al tamaño de la unidad de repetición en dos grupos: 1) ADN Repetido en Tándem que son regiones del ADN con una secuencia común repetida de manera continua en un fragmento de ADN y constituyen el 10% del genoma y según la unidad de repetición se subdivide en tres tipos: ADN satélite, ADN minisatélite y ADN microsatélite y 2) ADN Repetitivo Disperso que constituye del 15-20% del genoma y consiste de secuencias de repeticiones intercaladas individualmente en forma de unidades sencillas que se distribuyen por diversos puntos del genoma y se divide en dos familias denominadas SINE (elementos intercalados cortos, formados por menos de 500 pb) y LINE (elementos intercalados largos, compuestos por más de 500 pb) y que derivan de unos fragmentos de ADN transponibles que se han multiplicado hasta dar lugar a un cierto número de copias en nuestro genoma.

Los diferentes tipos de ADN Repetitivo en Tándem tienen un patrón de distribución cromosómica diferente: el ADN satélite tiene una localización centromérica, el ADN minisatélite está en los telómeros o sus proximidades y el ADN microsatélite se encuentra disperso en el cromosoma.

Las secuencias repetidas de ADN satélite se disponen en bloques de unidades de longitud variable que van desde 100 kb hasta varios Mb, no se transcriben y su compleja

organización no las hace adecuadas para el análisis forense. El ADN satélite se separa del ADN genómico por centrifugación en gradiente de densidad con plata-sulfato de cesio de acuerdo a su contenido de GC, representa del 2 al 6% del genoma y tiene una secuencia consenso (unidad básica de repetición) de 5 - 170pb.

Las secuencias repetidas denominadas ADN minisatélite son de menor tamaño y fueron descritas por Jeffreys en 1985 [54], quien reportó la presencia de secuencias de 0.1 a 40 kb con una unidad de repetición de 10-100 pb. Poseen un alto grado de variabilidad tanto en el número de repeticiones en tándem como en la secuencia de la unidad de repetición. Nakamura y cols., denominaron a estas secuencias VNTR's (Variable Number of Tandem Repeats) [23]. En el genoma humano estas secuencias se encuentran en las regiones subterminales de los cromosomas y están implicadas en fenómenos de recombinación.

La tecnología de ADN ha permitido el estudio de la variabilidad humana desde hace más de una década mediante el análisis directo del material genético. El primer paso en la identificación humana fue realizado por Jeffreys y colaboradores. [54], quienes describieron un locus polimórfico con un número de fragmentos de restricción de longitud variable.

Los primeros polimorfismos en utilizarse fueron los RFLPs, polimorfismos de ADN minisatélite basados en la longitud de los fragmentos de restricción [54], los cuales se identificaron mediante la digestión del ADN genómico con enzimas de restricción y su posterior hibridación con sondas.

Inicialmente se usaron sondas multilocus (MLPs) que detectan múltiples loci minisatélites bajo condiciones poco rigurosas de hibridación generando patrones complejos de bandas que corresponden a distintos loci con secuencias relacionadas entre sí y que serían específicos de cada individuo, a los que Jeffreys y colaboradores. Denominaron "Huellas genéticas" ("DNA fingerprints") [54].

Posteriormente Wong y colaboradores [104] y Nakamura y colaboradores en 1987 [75] introdujeron el uso de sondas unilocus (SLPs o Single Locus Probes) que proporcionan una o dos bandas según el carácter homocigoto o heterocigoto del individuo para ese locus, obteniendo un perfil unilocus de ADN (DNA profiling).

En la última década las sondas unilocus utilizadas para la investigación forense han sido bien caracterizadas y ampliamente usadas aunque existen limitaciones para su empleo. Las mayores limitaciones para su empleo son tanto la integridad del ADN problema, como su cantidad; aunado a esto está la laboriosidad del método, el tiempo de análisis y la estandarización de la técnica.

Muchas de estas dificultades pudieron contrarrestarse por el advenimiento de la técnica del PCR descrita por Mullis y Faloona en 1987 [75] y por Saiki y colaboradores en 1988 [86]. En el estudio de la genética Forense el análisis por PCR ha permitido estudiar

material poco abundante y aún degradado (Figura 4). Además ésta técnica es rápida, de fácil interpretación, muy sensible y altamente específica.

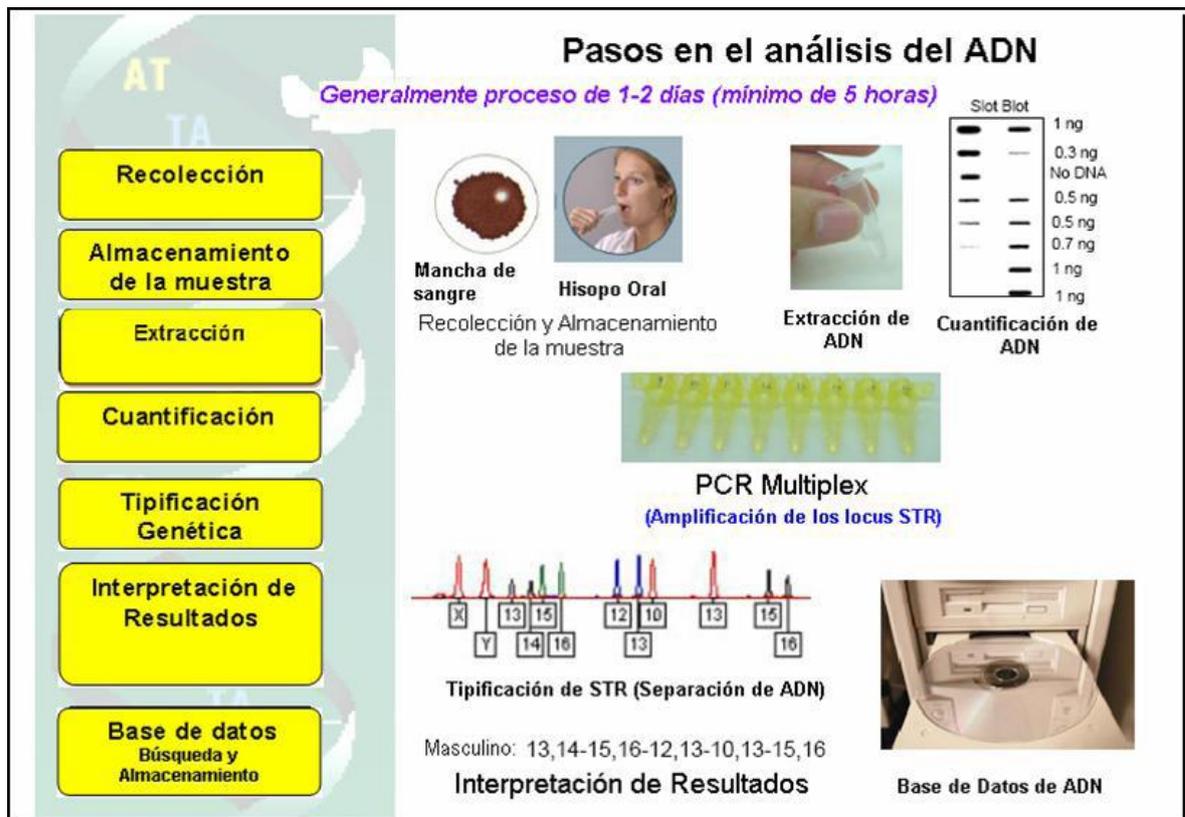


Figura. 4. Análisis de ADN en la identificación humana. (Tomado y modificado de la presentación del Dr. John Butler: A primer on DNA profiling using STR Markers. En 1st International Web Conference on Human Identification.)

El PCR es una técnica de amplificación in vitro que nos permite sintetizar millones de copias idénticas de una secuencia única de ADN. Esta técnica se basa en la facilidad que tiene la molécula de ADN para desnaturalizarse y renaturalizarse. La síntesis de ADN se inicia utilizando secuencias específicas de 20 a 30 nucleótidos complementarias al fragmento que se desea amplificar en combinación de una ADN polimerasa termoestable que incorpora los nucleótidos. La reacción se lleva a cabo en un termociclador que realiza la separación, el acoplamiento y la síntesis de la cadena de ADN logrando un aumento exponencial de los fragmentos de ADN de interés [79].

En la medicina legal el PCR ha enriquecido enormemente el análisis de la identificación de individuos a través de la tipificación de regiones cromosómicas con secuencias de ADN altamente variables o polimórficas.

Como ya se mencionó, los loci STR (short tandem repeat) son secuencias repetitivas pequeñas de 3 a 7 pb que se encuentran bien distribuidas a lo largo del genoma y son una fuente rica de marcadores polimórficos que pueden detectarse aplicando el PCR. Los

alelos de los loci STR pueden diferenciarse por el número de copias de la secuencia repetida presente en la región amplificada y se distinguen de otros utilizando detección radiactiva, o fluorescente después de la separación electroforética (Figura 5).

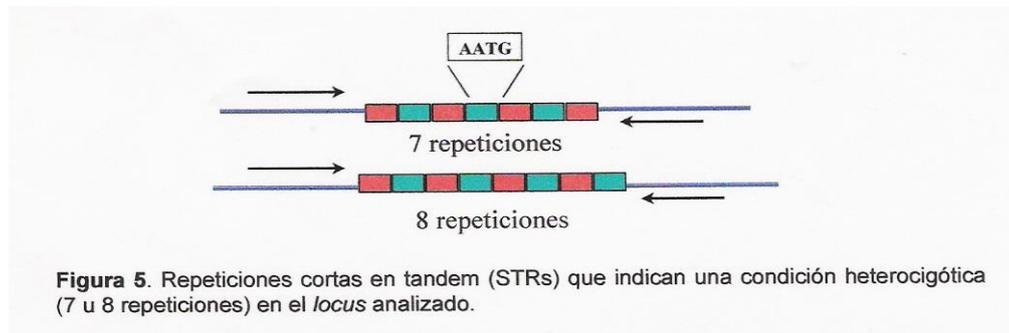


Figura 5. Repeticiones cortas en tandem (STRs) que indican una condición heterocigótica (7 u 8 repeticiones) en el locus analizado.

El ADN puede ser la prueba determinante para establecer la identidad de una persona, por lo que varias compañías han desarrollado y comercializado sistemas integrados de productos que permiten que el análisis de ADN sea exacto, rentable y relativamente menos complicado. Los sistemas o estuches de marcaje (kits) usados se aplican para la investigación de casos criminales, identificación de personas extraviadas, filiación genética de militares, víctimas de desastres en masa y pruebas de paternidad.

Aún las muestras que contienen pequeñas cantidades de ADN pueden proporcionar información útil, debido a que se utilizan reactivos que amplifican regiones cortas repetidas en tándem de ADN, estas regiones son altamente polimórficas y la probabilidad de obtener el mismo resultado en dos individuos diferentes es de 1 en 82 000 millones.

Diferentes laboratorios han desarrollado kits basados en el análisis de STRs con marcadores fluorescentes los cuales tienen un alto poder de discriminación para la identificación humana. El desarrollo de estos marcadores genéticos, ha permitido también el desarrollo de bases de datos cada vez más completas. Estos sistemas son detectados por el uso de sistemas automatizados de electroforesis capilar de múltiples canales que detectan los productos de PCR marcados fluorescentemente.

Uno de estos sistemas, que muestra el más alto poder de resolución, amplifica simultáneamente 15 loci más el marcador de amelogenina (gene que posee regiones en los que se pueden identificar tanto el cromosoma X como el cromosoma Y) [103] determinando el sexo en una sola amplificación (Figura 6).

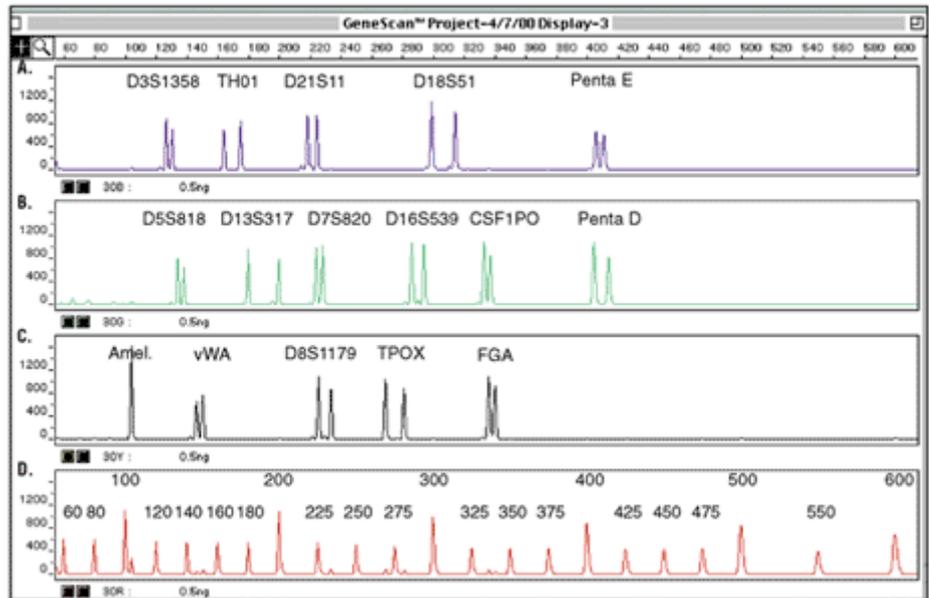


Figura 6. Amplicones obtenidos de 16 *loci* a partir de una muestra femenina mediante la aplicación de PowerPlex16 System (Promega)

Posterior a la amplificación, el colorante fluorescente es unido a un producto de PCR que se incorpora en la región de ADN amplificada. Estos alelos STR's amplificados son visualizados como bandas en un gel o representados por picos en un electroferograma (Figura 7).

En la actualidad ha habido un gran despliegue de tecnología encaminada al análisis de los STRs entre las que se mencionarán algunas de las más revolucionarias:

PCR en tiempo real (LightCycler).

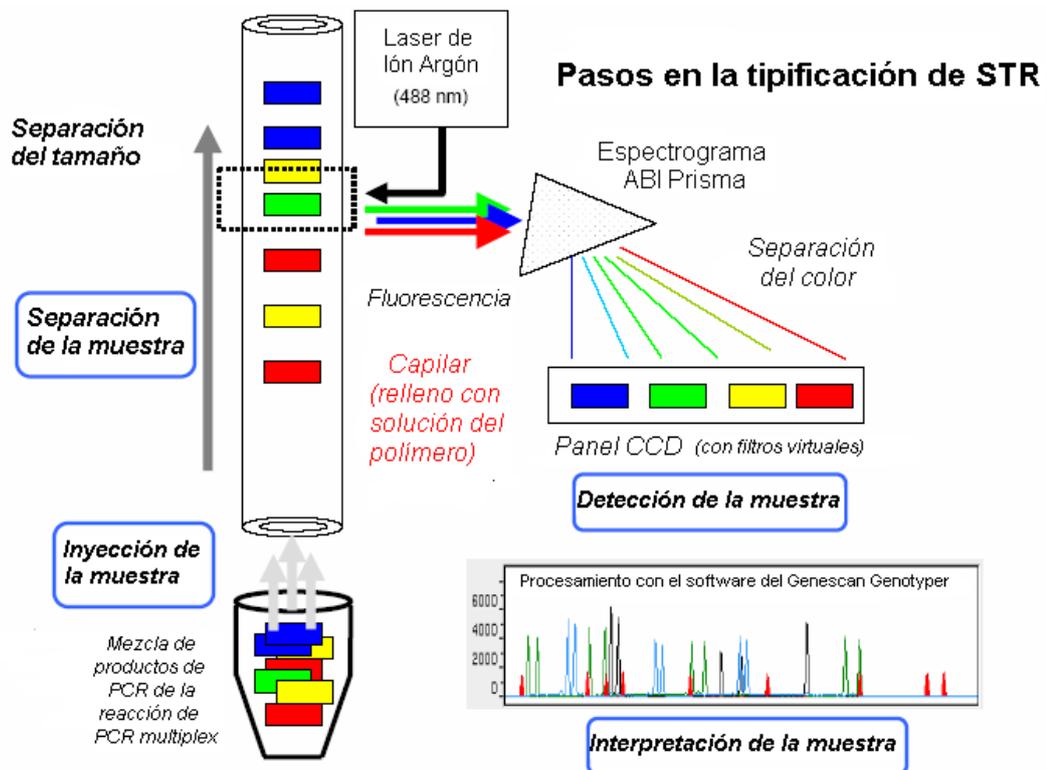
Permite realizar al mismo tiempo la amplificación de un fragmento de ADN y su detección por fluorescencia en tiempo real. Esta metodología además de su gran especificidad, permite cuantificar el producto de la reacción y detectar posibles mutaciones en la secuencia [92].

Microarreglos de ADN o microchips.

Son sistemas de hibridación y detección con sondas específicas que permite el análisis de cientos de miles de secuencias alelo específicas, en donde el fragmento de ADN problema, al hibridar específicamente con su secuencia complementaria, detecta una señal fluorescente que es analizada en un sistema automatizado.

Espectrometría de masas.

Analiza una secuencia en segundos sin utilizar marcador alélico (que consiste en una mezcla de los alelos comunes presentes en la población humana para un marcador STR particular). La limitante es que sólo se pueden utilizar fragmentos de ADN menores a 100 pb. En esta metodología se puede determinar el peso molecular del producto de ADN.



Butler, J.M. (2005) *Forensic DNA Typing, 2nd Edition*, Figure 13.8, © Elsevier Science/Academic Press

Figura 7. Pasos en la detección de los STRs en la identificación humana. (Tomado de la presentación del Dr. John Butler: A Primer on DNA profiling using STR Markers. En 1st International Web Conference on Human Identification.)

3.7 APLICACIÓN.

La utilización del ADN para realizar análisis en el ámbito de la administración de Justicia ha adquirido, en pocos años, una importancia primordial en algunos procesos civiles (demandas de paternidad) y penales, en concreto en aquellos hechos delictivos que pueden dejar vestigios biológicos del autor sobre la víctima, el lugar o los instrumentos del delito, así como de la víctima sobre el autor o sus pertenencias (delitos violentos, como el homicidio, o contra la libertad sexual de las personas); pero también es un elemento particularmente útil para la identificación de cadáveres (desastres o accidentes). Por tal motivo, ha ido incorporándose firmemente en la práctica forense, dando lugar incluso a una especialidad dentro de la medicina forense: La Genética Forense [74].

La identificación de restos esqueléticos a partir del análisis genético es una de las últimas aplicaciones de ésta metodología. El método consiste en la recuperación de ADN mitocondrial o nuclear de huesos y dientes y su comparación con el ADN extraído de la sangre, saliva o cabellos de los presuntos familiares de la víctima.

Es importante resaltar que en este tipo de análisis se deben tener en cuenta los estudios poblacionales de referencia.

DACTILOSCOPIA.

3.8 BREVE HISTORIA DE LA DACTILOSCOPIA.

Si bien las huellas dactilares ya habían sido descubiertas, en su valor identificadorio, el hecho de que existieran millones y millones de ellas en todo el mundo, clasificarlas era prácticamente una tarea titánica. Desde luego que a pesar de conocerse las figuras de las crestas papilares, y de saberse que no existían dos individuos con las mismas impresiones, todavía no se había logrado implementar un sistema universalmente aceptado, en la individualización de las personas.

En febrero de 1882 a la edad de 23 años Vucetich llegó a Argentina siendo su primera ocupación en este país la de empleado de la Dirección de obras Sanitarias de la Nación. En 1888 ingreso al departamento central de policía de la plata como meritorio. 1891 ya había alcanzado el cargo de Jefe de la Oficina de Estadística de la Repartición, recibiendo la misión de estudiar las posibilidades de establecer un servicio de identificación antropométrica, de esta manera llegó a conocer los estudios que Francis Galton realizaba en Londres por esa época. Estos se limitaban a la determinación de los caracteres naturales de las líneas papilares de las manos, sabiendo que eran perennes, inmutables y variadas en número infinito, a tal punto que no podría encontrarse uno solo igual en miles de millones.

Descubierto el sistema, fue Vucetich quien demostró su utilidad, exactitud y practicidad. En apenas 10 años, las pruebas realizadas bastaron para demostrar la eficiencia del sistema, adoptados mundialmente. Su método dactiloscópico fue calificado de perfecto.

Vucetich incluyó en el archivo las 10 huellas digitales de las manos por ficha simplificando a tal punto las técnicas de clasificación en solo 4 tipos fundamentales (arco, presilla interna, presilla externa, verticilo.), logrando una practicidad tal que lo hizo mundialmente famoso.

3.9 ESTUDIO DE LA HUELLA DIGITAL.

La dactiloscopia ha sido el método principalmente utilizado durante las últimas décadas para la Identificación de personas no solo con fines civiles pero también policiales. El estudio comparativo de las Impresiones digitales (aquellas tomadas de forma voluntaria, por personal y con material idóneos, en el departamento de policía o registro civil) y Huellas (dejadas involuntariamente en el lugar del hecho ya sea visibles, latentes o plásticas) han llevado a la resolución concluyente de casos judiciales donde tales rastros fueron evidencia innegable de la presencia de un sujeto determinado en la escena del delito.

La dactiloscopia se basa en la identificación a partir de las huellas digitales. Las huellas digitales son las marcas que imprimen los pulpejos de los dedos sobre cualquier superficie lisa o sobre un papel, cuando están sucias con tinta, sudor u otra sustancia. Estas marcas

son debidas a la presencia, en la piel de los pulpejos de los dedos, de una serie de surcos y crestas cuya distribución relativa origina una enorme variedad de dibujos o figuras. La importancia de la dactiloscopia, como de cualquier otro medio de identificación, estriba en cuatro características fundamentales: la perennidad, la inalterabilidad, la variabilidad y A cada tipo de diseño se le hace corresponder una letra (para el pulgar) o un número (para los demás dedos). Cada tipo puede ser subclasificado, según una serie de características, correspondiendo a cada subclasificación un número o una letra. A partir de estos elementos se elabora la ficha decadactilar, que es de consulta fácil y posible de archivar. [18]

En los países donde se guardan los registros de las huellas dactilares de la población (generalmente el índice o el pulgar de la mano derecha), este método de identificación es muy fácil y rápido.

El sistema dactiloscópico es un sistema eminentemente déltico, lo que significa que se basa en la clasificación dependiente de la figura “Delta” (figura 7) que es una forma triangular que se encuentra en todas las huellas digitales a excepción de los Arcos. La misma está formada por bifurcación de una cresta, o mediante la amplia separación de dos líneas que, hasta el punto donde está el delta, corren lado a lado.



Figura 7. Sistema déltico.

Dactilograma, es el “conjuntos de crestas y surcos que componen la impresión”.

El dactilograma se divide en 3 zonas en las cuales se aprovecha la figura déltica. (Figura 8).

A) Región Basilar: conformada por la impresión de crestas existentes entre la rama descendente del delta, el apéndice o cola y el límite inferior.

b) **Región Marginal:** conformada por el conjunto de crestas que están determinadas entre la rama ascendente, el apéndice o cola y el límite exterior.

C) **Región Nuclear:** conjunto de crestas comprendidas entre la rama ascendente y descendente del delta.

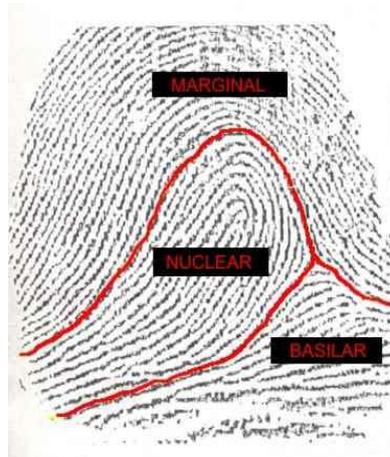


Figura 8. Dactilograma.

Los dactilogramas pueden a su vez clasificarse en 4 tipos fundamentales, dependiendo de la ubicación del Delta:

- **ARCO:**

En el arco (figura 9), las crestas y surcos atraviesan el dactilograma en forma paralela y algo curvas. No poseen figuras délticas.

También encontramos variaciones a esta definición: arcos quebrados, piramidales, piniformes, inclinados hacia la derecha o izquierda y pseudo deltas.



Figura 9. El arco.

- **PRESILLA INTERNA:**

Es aquel dactilograma que presenta uno o más deltas a la derecha del observador y las líneas que conforman la región nuclear ingresan y egresan del dactilograma por el lado opuesto al delta formando asas o apresillamientos de recorrido normal. (Figura 10).



Figura 10. Presilla interna.

- **PRESILLA EXTERNA:**

Es aquel dactilograma que presenta uno o más deltas a la izquierda del observador y las líneas que conforman la región nuclear ingresan y egresan del dactilograma por el lado opuesto al delta formando asas o apresillamientos de recorrido normal. (Figura 11).



Figura 11. Presilla externa.

- **VERTICILO:**

Es aquel dactilograma que presenta dos formaciones délticas opuestas. (Figura 12).



Figura 12.Verticilo.

Los requisitos para el establecimiento de identidad son los siguientes:

Idoneidad: Los calcos papilares deben ser “idóneos”, lo que significa que deben poseer condiciones suficientes de “nitidez” e “integridad”. Por nitidez se comprende que los calcos resulten legibles y que permitan visualizar los detalles y características de las líneas. Y por integridad, que aún tratándose de papilogramas parciales, exista suficiente campo para la cabal e integral apreciación de cantidad de detalles congénitos de las líneas papilares aptas para el cotejo.

Similitud: Los papilogramas a confrontar deben corresponder a una misma área papilar, guardando semejanza en la conformación del diseño particular de sus líneas. Si de la tarea visual comparativa no surge semejanza, tal disimilitud general determina incuestionablemente su diferencia. Por el contrario, si éstos son similares se continuará con el cotejo.

Cantidad Suficiente de Puntos: de exigencia técnica para expedir una conclusión categórica e indudable por parte del perito está fijada por un parámetro de 12 a 15 puntos característicos.

Calidad: los puntos determinados en número suficiente deben guardar requisitos de calidad: exacta ubicación, situación y dirección [31].

3.10 PUNTOS CARACTERÍSTICOS.

Al momento de analizar los puntos característicos es importante recordar que en el caso de aquellos que tiene comienzo y/o fin deben ser sin solución de continuidad, para evitar la confusión producida por el mal entintamiento del dactilograma natural. Los puntos más analizados son los siguientes: (Figura 13).

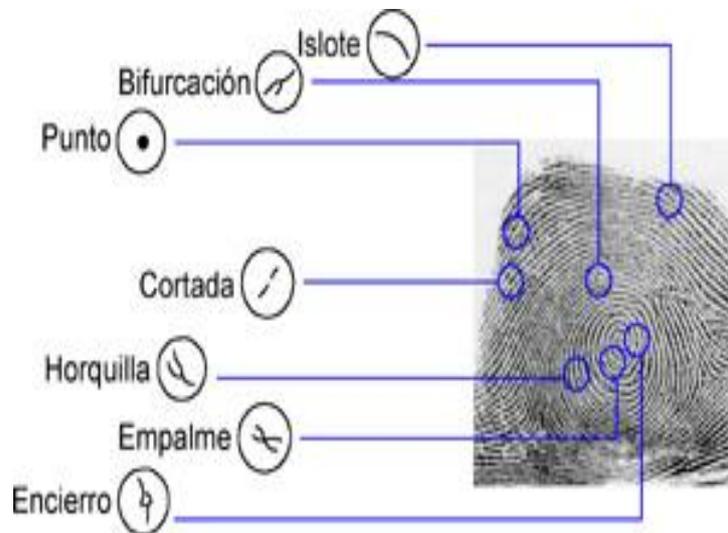


Figura 13. Puntos característicos.

En la figura aparecen 8 puntos característicos que hay en un dedo, éstos se repiten indistintamente para formar entre 60 y 120 (por ejemplo 10 orquillas 12 empalmes 15 islotes, etc.) A estos puntos también se llaman minutiae, o minucias, término utilizado en la medicina forense que significa “punto característico” [46].

Ocho puntos característicos.



Punto: Es la mínima expresión de una cresta, la impresión de 1 o 2 poros aislados entre dos crestas



Islote: Es la impresión o calco de 3 a 5 poros aislados entre dos crestas



Cortada: Es la impresión de una cresta que tiene comienzo y fin dentro del dactilograma. (sin solución de continuidad)



Extremo de línea: es la impresión de una cresta que tiene inicio en el dactilograma y el otro extremo se pierde en los límites del mismo. (sin solución de continuidad).



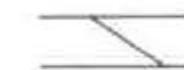
Encierro: es el calco de una cresta que en un momento de su recorrido se abre para luego volver a cerrarse, dejando un espacio que puede estar o no intervenido por la impresión de un islote o un punto.



Horquilla: es la impresión de una cresta que en un momento de su recorrido vuelve sobre si misma formando asa o apresillamiento y que 0.puede tener adherido un apéndice o cola a su punto de mayor curvatura.



Bifurcación: Es la impresión de una cresta que en un momento es tocada por otra formando ángulo.



Empalme o doble bifurcación: Es la impresión de dos crestas paralelas vecinas unidas por una tercera.

3.11 TOMA DE MUESTRA.

Toma de impresiones digitales.

Las Impresiones Digitales son aquellas tomadas con consentimiento del sujeto ya sea en el departamento de policía, el registro civil, la división pericial, etc. Las mismas deben ser tomadas por personal idóneo y con los elementos correspondientes para así poder obtener una impresión nítida, íntegra y con la cantidad de puntos característicos requeridos para que, a través del cotejo, se llegue a establecer la Identidad.

Como soporte se utilizará papel blanco, preferentemente las fichas mono o decadactilares que constan de los casilleros correspondientes para la posterior clasificación. En casos especiales que serán analizados más adelante es recomendado utilizar papel satinado. En cualquier caso se limita el soporte al uso de papeles no secantes, ya que los mismos destruirían la nitidez de la impresión.

Luego, se utilizará una placa de vidrio o metal pulido de 15x15cm en la cual se extenderá la tinta. La misma deberá limpiarse y desengrasarse antes de su uso.

La tinta es una tinta litográfica de muy alta densidad por su base grasa, la cual por medio del uso de un rodillo de caucho se extiende de forma pareja por la planchuela dejando una capa sumamente delgada.

Por último, se empleará una madera acanalada en uno de sus lados y lisa en el otro. La superficie acanalada es utilizada para obtener un mayor campo de impresión en el soporte, ya que es papel se introduce entre este y el dígito, mientras que la superficie lisa es usada para las impresiones rodadas.

Dactilogramas en condiciones normales.

En este caso, sólo basta con indicar al sujeto que lave las manos antes de entintar los dedos ya que cualquier vestigio de transpiración interferirá con la correcta adhesión de la tinta lipídica a las crestas.

Dactilogramas con callosidades:

Esta característica cutánea atenta contra la nitidez de las impresiones. Para éstas, bastará con pasar suavemente una piedra pómez con jabón sobre las durezas hasta eliminarlas. Una vez realizados esto se lavarán las manos y procederá al entintado.

Dactilogramas afectados por estigmas profesionales:

Aquí se procederá dependiendo del tipo de anomalía que se presente. Si se trata de obreros de construcción, bastará frotar suavemente la epidermis con la piedra pómez hasta que desaparezcan los desprendimientos de piel.

Si por el contrario son obreros industriales que trabajan con ácidos, su epidermis aparecerá tan gastada que únicamente podrán lavarse evitando el uso de cepillos o piedra y entintarse con sumo cuidado para entintar el escaso relieve que poseen. Acto seguido, se realizará la estampa en papel satinado con muy poca tinta.

Dactilogramas que presentan alteraciones de origen patológicos:

En estos casos se evaluará cada situación tratando de salvar los inconvenientes que se planteen en dicha patología. No podrá eliminarse manualmente una condición grave pero podrá recurrirse a diferentes métodos de lavado o materiales para obtener una mejor reproducción. En estos casos la experiencia determinará el paso a seguir.

3.12 METODOLOGÍA.

Identificación de cadáveres.

En lo referente a la identificación de cadáveres podemos mencionar que la clave radica en el estado de putrefacción o rigidez en el que se encuentre el mismo. Para esto consideraremos que la rigidez cadavérica comienza luego de las 4 a 8 horas de producido el deceso por la mandíbula, siguiendo por el cuello, tórax, llegando a las extremidades. Es importante no confundir la rigidez cadavérica con el espasmo cadavérico, el cual es producido por una lesión en el sistema nervioso, en la mano suicida que presione la cola del disparador de un arma.

Se estima que la rigidez se instala en todo el cuerpo alrededor de las 12 horas y comienza a ceder entre las 18 y 24 hrs.

Cadáveres en estadios previos a la rigidez cadavérica en condiciones normales:

En tales condiciones los tejidos todavía conservarán la elasticidad necesaria para poder realizar una toma bajo condiciones convencionales con el uso de la planchuela, tinta litográfica, papel liso, etc., como fue descrito anteriormente.

Cadáveres con rigidez cadavérica:

Aquí los cadáveres se encuentran en un estado temporal de rigidez, que luego cederá para dar comienzo a la putrefacción. Por esta razón, para realizar la toma de impresiones no se encuentran grandes inconvenientes en recuperar parte de la elasticidad necesaria para realizarlo con los procedimientos convencionales.

Para lograr esto se intenta flexionar suavemente el hombro, luego el brazo, el codo, la muñeca y por último los dígitos recuperando cierta movilidad con cuidado de no producir fracturas.

Cadáveres con comienzos de putrefacción:

Es recomendable comenzar limpiando los erizamientos de la piel con la asistencia de un pequeño cepillo, agua y jabón, cuidando de no dañar el tejido.

Si este estado ya se encuentra suficientemente avanzado como para impedir la legibilidad de la impresión se podrá recurrir a dos métodos alternativos.

Con un bisturí se produce un corte por debajo del pliegue de flexión de la tercera falange con el propósito de retirar la capa epidérmica como si fuera un dedal. En ocasiones es necesario sumergirlo en agua caliente de 5 a 7 minutos para lograr la elasticidad del tejido. Una vez retirado se invierte y se colocan en las manos del técnico, el cual realizará el procedimiento de entintado y estampado utilizando sus manos con los dedos colocados.

Es de suma importancia recordar que como resultado de dicho procedimiento, obtendremos una doble inversión de la estampa; las presilla internas serán externas y los surcos serán crestas.

En este segundo proceso se procede a retirar la epidermis trabajando directamente sobre la dermis, donde también encontraremos el dibujo papilar. Cabe destacar que las eminencias serán de muy bajo relieve, por lo que se deberá utilizar muy poca tinta, sumo cuidado para evitar empastamientos y papel satinado.

Cadáveres rígidos:

Estos son aquellos cadáveres en los cuales, a diferencia del rigor mortis, la rigidez se ha instalado en forma de momificación o corificación. Al ser la matriz dura, el soporte deberá ser blando. Existen dos métodos:

1.-Método borrego de identificación de cadáveres:

Se toma un papel de nylon y se entinta

Al mismo tiempo se forma una bollita de masilla la cual se envuelve en el nylon entintado

Se toma la bolilla y se presiona contra el dígito, que al estar rígido solo se entintarán las crestas dejando los surcos sin entintar.

A continuación se formará otra bolilla de masilla la cual se cubrirá con un nylon limpio.

Se repetirá el proceso de presionado pero en este caso el dibujo papilar quedará impreso en el nylon limpio, el cual se recortará y fotografiará.

2.-Método mota de goma látex.

Se realiza un molde del dígito en goma látex. Se retira, se invierte, se entinta y se toma la impresión. Nuevamente, esta será una doble inversión del dibujo.

El procedimiento se completará con un nuevo molde de látex sobre el primero, con el cuál se obtendrá una réplica exacta del dígito, sobre el cuál se podrán tomar las impresiones.

Cadáveres saponificados:

Los cadáveres que se han encontrado sumergidos por largos períodos de tiempo son denominados saponificados. En estos casos, el entintamiento destruiría de forma permanente el diseño, por lo que se recurre a la fotografía como método de réplica.

Si por el contrario, el cuerpo estuvo sumergido por un corto período (12 – 24 hrs.) excretará agua continuamente, lo cual podrá ser salvado sumergiendo la mano en agua hirviendo, para luego secarlo, entintarlo y posterior a esto realizar el estampado.

Cadáveres quemados:

Cuando un cuerpo se expone al fuego presenta una contracción de músculos y tendones conocidos como la posición de “boxeador”. Al contraerse y cerrar el puño, el individuo no permite la combustión de esa zona, protegiendo las crestas que serán claras de no haberse producido la carbonización.

Para estos casos bastará con quebrar los dedos para tomar las impresiones.

En aquellos casos donde la epidermis se vio afectada, podrá retirarse y trabajar sobre la dermis [88].

Levantamiento de huellas digitales.

Todas las superficies admiten el levantamiento de la huella revelada. De tal forma, si la superficie es papel, es necesario cubrir la misma con plástico o cinta transparente ancha, evitando que al adherirla no queden dobleces o burbujas de aire.

Sin embargo, si el rastro se encuentra en una superficie que no puede ser trasladada tan fácilmente deberá ser levantada y para ellos se han diseñado las denominadas cintas levantadoras. Éstas son unas hojas de celuloide cubiertas con una sustancia adhesiva especial que se usan para trasladar la huella de la escena a un soporte e acrílico que se consiguen de diferentes colores.

El material típico para el levantamiento es una sustancia flexible y pegajosa que al oprimirse contra la huella revelada, recoge por adhesión la figura sin absorber propiamente el polvo. La superficie va protegida con una hoja de celuloide que puede separarse fácilmente para realizar el levantamiento y colocarse nuevamente con cuidado.

Existen otros levantadores a base de goma elástica (caucho) los cuales son usados de forma muy similar.

Lo más importante para recordar es que bajo ninguna circunstancia deberá practicarse el levantamiento previo al fotografiado.

Transporte de objetos que contengan huellas dactilares:

De ser esto posible, es siempre recomendable el transporte de tales objetos donde se encuentran las huellas al laboratorio pericial, a fin de asegurarse la correcta documentación para el cotejo.

Si las superficies son de un tamaño demasiado considerable, pero la gravedad del caso así lo amerita, muchas veces será una buena idea extraer el segmento de interés.

Los objetos que han de transportarse deberán empaquetarse con el mayor cuidado para evitar roturas; no deberán estar expuestos a fricción del material envolvente; y, naturalmente no deberán tocar las huellas mismas. Nunca deberán envolverse piezas de vidrio en papel o telas.

Para estos casos, podrán realizarse distintos tipos de empaques que estarán sujetos al ingenio del técnico y a los materiales disponibles en la escena.

Las botellas pueden ser colocadas en una jaula de madera que se sujetará dentro de una caja de cartón o madera.

Los vidrios planos se podrán colocar entre dos cuadrados de madera que se sujetan con cuatro clavos, luego de lo cual se fijan a una caja de cartón.

Los pedazos de vidrio se ponen en una caja de cartón con los ángulos penetrando en los lados de la caja de manera que queden asegurados y luego se ata la caja para que todo permanezca firme.

Los cuchillos y las pistolas se sujetan a una tabla o pedazo de cartón fuerte, con cuerdas que pasen a través de agujeros hechos en el cartón o en la tabla [4].

3.13 HUELLAS VISIBLES.

Son aquellas que pueden observarse a simple vista, sin la necesidad de emplear elementos para revelarlos. En ellas media una sustancia entre el dactilograma natural y el soporte. Podemos distinguir 4:

- **Rastros por impregnación:** Dejadados en la superficie por dedos que han tomado contacto previamente con sustancias no pulverulentas tales como pintura, sangre, tintas, grasas, aceite, etc.

Cuando un dígito es impregnado por cualquiera de estas sustancias y posteriormente este se aplica contra una superficie plana y limpia, quedarán impregnadas las crestas dactilares. Si el dedo está demasiado impregnado con esta sustancia, en principio la huella será una mancha; pero en sucesivas impresiones las sustancias se irán eliminando paulatinamente y se producirá la huella no empastada. En estas condiciones, las huellas pueden ser identificables. Obviamente, en un hecho criminal, cuando la huella se manifiesta por impregnación de sangre, debemos tener en cuenta que la misma no sólo pertenecerá al victimario, sino que también puede ser de la víctima u otras personas.

- **Rastros por sustracción:** se producen cuando un dedo presiona sobre una capa de polvo no muy gruesa y parte del mismo queda retenido en las crestas. Al retirar el dedo, se sustrae del plano original parte del sólido, reproduciéndose en forma más o menos fiel los dibujos dactilares. Estos dibujos no tienen valor desde el punto de vista de la identificación, puesto que carecen de detalles importantes, pero puede utilizarse como elemento de juicio para orientar la investigación.

- **Rastros por depósito:** En este caso, el depósito será polvoriento de cualquier sustancia que se encuentre finamente dividido como los pigmentos, el hollín, harina, talco, polvo atmosférico, etc. La presión de los dígitos sobre cualquiera de estas sustancias hace que las mismas queden retenidas sobre las crestas. Al aplicar el dedo sobre cualquier superficie limpia, esta dejara impresa las huellas la cual en la mayoría de los casos será apta para el cotejo.

- **Rastros por ataque:** Son aquellos que se producen sobre superficies que reaccionan químicamente con los componentes de la exudación, dando figuras que reproducen fielmente los dibujos originales.

3.14 HUELLAS LATENTES.

Son originadas cuando la sustancia química que exudan los poros (agua, aceites, aminoácidos y sales) se deposita sobre una superficie determinada, produciendo de esta manera la huella latente y por ende no observable a simple vista. Existen para su revelado, métodos físicos y métodos químicos:

Revelado por Polvos.

Los cuáles, son polvos finamente divididos, impalpables, sumamente adhesivos por lo que se impregnarán a los elementos salinos producto de la exudación. En el mercado, pueden encontrarse de diversos colores ya que se busca principalmente el contraste con la superficie para su correcta apreciación. (Figura 14).

a) Polvo negro: compuesto por negro de humo o grafito, para superficies blancas o muy claras

b) Polvo blanco: compuesto por talco o yeso para superficies negras o sumamente oscuras.

c) Polvo rojo (Sangre de Dragón): muy utilizado sobre superficies especulares, muy pulidas ya que ayuda a su fotografiado.

d) Polvo gris: compuesto por aluminio sumamente útil para rastros donde ya ha ocurrido un cierto tiempo ya que posee una gran adherencia.

Respecto de la selección de polvos, debemos tener en cuenta 2 factores importantes: el color debe contrastar con la superficie y la adherencia. Estos mismos colores también pueden ser magnéticos, es decir que tienen en su composición un óxido metálico. Los mismos, por sus características se utilizan en superficies suaves no texturizadas tales como el plástico, la formica, cerámica, productos de papel, madera, etc. No así sobre superficies metálicas. Tanto los polvos comunes como los magnéticos se aplican con cepillos de pelos muy suaves, como pelo de camello, de marta, plumas, fibra de vidrio y otros elementos.

Todos los polvos son sumamente higroscópicos. Por lo que es importante que permanezcan en envases bien cerrados.

El exceso de los polvos magnéticos se levantará con un lápiz imán, y el resto con el aire que produce el cepillo al moverlo por encima.



Figura 14. Revelado por polvos.

- **Revelado por otros métodos físicos:**

Otros métodos más modernos son a través del láser. Este procedimiento es muy sencillo puesto que no requiere un tratamiento especial de la huella, dado que no produce ninguna alteración. Al hacer incidir el láser sobre la superficie produce fluorescencias sobre ciertos contenidos en la impresión latente. Como produce radiación de longitudes de onda de mayor longitud que la fuente lumínica, el operador debe trabajar con anteojos con filtro. Las impresiones así visualizadas se fotografían colocando un filtro delante de la lente de la cámara.

- **Revelado por vaporización:**

Se produce a través de una reacción química entre los aceites y los vapores de Yodo. En realidad, la huella en estos casos debe ser bastante reciente, en razón de que la humedad y los aceites se secan rápidamente en superficies porosas como el papel, cartón, cartulina o madera.

El Yodo cristalizado contiene la propiedad de evaporarse a temperatura ambiente, y si se le aplica calor, su evaporación aumenta considerablemente. Cuando los vapores se ponen en contacto con el papel, una delgada capa de yodo se extiende sobre su superficie, y simultáneamente se afecta el contenido orgánico del papel. Las manchas sobre el papel, especialmente las grasosas, y aun las impresiones digitales resaltan de color café contra el fondo del soporte. El éxito del procedimiento depende del tiempo que se deje que el yodo actúe sobre el papel.

- **Revelado por el Método de la Ninhidrina:**

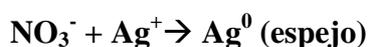
La ninhidrina reacciona con las sustancias proteínicas, especialmente los aminoácidos presentes en la transpiración en la cuál produce una coloración púrpura. Se aplica el reactivo y luego se revela acelerándolo con calor. Este procedimiento se utiliza en todo tipo de papel, superficies pulidas de colores claros. Es muy importante la utilización de guantes, en primer término para no dejar huellas, pero fundamentalmente para evitar que no reaccione sobre la piel del técnico. (Figura 15).



Figura 15. Revelado por ninhidrina.

- **Revelado con Nitrato de Plata:**

Este procedimiento se refiere a un proceso fotográfico de tal manera que los iones de plata con las sales emanadas de las glándulas forman cloruro de plata. Este último es sensible a la luz, por lo tanto su exposición acelera el revelado. El nitrato de plata se encuentra en forma de aerosol, debiendo tomarse la precaución de utilizarlo en lugares ventilados. Cuando este reactivo toma contacto con la huella se revela y se mantiene en forma permanente. Debemos recordar que las superficies del fondo se irán oscureciendo paulatinamente si se exponen por un largo periodo a la luz. Una vez reveladas las huellas por este procedimiento deben conservarse por cortos periodos para evitar su exposición a la luz.



- **Revelado con Cianocrilato:**

Este es el último método descubierto. Se produce por vaporización y por ser un elemento altamente toxico debe ser ejecutado en campana. Químicamente, este producto es conocido comúnmente como “La Gotita” (fuerte pegamento en Argentina). La huella así obtenida es blanca y en relieve. Se utiliza en superficies no porosas, como plásticas, metales, vidrios, superficies esmaltadas, maderas, barnizados, etc.

Debemos acotar que el cianocrilato no se adiciona sobre las crestas sino que lo hace sobre el resto de la superficie, y por lo tanto para su análisis, es necesario fotografiar e invertir la huella.

3.15 HUELLAS PLÁSTICAS.

También denominadas por impronta, con relación a la superficie que las contiene. Este rastro se produce cuando se toma, se toca o se apoyan los dedos sobre sustancias semisólidas, las cuales tienen un elevado grado de densidad, tal como la pintura semiseca, los adhesivos, las sustancias que se ablandan o funden fácilmente (lacre, chocolate, parafina).

En estos casos la impronta quedará en negativo, por lo que deberá invertirse a través de una fotografía.

Fotografiado de huellas.

Como todo elemento de juicio, es de suma importancia fotografiar las huellas antes de realizar nada que pueda alterarlas, ya sea levantarlas o transportarlas.

Claro está que en aquellas huellas latentes deberán revelarse primero por cualquiera de los métodos antes descritos.

La iluminación lateral ayudará a fotografiar impresiones sobre sustancias plásticas. Se observará que cuando se usa polvo blanco sobre una superficie negra, las líneas de fricción aparecen blancas en la fotografía. Se deberá hacer el negativo del negativo o una transparencia negativa a fin de que las líneas de contacto resulten negras para su clasificación y cotejo.

Si las impresiones se encuentran en fondos negros, haciendo imposible el revelado y fotografiado por métodos convencionales. Es recomendable realizar pruebas para asegurarse un correcto resultado, pero se recomienda el uso de filtros para aclarar los fondos, polvos que presenten buen contraste, o el uso de fluorescencia UV para fondos multicolores. Para el uso de UV se emplearán polvos fluorescentes, como por ejemplo el antraceno.

En el caso de que la huella se encuentre en un espejo, si el mismo es de poco valor es recomendable raspar la película que produce el reflejo y colocar un fondo negro. De ser esto imposible, lo más conveniente será una buena iluminación y foco para evitar los reflejos.

Por último, las fotografías deberán realizarse siempre en tamaño natural y luego podrán ampliarse.

3.16 APLICACIÓN.

El perito en Dactiloscopia (Figura 16), lleva a cabo las siguientes actividades:

- Tomar impresiones con propósitos administrativos y judiciales.
- Clasificar, ubicar o localizar las fichas decadactilares en los archivos.
- Buscar impresiones dermopapilares en el lugar de los hechos (huellas latentes)
- Hacer investigaciones decadactilares.
- Hacer investigaciones nominales.
- Confrontar eliminatorias
- Analizar y cotejar huellas plantares (aplicable principalmente en recién nacidos).
- Emitir dictámenes.



Figura 16. Revelado de huellas dactilares. Perito en dactiloscopia.

Actualmente el área de dactiloscopia se ha denominado identificación porque todas las actividades que ahí se realizan se hacen para esos fines (figura 17).

Además, de las aplicaciones que se acaban de mencionar en lo parte superior, el departamento de Dactiloscopia proporciona los informes siguientes:

a) Informes nominales: Cuando sólo se cuenta con el nombre de una persona, se procede a localizarlo en un archivo nominal para ver si se encuentra alguien registrado con dicho nombre. Únicamente se pueden tener resultados si se proporcionan los nombres y apellidos de la persona buscada.

El resultado será más preciso en la medida en que se aporte un mayor número de datos. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la probabilidad de toparse con homónimos. Debido a ello, se recomienda complementar la información adicional sobre el individuo en caso que se tenga, acerca de su edad, domicilio, señas particulares, sobrenombre o alias, etcétera.

b) Informe dactiloscópico: Para poder realizar este tipo de actividad se requiere tener una ficha decadactilar de la persona que se busca en el archivo de servicios periciales. No se recomienda trabajar con copias fotostáticas ni con documentos enviados por fax, ya que éstos se caracterizan por la reducción de la nitidez del original. Los duplicados presentan dificultades para la confrontación.

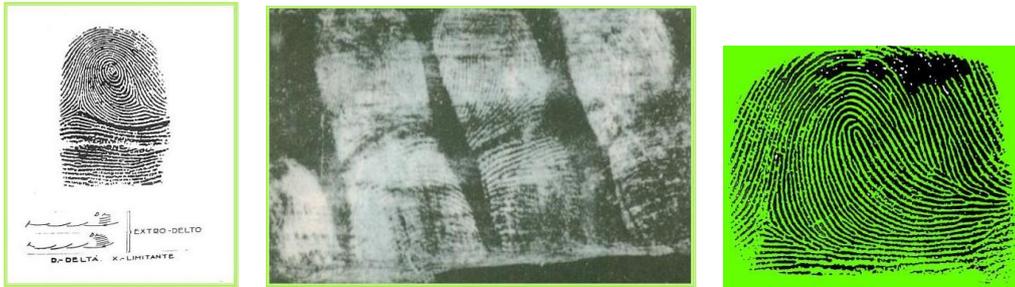


Figura 17. Integración de casilleros de identificación.

Clasificación

c) Informes monodactilares: Se hacen cuando son encontrados fragmentos de huellas dermopapilares en el o los lugares de los hechos. Se procede a levantar dicha huella y trasladarla al laboratorio para ser amplificada y, entonces, proceder la confronta eliminatoria (Figura 18).

d) Estudios comparativos antropométricos: Se llevan a cabo mediante diversas técnicas de análisis. Por lo general, se estudian videos y fotografías. Es indispensable que tengan nitidez y precisión para poder trabajar con ellos.



Figura 18. Consulta monodactilar con lupa de comparación con iluminación dual.

e) Información del catálogo de fotografía criminal: El catálogo de fotografía criminal cuenta con fotografías de frente y perfil de individuos que han sido señalados como presuntos responsables de una conducta ilícita. Este catálogo sirve de complemento a los archivos dactiloscópicos y nominales [44].

4.- Comparativo de los métodos de identificación: Perfil genético (ADN) y Dactiloscopia (tabla 4).

Método de identificación	PERFIL GENÉTICO (ADN)	DACTILOSCOPIA
Investigado por (Historia)	Alex Jefreys y asociados (1985)	Vucetich (1891)
Identificación a partir de:	Regiones hipervariables presentes en el genoma humano.	Huellas digitales.
Fundamentos	El ADN es la molécula que contiene toda la información genética del individuo. El 50% del ADN se hereda del padre y el otro 50% de la madre por lo que para cualquier secuencia se tiene un alelo paterno y uno materno.	Inmutabilidad. Perennidad. Variabilidad
Muestra	Materiales biológicos.	Las impresiones que dejan los pulpejos de los dedos.
Métodos	PCR, Micro arreglos de ADN o microchips, Espectrometría de masas.	Vucetich, Vucetich Oloris, Henry, Henry Americano, Henry Canadiense, programas computarizados AFIS (civil, Criminal).
Puntos característicos	Los marcadores para identificación forense de DNA comprenden 13 loci STR.	Por lo menos 12
Aplicación	Identificación de individuos, pruebas de paternidad, Identificación de cadáveres	Identificación de individuos, Identificación de cadáveres.

Comparación de los métodos de identificación perfil genético (ADN) y dactiloscopia.

El estudio criminalístico del lugar del hecho es vital para encausar cualquier tipo de investigación.

En este lugar quedan las huellas, indicios, rastros del hecho y cual fue la participación de cada uno de los involucrados o señales que después de ser analizados como evidencia física se transformarán en los medios de prueba, que permitirán al juez o al particular juzgador, establecer y valorar fehacientemente como ocurrió

Inspección y análisis integral del lugar del hecho.

- Reconstrucciones en el lugar del hecho ó la escena del crimen.
- Levantamiento, conservación e identificación de huellas latentes, plásticas y visibles, sobre cualquier tipo de superficie.
- Toma, clasificación y comparación de improntas dactilares, palmares y plantares.
- Identificación de cadáveres.
- Búsqueda, recolección y análisis de rastros e indicios (pelos, pisadas, sangre, semen, tierra, piel, etc.).
- Determinación de grupo sanguíneo y patrón genético (ADN).

Las muestras líquidas son absorbidas dentro de las superficies y las sólidas se adhieren a las superficies (el método de recolección depende del estado líquido o sólido y las condiciones de la evidencia).

Cuando el perito llega al lugar de los hechos debe fijar, ubicar y preservar los indicios de manera adecuada, además de estar preparado para manejar y recolectar evidencia.

El análisis se inicia sobre el indicio en las condiciones que llega no en las que se manda.

La identificación de individuos:

Una de las acepciones de la palabra "**Identificar**" es "reconocer si una persona es la que se busca". Es decir, se trata de establecer su individualidad determinando aquellos rasgos o conjunto de cualidades que la distinguen de todos los demás y hacen que sea ella misma. Las cuestiones relacionadas con la identificación de las personas tienen una enorme importancia en Medicina Legal, tanto en el caso de sujetos vivos como de cadáveres.

Conceptos aplicados a personas vivas:

En la identificación de delincuentes, enfermos mentales con amnesia, menores sin documentos, etc., resultan de utilidad las siguientes observaciones, siempre y cuando se cuente con archivos o datos suministrados por otras personas:

Exámenes generales.

Datos fisonómicos: la descripción de los rasgos fisonómicos constituye el medio más simple para la identificación, al que recurrimos en nuestra vida diaria: reconocemos visualmente a las personas cuyas facciones hemos registrado previamente en nuestra memoria.

Existe además una "memoria institucional", como la que poseen el Registro Civil y la Policía, que consiste en un archivo de fotografías de las personas en "documentos de identidad".

Sexo: su determinación no ofrece dificultades, excepto en casos complejos de hermafroditismo.

Peso, talla y edad estimadas.

Sistema piloso: color, tipo y forma de implantación del cabello, o su ausencia.

Color de ojos y piel.

Marcas particulares: cicatrices, defectos congénitos, tatuajes y estigmas profesionales.

HISTORIA.

El descubrimiento del ADN.

Hasta mediados del siglo XX no se sospechaba que el ácido disoxirribonucleico, ADN, fuera la molécula capaz de asegurar la transmisión de los caracteres hereditarios de célula a célula, generación tras generación. Su limitada variedad química no permitía suponer que poseyera la versatilidad y ductilidad necesarias para almacenar la información genética de los seres vivos.

En 1869 un biólogo suizo Johann Friedrich Miesscher, utilizó primero alcohol caliente y luego una pepsina enzimática, que separa la membrana celular y el citoplasma de la célula, el científico quería aislar el núcleo celular, concretamente en los núcleos de las células del pus obtenidas de los vendajes quirúrgicos desechados y en la esperma del salmón, sometió a este material a una fuerza centrífuga para aislar a los núcleos del resto y luego sometió solo a los núcleos a un análisis químico.

De esta manera Miescher identificó a un nuevo grupo de sustancias celulares a las que denominó nucleínas, observó la presencia de fósforo, luego Richard Altmann las identificó como ácidos y les dio el nombre de ácidos nucleicos [25].

Robert Feulgen, en 1914, describió un método para revelar por tinción el ADN, basado en el colorante fucsina. Se encontró, utilizando este método, la presencia de ADN en el núcleo de todas las células eucariotas, específicamente en los cromosomas.

Durante los años 20, el bioquímico P.A. Levene analizó los componentes del ADN, los ácidos nucleicos y encontró que contenía cuatro bases nitrogenadas: citosina y timina (pirimidinas), adenina y guanina (purinas); el azúcar desoxirribosa; y un grupo fosfato. También demostró que se encontraban unidas en el orden fosfato-azúcar-base, formando lo que denominó un nucleótido. Levene también sugirió que los nucleótidos se encontraban unidos por los fosfatos formando el ADN. Sin embargo, Levene pensó que se trataban de cadenas cortas y que las bases se repetían en un orden determinado.

En el año 1928 Frederick Griffith investigando una enfermedad infecciosa mortal, la neumonía, estudió las diferencias entre una cepa de la bacteria *Streptococcus pneumoniae* que producía la enfermedad y otra que no la causaba. La cepa que causaba la enfermedad

estaba rodeada de una cápsula (también se la conoce como cepa S, del inglés smooth, o sea lisa, que es el aspecto de la colonia en las placas de Petri). La otra cepa (la R, de rugosa, que es el aspecto de la colonia en la placa de Petri) no tiene cápsula y no causa neumonía. Griffith inyectó las diferentes cepas de la bacteria en ratones. La cepa S mataba a los ratones mientras que la cepa R no lo hacía. Luego comprobó que la cepa S, muerta por calentamiento, no causaba neumonía cuando se la inyectaba. Sin embargo cuando combinaba la cepa S muerta por calentamiento, con la cepa R viva, es decir con componentes individuales que no mata a los ratones e inyectaba la mezcla a los ratones, los ratones contraían la neumonía y morían.

Las bacterias que se aislaban de los ratones muertos poseían cápsula y, cuando se las inyectaba, mataban otros ratones. Frederick Griffith fue capaz de inducir la transformación de una cepa no patogénica *Streptococcus pneumoniae* en patogénica. Griffith postuló la existencia de un factor de transformación como responsable de este fenómeno.

El experimento de Hershey-Chase, el ADN es el material genético.

En 1952 Alfred Hershey y Martha Chase realizaron una serie de experimentos destinados a dilucidar si el ADN o las proteínas era el material hereditario. Marcando el ADN y las proteínas con isótopos radiactivos en un cultivo de un virus, se podía seguir el camino de las proteínas y del ADN en un experimento, demostrando cual de ellos entraba en la bacteria.

Ese sería el material hereditario (factor transformador de Griffith). Dado que el ADN contiene fósforo (P) pero no azufre (S), ellos marcaron el ADN con fósforo-32 radioactivo. Por otra parte, las proteínas no contienen P pero sí S, y por lo tanto se marcaron con azufre-35. Hershey y Chase encontraron que el S-35 queda fuera de la célula mientras que el P-32 se lo encontraba en el interior, indicando que el ADN era el soporte físico de la herencia [25].

Dactiloscopia.

La primera disciplina precursora de la criminalística fue lo que en la actualidad se conoce como dactiloscopia, ciencia que estudia las huellas dactilares. La criminalística tal como la entendemos nace de la mano de la medicina forense, en torno al siglo XVII, cuando los médicos toman parte en los procedimientos judiciales. Antes de conocer el desarrollo y evolución de la criminalística debemos distinguir dos etapas, de cuyos representantes hablaremos posteriormente.

- Etapa equívoca: Eugene Francois Vidoq (1811).
- Etapa científica: Alphonse Bertillon (1879), Juan Vucetich (1892), William Herschel, Francis Galton.

Algunos de los primeros usos prácticos de la investigación mediante las impresiones dactilares son acreditados a los chinos, quienes las aplicaban diariamente en sus negocios y empresas legales, mientras tanto el mundo occidental se encontraba en el período conocido como la edad oscura.

En 1665, Marcello Malpighi observaba y estudiaba los relieves dactilares de las yemas de los dedos y palmas de las manos. Una de las primeras publicaciones en Europa acerca del

estudio de las impresiones dactilares apareció en Inglaterra en 1648, realizada por el Dr. Nehemiah Grew. Inglaterra Eugène François Vidocq.

En 1809 el célebre delincuente francés Vidocq fue incluido en las filas de la policía francesa y pronto se convirtió en el primer director de la Seguridad Nacional (Sûreté Nationale). Incluyó multitud de avances en el campo de la investigación criminal. A él se le atribuye el registro y creación de expedientes con las pesquisas de los casos y la introducción de los estudios de balística. Fue el primero en utilizar moldes para recoger huellas de la escena del crimen. Sus técnicas antropométricas tendrían gran repercusión.

En 1823 un tratado escrito por anatomista, fisiólogo y botánico checo Jan Evangelista Purkyně describe los tipos de huellas dactilares y las clasificó en 9 grupos. Durante ese mismo año, Huschke describió los relieves triangulares, conocidos como deltas, de las huellas dactilares de los dedos. William Herschel, en 1858, adoptó el uso de las impresiones dactilares para evitar la suplantación [93].

Alfonso Bertillón creó en París el Servicio de Identificación Judicial en 1882, dado a conocer en 1885 y se adoptó de forma oficial en 1888. Este método antropométrico se basaba en el registro de las diferentes características óseas métricas y cromáticas de las personas mayores de 21 años en 11 diferentes partes del cuerpo. En esa época Bertillón publicó una tesis sobre el retrato hablado. Desde 1884, Bertillón tomó fotografías de los lugares de los hechos con todos sus indicios. Fue en 1886, cuando Alan Pinkerton puso en práctica la fotografía criminal para reconocer a los delincuentes. En Londres, Sir Francis Galton en 1885 instaló los fundamentos para la solución del problema que representaba hacer una clasificación de las impresiones dactilares. En 1905 modificará su sistema citado en "Fingerprint Directories" [88].

En 1896, Juan Vucetich logró que la Policía de la Provincia de Buenos Aires (en la ciudad de La Plata), Argentina, dejara de utilizar el método antropométrico de Bertillón y redujo a cuatro los tipos fundamentales de Dactiloscopia, determinados por la presencia o ausencia de los deltas.

En enero de 1920, el profesor Benjamín Martínez fundó en la Ciudad de México el gabinete de identificación y el laboratorio de criminalística en la entonces jefatura de Policía del Distrito Federal. En 1928 el criminalista francés Edmon Locard enuncia el "Principio de intercambio de Locard", que dice que «siempre que dos objetos entran en contacto transfieren parte del material que incorporan al otro objeto». El principio ha permitido obtener indicios relevantes en numerosos lugares, desde huellas en el barro o sus restos en neumáticos y calzado, hasta huellas dactilares o restos en las uñas. En 1935, Carlos Roumagnac, Benjamín Martínez, Fernando Beltrán y otros, instituyeron una escuela para policías en la que se enseñaba criminalística. En 1938, el Dr. José Gómez Robleda implantó la aplicación de la Criminalística en la Procuraduría General de Justicia en el D.F [58].

IDENTIFICACION A PARTIR DE:

Perfil genético (ADN) identificación a partir de:

VNTR significa "número variable de repeticiones en tándem" (*Variable Number of Tandem Repeats*)

Los alelos VNTR son regiones hipervariables del ADN humano que difieren entre sí. Una repetición en tándem es una secuencia corta de ADN que se repite consecutivamente, cabeza con cola, en un locus cromosómico específico. Se encuentran repartidas por todo el genoma humano. Algunas secuencias se encuentran en un solo sitio --un locus único-- del genoma. Para muchas de las repeticiones en tándem, el número de unidades repetidas varía entre individuos; tales loci se llaman VNTRs. Un ejemplo de VNTR en humanos es una secuencia de ADN de 17 pb que se repite entre 70 y 450 veces en el genoma. El número total de pares de bases en ese locus puede así variar entre 1190 y 7650.

Los VNTRs se detectan como RFLPs mediante hibridación de Southern.

El método medicolegal más habitual para caracterizar los VNTRs es el uso de la hibridación de Southern. Si el ADN que flanquea un VNTR se corta con una endonucleasa de restricción, el tamaño del fragmento resultante puede variar, conduciendo a un RFLP, o "polimorfismo en la longitud de los fragmentos de restricción" (Restriction Fragment Length Polymorphism). Esto se muestra esquemáticamente en la figura (Fig. 19), en la que los rectángulos rojos representan la unidad de repetición y los círculos azules, los sitios de corte por una endonucleasa de restricción. En esta figura, sólo se ilustran tres variantes diferentes (alelos) para el locus VNTR, pero es habitual en los loci VNTR humanos encontrar 50 o más alelos distintos.

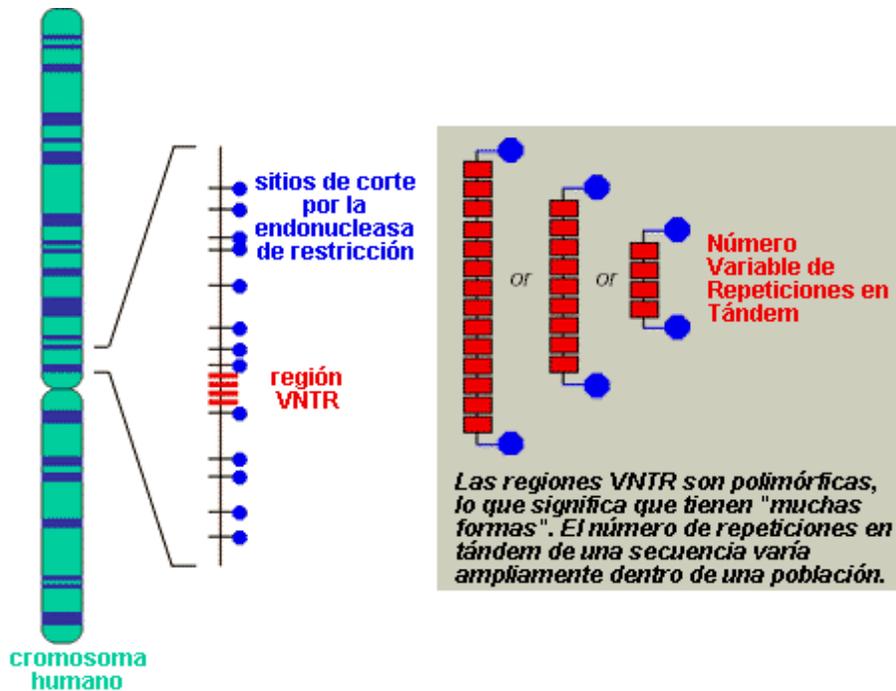


Figura 19. Polimorfismo en la longitud de los fragmentos de restricción" (Restriction Fragment Length Polymorphism).

Se hereda un VNTR de cada progenitor.

El análisis de un locus VNTR mediante hibridación de Southern suele mostrar un patrón de dos bandas, una heredada de cada progenitor (padre y madre). Puede darse un patrón de una sola banda, si el tamaño de las dos bandas es el mismo o muy similar. Para nuestro ejemplo sencillo de tres alelos diferentes, designados A, B y C, son posibles seis perfiles distintos de ADN.

Los genotipos posibles son AA, BB, CC, AB, BC y AC, como se muestra en la figura (Fig. 20).

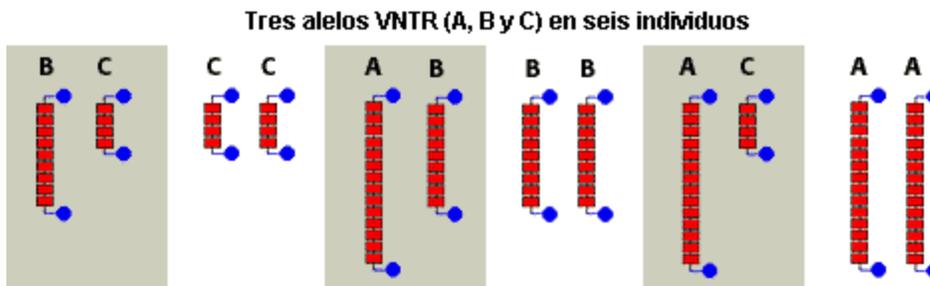


Figura 20. Genotipos posibles.

Cada uno de estos genotipos se puede distinguir como un patrón diferente de una o dos bandas tras la hibridación de Southern, como se aprecia en la auto radiografía (figura 21).

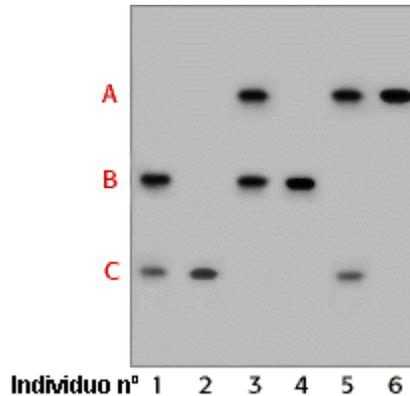


Figura 21. Autor radiografía

Los perfiles de ADN varían de una persona a otra.

Cuando se comparan los perfiles de un solo locus VNTR para individuos no relacionados entre sí, habitualmente son diferentes. No obstante, es posible que dos personas tengan el mismo perfil en uno o dos loci por casualidad. Sin embargo, la probabilidad de que dos personas tengan el mismo perfil de ADN en 4, 5 o 6 loci VNTR diferentes es extremadamente baja. Cuando se usan los perfiles de ADN con fines medicolegales, se analizan de 4 a 6 loci VNTR diferentes.

Huellas dactilares.

Son las impresiones que dejan los pulpejos de los dedos manchados con tinta, sudor u otros líquidos, sobre una superficie pulimentada, constituidos por surcos y crestas que dan lugar a figuras siempre diferentes, gracias a lo cuál permiten la identificación de las personas.

Las huellas dactilares se prestan a una clasificación coherente y a su ordenación en archivos de sencilla localización [31]. No se han hallado dos personas en las que sean idénticas, ni aún en los gemelos univitelinos.

La dactiloscopia, es uno de los métodos de identificación más utilizados a nivel mundial, que permite establecer fehacientemente la identidad de un ser humano.

El estudio comparativo de las Impresiones digitales (aquellas tomadas de forma voluntaria, por personal y con material idóneos, en el departamento de policía o registro civil) y huellas (dejadas involuntariamente en el lugar del hecho ya sea visibles, latentes o plásticas) han llevado a la resolución concluyente de casos judiciales donde tales rastros fueron evidencia innegable de la presencia de un sujeto determinado en la escena del delito.

Las crestas papilares se hallan localizadas en la piel de fricción en manos y pies, recibiendo nombres sectorizados de acuerdo a la región que provienen, como DACTILOSCOPIA para impresiones de las yemas de los dedos, QUIROSCOPIA para la región palmar y PELMATOSCOPIA para los pies, era necesario un vocablo que englobará en un concepto las tres regiones. Es así, que surgen los vocablos sinónimos LOFOSCOPIA, PAPIOSCOPIA o DERMATOGLIFIA, divulgados a nivel mundial; donde a criterio de cada país apadrinan el término que más prefieran; pero hay países que no emplean ninguno de ellos y engloban sus estudios al término DACTILOSCOPIA.

En la superficie anterior de la tercera falange o falangeta las crestas papilares adoptan sistemas morfológicos determinados, formando dibujos muy variados y complicados, pero fáciles de ser agrupados y diferenciados para ser debidamente clasificados. Es pues, esta tercera falange o falangeta la que imprime el dactilograma. Esta región es llamada del dactilograma. (Figura 22). Por lo tanto, esta es la base de la Dactiloscopia.

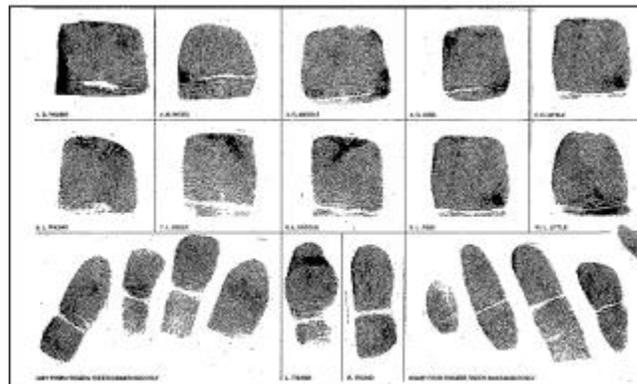


Figura 22. Dactilograma

Ficha decadactilar (Figura 23).

Serie: conjunto de los dactilogramas de la mano derecha.

Fundamental: clasificación del pulgar derecho.

División: clasificación De los dedos siguientes.

Sección: conjunto de los dactilogramas de la mano izquierda

Sub-clasificación: clasificación del pulgar izquierdo.

Sub-división: clasificación de los dedos siguientes.

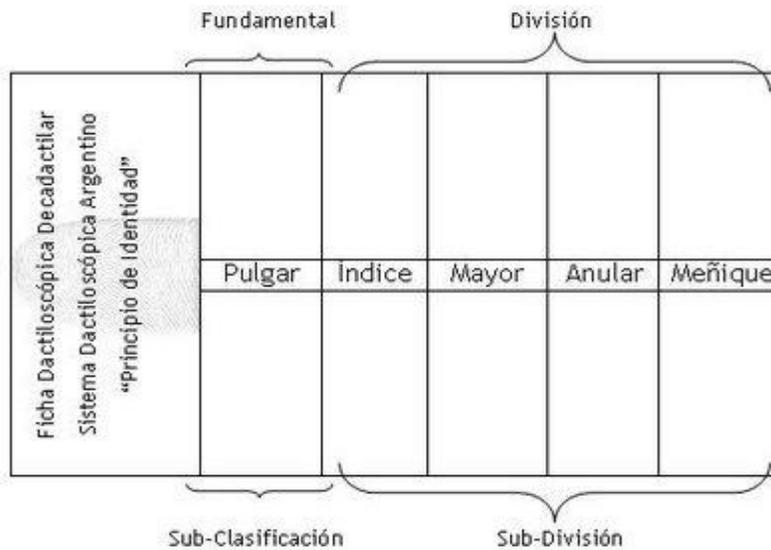


Figura 23. Ficha decadactilar.

FUNDAMENTOS:

Perfil genético (ADN).

El ADN fue descubierto por Miescher en 1871, en 1953, Watson and Crick [54,55]. Sugieren un modelo tridimensional para su estructura y mecanismo de replicación, confirmados posteriormente. Pero recién se le identificó como portador de la información genética a mediados de nuestro siglo [45].

El modelo postulado por Watson y Crick sobre la estructura del ADN les permitió proponer, a la vez, un mecanismo de replicación: ya que las dos cadenas son complementarias, durante la replicación podría producirse la separación de las cadenas de la molécula, constituyendo cada una un molde sobre el que se sintetizaría la cadena hija, complementaria.

Como resultado, se obtendrían dos moléculas hijas, constituida cada una de ellas por una cadena parental y una sintetizada usando aquella como molde. Se plantearon así las bases de la replicación semiconservativa del ADN, posteriormente comprobada en forma experimental.

A mediados de los 80's comienzan a desarrollarse sistemas de identificación de individuos basados en el estudio de polimorfismos de ADN, los cuales reflejan la amplia variación de secuencias localizadas en diferentes regiones del genoma.

La identificación genética ha modificado el campo de la criminología, del cuál es el método más preciso. Las probabilidades de que dos patrones genéticos sean iguales son casi nulas. No existiría una pareja similar entre todos los habitantes del mundo. Esta técnica se emplea también para demostrar la paternidad de los hijos y para controlar la cruce de animales en peligro de extinción.

El profesor Alex Jeffreys, genetista de la Universidad de Leicester, Inglaterra, descubrió las huellas genéticas en 1984. Realizaba investigaciones en torno al ADN (ácido desoxirribonucleico), la sustancia química del núcleo de toda célula, que determina las características individuales de las personas, como el color del pelo de los ojos, etc. La estructura del ADN es diferente en todos los seres, a excepción de los gemelos idénticos.

El profesor Jeffreys descubrió que en cada molécula del ADN se encuentra una secuencia de información genética, la cuál se repite varias veces a lo largo de toda la estructura molecular.

La longitud de la secuencia, las veces que se repite y su ubicación dentro de la estructura del ADN son factores propios de cada individuo.

Los primeros trabajos, publicados a mediados de los 80's, empleaban fragmentos de ADN obtenidos por digestión con enzimas, separados electroforéticamente y transferidos a un soporte sólido, el cual se trataba con una "sonda" constituida por secuencias complementarias de las regiones variables, marcada radiactivamente. Por auto radiografía, resultaba posible observar varias bandas, de localización desconocida dentro del genoma, pero que eran características de cada individuo y se heredaban de padres a hijos [54,55].

Si bien las bandas producidas por estas sondas multilocus eran muy variables de una persona a otra, los resultados eran difícilmente reproducibles, ya que pequeñas y poco controlables diferencias en la corrida electroforética (voltaje, tiempo, concentración del gel) afectaban en gran medida la reproducibilidad e interpretación de los resultados.

El descubrimiento de regiones hipervariables del genoma con localización específica [76] permitió el desarrollo de las sondas de locus único que resolverían el problema, posibilitando el estudio de una zona conocida del genoma que se visualizaba como dos únicas bandas para la condición heterocigota, correspondientes cada una a un alelo, heredado de cada progenitor.

Estas zonas están constituidas por secuencias repetidas, que aparentemente carecen de función como codificantes de proteínas. La menor variabilidad exhibida por estos sistemas de análisis se solucionaba empleando un conjunto de cuatro o más sondas unilocus que evaluaban otras tantas regiones del genoma.

Sin embargo, aún persistía un inconveniente para el empleo masivo de estas metodologías en la práctica forense: las sondas multilocus, y en menor medida las unilocus, requerían un

ADN en estado óptimo en cuanto a su integridad, de alto peso molecular, lo cual rara vez ocurre en cadáveres en proceso de descomposición, o en manchas antiguas de fluidos biológicos o expuestas a condiciones ambientales adversas.

La solución llegó con el desarrollo de técnicas de amplificación o "copiado" de porciones de ADN mediante la "reacción en cadena de la polimerasa" o "PCR", con las cuales fue posible implementar sistemas de análisis de secuencias más pequeñas ("microsatélites" o "STRs"), pero menos variables que las anteriores. Con el advenimiento de esta nueva técnica, se hizo posible la evaluación de polimorfismos en cuanto a la secuencia nucleotídica de la región variable, además de las diferencias de longitud.

Dactiloscopia.

Sus principios son:

- **Inmutabilidad:** El diseño formado en el individuo entre el 4º y el 5º mes de gestación permanecerá inalterado hasta después de la muerte.
- **Perennidad:** La figura permanecerá hasta el comienzo de la putrefacción cadavérica a menos que el cuerpo se petrifique o corifique caso por el cual las mismas se mantendrán inclusive luego de la muerte.

- **Variedad:** No hay una huella parecida a otra. Cada una es individual ya que no se encuentra ligada genéticamente y contiene más de 12 puntos característicos.

Son únicas e irrepetibles aún en gemelos idénticos, debido a que su diseño no está determinado estrictamente por el código genético, sino por pequeñas variables en las concentraciones del factor del crecimiento y en las hormonas localizadas dentro de los tejidos. Cabe señalar que en un mismo individuo la huella de cada uno de sus dedos es diferente.

Estamos en el siglo XXI, donde la tecnología y los sistemas de impresión sobrepasan la imaginación. Las impresiones dactilares se pueden reproducir mecánicamente con técnicas muy económicas, como son Fotocopias, escáner, fotografía digital, Todos los sistemas de impresión y reproducciones sigilares (sellos).

El proceso de clasificación manual es bastante lento y complicado, y la información sobre los sistemas dactiloscópicos comerciales es limitada. Por esas y otras razones, los investigadores diseñaron un sistema de reconocimiento que se basa en las características geométricas y topológicas isométricas (número de bifurcaciones, líneas adyacentes, y características de los vecinos) del patrón de la huella. Estos métodos matemáticos fueron desarrollados para distinguir, morfológicamente, las diferencias entre cada una de las huellas dactilares.

La identificación de huellas dactilares fue uno de los primeros métodos empleados por los investigadores. Se trata de una técnica basada en la coincidencia de, al menos, 12 puntos de la huella recogida en la escena del crimen con la marca dactilográfica del sospechoso.

Así, una huella no identificada se conoce como huella dubitada, mientras que la identificada es la indubitada. Hoy en día, las comparaciones entre huellas se hacen a través de modernas computadoras que cotejan los bancos de datos de la Policía con las huellas obtenidas en la escena del crimen, a fin de conocer si es un delincuente ya fichado por las fuerzas de seguridad.

MUESTRA.

Perfil genético (ADN).

Aunque la prueba de ADN es ampliamente aceptada, existen varios aspectos a considerar para su correcta aplicación, entre ellos, en primer término, garantizar la incolumidad de la “cadena de custodia”, referida al aseguramiento de la identidad y la adecuada recogida, conservación manejo y custodia del vestigio o muestra biológica a lo largo de todas sus vicisitudes técnicas y procesales.

En segundo término, está el análisis del laboratorio, que debe cumplir ciertos parámetros, ellos deben garantizar el control técnico y científico de las pruebas del ADN.

Esta técnica presenta, no obstante, algunas ventajas, como el hecho de que el ADN se puede obtener no sólo de restos de sangre, sino también de pelo, uñas, o cualquier otro resto orgánico que se pueda recoger. El proceso de identificación genética es distinto si se dispone de ADN procedente de sangre o semen, o si es ADN procedente de pelos o uñas. En el primer caso, la secuenciación es más rápida, puesto que sólo requiere amplificar el ADN y ya se dispondría de información suficiente para cotejar con otra muestra. Mientras que en el segundo caso, se trata de ADN mitocondrial y para una posible identificación es necesario desglosar toda la cadena genética, por lo que resulta más caro. Es necesario encontrar 13 coincidencias entre las muestras de ADN que se comparan, para considerar que pertenecen a la misma persona.

Muestra dactiloscopia.

Clasificación de las huellas:

Positivas y Negativas, y deben estudiarse minuciosa y comparativamente, valiéndose de impresiones, moldes o fotografías, así como de instrumentos de aumento para mejor observación y examen.

Reciben el nombre de **huellas positivas** las formadas por una figura impresa y coloreada sobre alguna superficie por contacto de algún objeto o región del cuerpo humano. La maculación puede ser originada por: pintura, grasa, polvo, cal, lodo, aceite, etc. Existen las huellas invisibles que al ser reveladas por algún reactivo químico, pasan a formar parte de las huellas positivas, por ejemplo: las huellas dactilares latentes.

Reciben el nombre de **huellas negativas**, las figuras formadas por hundimiento o depresión sobre el soporte que recibe al objeto que las produce, por ejemplo: lodo, arena, tierra, nieve, o cualquier soporte blando. Dentro del grupo de las huellas negativas, se tiene fundamentalmente los surcos de ahorcamiento o estrangulación, los hundimientos por impacto o apoyo por algún cuerpo, etc.

Las huellas dactilares constituyen una herramienta de excepcional valor para el reconocimiento tanto de seres vivos como de cadáveres y restos. A diferencia de todos los demás métodos de identificación, incluido en el basado en la investigación del ADN, la dactiloscopia continúa manteniendo el criterio de “absoluta certidumbre”. La única limitación que presenta el método es la necesidad de contar con registros previos de las huellas.

Ventajas de la dactiloscopia.

- a) Permite determinar, sin lugar a dudas, la identidad de una o más personas que se encuentren previamente filiados.
- b) Es un sistema seguro, sencillo, económico y de fácil manejo.
- c) Se aplica indistintamente en la identificación de personas vivas y cadáveres.

METODOS.

Perfil genético (ADN).

Los análisis de identificación por el ADN ofrecen la ventaja de su gran precisión, y gracias también a una técnica replicante del ADN de la muestra disponible, la PCR, permite que, aunque ésta sea mínima (restos de saliva, un cabello, etc.), y pueden utilizarse incluso aunque los vestigios biológicos sean muy antiguos. Dadas estas características técnicas, así como también su extraordinaria precisión, se han convertido en un instrumento muy valioso para la moderna pericia forense y, lo que es más importante, para un más satisfactorio ejercicio del derecho a la tutela judicial efectiva y una respuesta más eficaz a las exigencias de la sociedad respecto de la persecución de los responsables de los delitos. Pero estas pruebas originan nuevos problemas:

- a) Fiabilidad de los análisis y técnicas utilizadas.
- b) Naturaleza y valoración procesal de sus resultados o perfiles de ADN.
- c) Posible afectación de algunos derechos fundamentales del sujeto que se somete a examen.
- d) Creación de archivos con los resultados de los análisis de ADN (perfiles de ADN) realizados a los autores de algún delito, o sobre muestras biológicas obtenidas en el escenario del crimen, es decir, la creación de bancos de perfiles de ADN y de muestras biológicas con fines de criminalística.

La investigación va encaminada al descubrimiento y a la comprobación de hechos, que sirven tanto a la acusación como a la defensa, mientras que con la prueba se pretende formar la convicción del juez sobre la veracidad de los hechos sustentados por las partes, y se dirige a la destrucción de la presunción de inocencia.

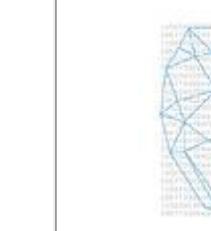
Los límites del método estriban en la calidad y cantidad de ADN presente en la muestra.

El fuego y los fenómenos de transformación cadavérica que a medida que transcurre el tiempo pueden afectar a los restos humanos, tienden a reducir el ADN apto para este análisis. En este sentido, las alternativas metodológicas que se han ido generando, posibilitan la caracterización de ADN a partir de material biológico sumamente degradado.

Dactiloscopia.

Procedimiento.

Con este conjunto de puntos, el software biométrico de huella digital genera un modelo en dos dimensiones, según se muestra en el ejemplo, mismo que se almacena en una base de datos, con la debida referenciación de la persona que ha sido objeto del estudio. Para ello, la ubicación de cada punto característico o minucia se representa mediante una combinación de números (x,y) dentro de un plano cartesiano, los cuales sirven como base para crear un conjunto de vectores que se obtienen al unir las minucias entre sí mediante rectas cuyo ángulo y dirección generan el trazo de un prisma de configuración única e irrepetible. Para llevar a cabo el proceso inverso o verificación dactilar, se utilizan estos mismos vectores, no imágenes.

			
El dedo es leído por un captor de huellas.	El dedo es codificado por el captor.	Una plantilla es generada y la imagen es comprimida en formato WSQ (opcional).	El captor guarda y reconoce un conjunto de números que solo podrán ser reconocidos como una plantilla.

Dispositivo para identificación.

La empresa Norteamérica Cogens System en 1990 desarrolló un sistema automático de identificación de huellas dactilares (A.F.I.S) siendo el mas sofisticado, preciso y avanzado del mercado. Éste sistema es un programa que compara huellas dactilares electrónicamente con una base de datos que almacena información dactilar. Un individuo a quien se le toma las huellas dactilares solamente tiene que colocar su dedo en la placa de vidrio de un lector óptico. No utiliza tinta, no mancha y no requiere un experto en huellas dactilares para operar el sistema. El sistema hace identificaciones positivas automáticamente, comparando las huellas del individuo con las huellas almacenadas en el sistema. La imagen obtenida de la huella dactilar puede ser utilizada para matricular al individuo en la base de datos del sistema después de realizada la búsqueda completa, evitando que la persona se matricule más de una vez. Además, al encontrar pareja para la huella dactilar de uno en la base de datos, el sistema permite que el operador compare las imágenes de la huella ingresada con las de la base de datos para verificar la identidad de la persona.

El Sistema de Identificación Automatizada de Huellas Dactilares (AFIS) por sus siglas en inglés, tiene un índice de seguridad del 99.9% ya que verifica la identidad de una persona, basada en las características de sus huellas digitales.

Existen dos clase de AFIS, el civil y el Criminal, sistema AFIS Criminal tiene como objetivo la lucha contra el crimen. Se utiliza para buscar rastros (una huella "latente" encontrada en la escena de un crimen), contra una base de datos AFIS con el objeto de identificar a la persona poseedora de dicha huella o comprobar que el dueño de la latente no se encontraba en otra escena de un crimen donde dejo sus huellas. Una huella latente puede ser una fracción ínfima de una huella dactilar, de la cual generalmente el perito no conoce a que dedo pertenece, ni su orientación, ni su centro, ni ningún otro dato que reduzca el universo de búsqueda (sexo del dueño, color de piel...). Por lo tanto el sistema AFIS cotejará dicho rastro contra cada uno de los 10 dedos de cada persona presente en la base de datos, y contra otra base de datos donde se encuentran todos los rastros no identificados que se guardaron de escenas de crímenes anteriores. Un sistema civil se utiliza por ejemplo para garantizar que una persona no logre, mediante la presentación de documentos apócrifos, poseer doble o múltiple identidad. Por lo tanto en el momento de que cada ciudadano solicita su cédula, se capturan generalmente las dos huellas dactilares de sus índices, y se comparan contra una base de datos AFIS que posee los dedos índice derecho e izquierdo de todas las personas que ya retiraron un documento[50].

PUNTOS CARACTERÍSTICOS.

Perfil genético (ADN).

Los perfiles genéticos que en México se obtienen suelen estar caracterizados por los 13 marcadores que dicta el “Sistema de Índices Combinados de DNA” del Buro Federal de Investigaciones (FBI) llamado CODIS (Combined DNA Index System), los marcadores moleculares que se refieren son los siguientes: [25,26].

D3S1358	THO1	D21s11	D18s51	D5s818	D13s317	D7s820
D16s539	CSF1PO	vWA	D8S1179	TPOX	FGA	

Este tipo de marcadores se conocen como microsatélites, y más específicamente como STRs (Short Tandem Repits) de tipo tetranucleótidos, es decir repetidos cortos en tándem, que constan de repetidos de cuatro nucleótidos con número variable en sus repeticiones.

Cabe decir que el número de marcadores ha sido incrementado por las empresas que proveen los sistemas multiplex en que se encuentran tales marcadores, ello con objeto de favorecer el poder de inclusión y exclusión que se requiere para las pruebas de identificación humana, trátese de pruebas de paternidad o de identificación forense. Los sistemas comerciales que los comprenden son variados, sin embargo se distinguen los kits comerciales AmpFlSTR Identifiler de Applied Biosystems y PowerPlex 16 de Promega, los cuales cuentan con 15 y 16 marcadores respectivamente.

En la actualidad, los forenses disponen ya de paquetes comerciales que incluyen una sustancia conocida como polimerasa, que permite amplificar el ADN de una manera mecánica. Cada uno de estos kits puede costar unos 400 euros y permite realizar hasta 45 pruebas, lo que ha reducido el costo del proceso. Sin embargo, para aplicar la polimerasa y que las pruebas sean fiables se requiere de un laboratorio especial que es más caro, lo que supone que estas pruebas se realizan en lugares especializados y puedan tardar en obtenerse los resultados entre 24 y 48 horas.

Por medio de las computadoras, esa secuencia se transforma en un registro visual. La imagen, consiste en una serie de barras registradas en una placa radiográfica.

Las huellas genéticas son tan importantes para demostrar la culpabilidad como la inocencia. Por ejemplo, un ladrón que rompa una ventana podría herirse y dejar en el vidrio una mancha de sangre. Con ésta se elaboraría un registro genético. Después, tras el arresto de un sospechoso, se le tomaría a éste una muestra de sangre y se compararía con el registro. Si coincide, es que se trata del ladrón; si no, es inocente.

Dactiloscopia.

Desde el inicio de la identificación dactilar, se ha reconocido que, si bien las huellas son únicas en cuanto a los detalles, en la práctica hay que tener en cuenta que la información no es siempre la ideal y que hay que aplicar límites de tolerancia para establecer similitudes. En consecuencia, hasta cierto nivel de información se dan casos de huellas muy semejantes causadas por distorsiones y por el azar.

Para evitar falsas conclusiones basadas en esos casos, es prudente exigir una cantidad mínima de información para las identificaciones. Las normas de “puntos mínimos” utilizadas desde los inicios de la dactiloscopia contienen márgenes de seguridad que tienen en cuenta las variaciones, prevén los imprevistos y garantizan la solidez de las identificaciones positivas.

La identificación no consiste sólo en contar puntos. Hace falta un experto para determinar cierto volumen de información, predeterminación o no. Esta información abarca la cantidad, la calidad y la similitud. Sus aspectos pueden interferir entre sí y compensarse mutuamente. La cantidad mínima requerida puede incluso variar independientemente de la calidad.

Los puntos característicos:

Estos son pequeños detalles ó particularidades que presentan las líneas papilares en su recorrido, los cuales han sido previamente prefijados y que permiten al investigador basar su conclusión afirmativa (positiva ó negativa, ya que no siempre el resultado es el de identificación), de identidad papiloscópica.

- 1.-Punto: expresión mínima de una línea. Expresión de un poro aislado.
2. Islote: porción de línea, mayor que el punto. Impresión de 2 a 5 poros aislados.
3. Cortada: línea que empieza y termina dentro del dactilograma, y por ende se pueden demarcar ambos extremos.
4. Terminación o Extremo de Línea: línea que posee un extremo dentro del dactilograma, perdiéndose en su continuidad fuera de la misma.
5. Horquilla: línea que en un momento de su recorrido vuelve sobre sí misma. En el punto de mayor curvatura podrá tener o no apéndice o cola.
6. Encierro: línea que en un momento de su recorrido se abre para volverse a cerrar, quedando en el interior un espacio limpio o intervenido. También puede ser hallado sólo y aislado.
7. Bifurcación: línea que en un punto de su recorrido, se desprende otra formando ángulo.
8. Doble Bifurcación o Empalme: dos líneas que en su recorrido son unidas entre sí por una tercera formando ángulos.

Identificación del dactilograma.

El análisis comparativo de dos o varios dactilogramas con el objeto de establecer la identidad de uno de ellos, se realiza examinando por su orden, el tipo fundamental, el subtipo, en caso de poderlo diferenciar el centro nuclear, el delta y los puntos característicos, eliminándose todos aquéllos dactilogramas de comparación que al ser confrontados no coincidan con aquel cuya identidad se busca.

En la localización de los puntos característicos deben coincidir; primero ubicándolo en el sistema crestal, segundo; forma del punto característico, tercero relación de puntos entre sí y cuarto lugar graficarlos en el dactilograma siguiendo las manecillas del reloj, esto debe de hacerse en ambos dactilogramas, testigo y problema.

No debemos olvidar que existen puntos característicos que se pueden aplicar en las graficas comparativas siempre y cuando sean del dominio teórico del experto aplicando el nombre correcto al punto característico, ejemplo: Punto, enlace, etc. (Figura 21).



Figura 21. Puntos característicos.

CONCLUSIÓN.

Se puede concluir que algunos de los servicios más valiosos que se pueden prestar en las investigaciones penales, son los realizados por los peritos en huellas digitales (dactiloscopia) y en perfiles genéticos (ADN), ya que estos realizan las pruebas más definitivas y contundentes mediante las cuáles se puede establecer la presencia de un individuo en el lugar de los hechos.

Para que se obtenga un buen resultado, lo habitual es que en la escena del crimen se recojan todos los indicios posibles, a fin de que la investigación pueda seguir su curso por varios caminos y se emplee la técnica más apropiada en cada caso. Por ello, un maletín básico de forense debe contener, entre otras cosas, reactivos para revelado de huellas, adhesivos para trasplante de huellas desde la zona en que están hasta una superficie que permita su estudio, una lupa e hisopos o palitos higiénicos para recogida de muestras biológicas. En algunos casos, también contiene una sustancia conocida como luminol, que tras ser rociada en una superficie permite detectar mediante rayos ultravioletas posibles restos de sangre.

Los análisis de ADN permiten inculpar o exculpar a posibles sospechosos, pero también se utilizan para otros fines que no se incluyen en el proceso penal, como verificar una paternidad o establecer relaciones de parentesco, ya que la información genética es hereditaria.

Si bien actualmente la identificación genética es una de las pruebas más importantes al servicio de la Justicia, hemos de reconocer que una de las principales limitaciones que tiene es el factor tiempo. A diferencia de otras pruebas de carácter identificador de gran relevancia en épocas anteriores (como la huella dactilar), el análisis de ADN no ofrece resultados con la rapidez deseada, pues los protocolos exigen unos tiempos mínimos en el tratamiento de las muestras.

La falta del desarrollo de una base de datos en cada entidad federativa permanece latente, por lo que se requiere generalmente atraer peritos internacionales para casos específicos, los cuales se traen por el reclamo generalizado de la opinión pública internacional. Ninguna entidad está formalmente preparada para estudios forenses de ADN por esta razón los medios de comunicación y jefes de laboratorio lo informan de otra manera tratando de justificar esta incompetencia, por lo cuál el público se desorienta.

Los datos que provienen de la historia permiten establecer que la primera disciplina precursora de la Criminalística fue la que en la actualidad se conoce como Dactiloscopia.

Las huellas digitales son muy delicadas y si no se pone el debido cuidado a la toma de muestra, con los materiales adecuados, traería como consecuencia que este manejo inadecuado de los indicios acabe con ésta prueba tan importante, logrando con ello primeramente que no se halle al responsable del delito y en segundo lugar, que no hallemos la verdad real de determinada situación, aunque si se determine una verdad legal.

Es recomendable fortalecer los recursos humanos, técnicos y ampliar el conocimiento para la medicina legal mexicana por lo que la participación de inversión privada puede ser una opción que cada gobierno de las diferentes entidades debería idear en el afán de una impartición de justicia expedita. Se requiere una buena inversión para capacitación de los peritos, adquisición de equipos especiales en este campo y en muchos otros de la impartición de justicia en México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1.- Alberts B, Bray D, Lewis J., *Biología Molecular de la célula*. Barcelona: Ed. Omega: 1986.
- 2.- Alvarez García, A; Muñoz, I; Pestoni, C; Lareu, M; Rodríguez Calvo, M; Barros, F and Carracedo, A (1996) *Adv. In For. Haem.* 6: 255-257.
3. - Anderson, S; Bankier, A; Barrell, B; de Bruijn, M; Coulson, A; Drouin, J; Eperon, I; Nierlich, D; Roe, B; Sanger, P; Schereir, P; Smith, A; Staden, R and Young, I (1981) *Nature London* 290: 457-465.
4. - Asherson, N. (1965). *Identification by frontal sinus prints: A forensic medicine pilot survey*. H. K. Lewis, London.
5. - Baechtel, F. S.; Smerick, J. B.; Presley, K. W. and Budowle, B. (1993). *Multigenerational amplification of a reference ladder for alleles at locus D1S80*. *J. For. Sci.* 38: 1176-1182.
6. - Bever, R and Creacy, S (1995). *Proceedings from the fifth International Symposium on Human Identification*. Promega Corp, 61-68.
- 7.-Bilge, Y., Kedici, P.S., Alakoc, Y.D., Ulkuer, K.U., y Ilkyas. Y.Y., *Forensic Sci Int.* : 2003; 137,141-146.
- 8.- Boerwinkle, E.; Xiong, W.; Fourest, E. and Chan, L. (1989). *Rapid typing of tandemly repeated hypervariable loci by the PCR: application to the apolipoprotein B 3' hypervariable region*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 86: 212-216.
- 9.- Budowle, B.; Chakraborty, R.; Giusti, A. M.; Eisenberg, A. J. and Allen, R. C. (1991). *Analysis of the VNTR locus D1S80 by the PCR followed by high-resolution PAGE*. *Am. J. Hum. Genet.* 48: 137-144.
- 10.-Budowle, B.; Lindsey, J.A.; DeCou, J.A.; Koons, B.W.; Giusti, A.M. and Comey, C.T. (1994) *Validation and population studies of the loci LDLR, GYPA, HBGG, D7S8 and Gc (PM loci), and the DQa using a multiplex amplification and typing procedure*. *Journal of Forensic Sci.* (in press).
11. - Budowle, B; Baechtel, S; Comey, C; Giusti, A and Klevan, L (1995). *Electrophoresis* 16: 1559-1567.
12. - Chakraborty, R. and Jin, L. (1993). *A unified approach to study hypervariable polymorphisms: statistical considerations of determining relatedness and population distances*. *DNA fingerprinting: State of the Science*; Birkhauser Verlag Basel/Switzerland; p. 153-175.
- 13.-Chelex protocols (1990). In *Amplitype User Guide*. Cetus Corp., Emeryville, C. A.

- 14.-Clavelin, C. et Dérobert, L. (1946). Osteométrie anthropo-médico-legale. Baillie-Bailliere, París.
- 15.- Comey, C. and Budowle, B. (1991). Validation studies on the analysis of the HLA DQalpha locus using the PCR. *J. of For. Sci.* 36: 1633-1648.
- 16.- Comey, C.; Budowle, B.; Adams, D.; Baumstark, A.; Lindsey, J. and Presley, L.(1993) PCR amplification and typing of the HLA DQalpha gene in forensic samples. *J. For. Sci.* 38: 239-249.
- 17.- Corach, D. (1991) A reliable, rapid and simple method for DNA extraction from frozen sperm cells. *Fingerprint News* 3: 13.
- 18.- Corach, D., Ginther, C.L., Penacino, G.A. and King, M.C. (1992). "Characterization of DNA from badly burned human tissue" SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON DNA FINGERPRINTING.
- 19.- Corach, D., Penacino, G.A. and Sala, A.A. (1994a). Cadaveric DNA Extraction Protocol Based on Cetyl Trymethyl Amonium Bromide (CTAB). *Acta Medicinæ Legalis XLIV*: 35-36.
- 20.- Corach, D.; Penacino, G.; Guinther, Ch.; Just, J. and Sotelo, A. (1994b) Dealing With Human Remains Sampled in Disaster Areas: The Case of the Israeli Embassy Explosion Occured in Buenos Aires. *Adv. in For. Haem.* 5: 259-261.
- 21.- Corach, D.; Sala, A; Penacino, G. and Sotelo, A. (1996) Mass disasters: rapid molecular screening of human remains by means of STR typing. *Electrophoresis* 16: 1617-1623.
- 22.- Eduardo Vargas Alvarado, *Medicina Legal*, 1ª edición, Trillas, México: 1996
- 23.- Edwards, A., Civitello, A., Hammond, H.A. y Caskey, C.T. (1991). *Am. J. Hum. Genet.* 49, 746-756.
- 24.- Edwards, A.; Civitello, A.; Hammond, H. A. and Caskey, C. T. (1991). DNA typing and genetic mapping with trimeric and tetrameric tandem repeats. *Am. J. Hum. Genet.* 49: 746-756.
- 25.- Ernest W. Crow and James F. Crow (2002). «100 Years Ago: Walter Sutton and the Chromosome Theory of Heredity». *Genetics* **160**: p. 1-4.
- 26.- FBI Academy (1989). Proceedings of the International Symposium on the Forensic Aspects of DNA Analysis. Quantico, Virginia, june 19-23.
- 26.- FBI Academy (1993). Characterization of a new single locus VNTR probe for RFLP analysis: LH1 (D5S110). The second international symposium on the forensic aspects of DNA analysis. Quantico, Virginia, march 29- april 2.
- 27.- Fernández, R; Ramírez, E; Crespillo, M; Luque, J; García P and Valverde, J (1996) *Adv. In For. Haem.* 6: 275-277.

- 28.- Franchini, A. (1939), Un caso di momificazione naturale precoce. *Zacchia* 31: 419-436.
- 29.- Francisco Méndez Cervantes, *Compendio de Medicina Forense* (Méndez editores, México: 1999).
- 30.- Gaillard, F; Ludes, B; Hutt, J; Pfitzinger, H and Mangin, P (1994) *Acta Medicinæ Legalis XLIV*: 39-40.
- 31.- Galton, F. (1892). *Finger Prints*. Mac Millan, London.
- 32.- Gardner E J. *Principios de Genética*. 5ª edición. México: Ed Limusa; 1988.
- 33.- Gee, D.J. (1975). Radiology in forensic medicine. *Radiography* 41 (485): 109-114.
34. - Giles, R; Blanc, H; Cann, H and Wallace, D (1980) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 77: 6715-6719.
- 35.- Gill, P. and Werret, D. J. (1987). Exclusion of a man charged with murder by DNA fingerprinting. *Forensic Science International* 35: 145-148.
- 36.- Gill, P., Ivanov, P., Kimpton, C., Piercy, R.; Benson, N.; Tully, G and Evett, I (1994). *Nat. Genet.* 6: 130-135.
37. - Ginther, C., Issel-Tarver, L., King, M.C.: Identifying individuals by sequencing mtDNA from teeth. *En Nature Genetics* 2:135-138, 1992.
- 38.- Ginther, C.L., Penacino, G.A., Rey, J., Carnese, F.R., Salzano, M., Huts, M., Anderson, L.A., Just, J.M., Corach, D. and King, M.C. (1993). Genetic variation among the Mapuche Indians from the Patagonian region of Argentina: Mitochondrial DNA sequence variation and allele frequencies of several nuclear genes. *DNA FINGERPRINTING: STATE OF THE SCIENCE*, ed by S. D. J. Pena et al, Birkhauser Verlag, Basel/Switzerland.
- 39.- Gisbert Calabuig, *Medicina Legal y Toxicología*, 6ª edición, Masson, Barcelona: 2004
- 40.- Gisbert Calabuig, J.A. (1991). *Medicina Legal y Toxicología*, 4a. ed. Ediciones Científicas y Técnicas S. A., Barcelona.
- 41.- Giusti, A., Baird, M., Pasquale, S., Balazs, I. and Glassberg, J. (1986). Application of DNA polymorphisms to the analysis of DNA recovered from sperm. *J. For. Sci.* 31: 409-417.
- 42.- Glaister, J. (1945). *Medical Jurisprudence and Toxicology*, 8th ed. Livingstone, Edinburgh.
- 43.- Greenhalgh, M (1996) *Adv. in For. Haem.* 6: 249-251.

- 44.- González Mata, Eduardo. Dactiloscopia en Antología de Investigación Criminalística, Colección Antologías I, Instituto Nacional de Ciencias Penales. Pp. 115-118
- 45.- Hershey, A and Chase, M (1952) J. Gen Physiol. 36: 39-56.
- 46.- Henry, E.R. (1900) Classification and uses of fingerprints. Routledge, London.
47. - Hicks, J. W. (1991). Joint hearing on forensic DNA analysis. Crime Lab. Dig. 18: 97-100.
- 48.- Higuchi, R.; von Beroldingen, C. H.; Sensabaugh, G. F. and Erlich, H. A. (1988). DNA typing from single hairs. Nature 332: 543-546.
- 49.- Hochmeister, M. N.; Budowle, B.; Borer, U.; Eggman, U.; Comey, C. and Dirnhofer, R. (1991). Typing of DNA extracted from compact bone from human remains. Journal of Forensic Science 36: 1649-1661.
- 49.- Holland, M; Fisher, D; Lee, D; Bryson, C and Weedn, V (1993) DNA Fingerprinting: State of the Science Birkhauser Verlag Basel/Switzerland 267-274.
- 50.- INTERPOL - International Criminal Police Organization: Disaster Victim Identification (DVI). S/fecha.
- 51.- Jackson L G, Schimke N D. Clinical genetics a source book for physicians. Canada: Ed. Willey and Sons; 1979
- 52.- Jan Zonderman, Laboratorio de Criminalística, LIMUSA, México: 1993
- 53.- Javier Grandini González, Medicina Forense, McGraw- Hill, México: 2004.
- 54.- Jeffreys, A. J.; Wilson, V and Thein, S. (1985a). Nature 314: 67-73.
- 55.- Jeffreys, A. J.; Brookfield, J. F. Y. and Semeonoff, R. (1985b). Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. Nature 317: 818-819.
- 56.- Jeffreys, A. J.; Wilson, V; Neuman, R and Keyte, J (1988). NAR 16: 10953-10971.
- 57.- Jeffreys, A. J.; Neuman, R. and Wilson, V. (1990). Repeat unit sequence variation in minisatellites: a novel source DNA polymorphism for studying variation and mutation by single molecule analysis. Cell 60: 473-485.
- 58.- Jiménez Jerez, J. (1913). Sistema dactilosópico Oloriz. Alvarez, Madrid.
- 59.- Jonh Douglas, Mind Hunter, Pocket Books, New York: 1996
- 60.- Jung, J.; Comey, C.; Baer, D. B. and Budowle, B. (1991). Extraction strategy for obtaining DNA from bloodstains for PCR amplification and typing of the HLA-DQalpha gene. Int. J. of Legal Medicine 104: 145-148

- 61.- Kayser, M et al (1997) Evaluation of Y chromosome STRs: a multicenter study. *Int. J. of Legal Medicine* (in press).
- 62.- Kersta, L.G. (1962). Voice identification. *Nature* 196: 1253-1257.
- 63.- Keyser, C; Montagnon, D; Ludes, B; Crubezy, E; Cardon, D; Walton Rogers, P; Wouters, J and Mangin, P (1996)) *Adv. in For. Haem.* 6: 292-294.
- 64.- Kimpton, C.; Walton, A.; Gill, P. (1992). A further tetranucleotide repeat polymorphism in the vWF gene. *Hum Mol Genet* 1: 28.
65. - Kloosterman, A. D.; Budowle, B. and Daselaar, P. (1993). PCR amplification and detection of the human D1S80 VNTR locus. *Int. J. Leg. Med.* 105: 257-264.
- 66.- Klug, W.S. y Cummings, M.R., *Conceptos de Genética*, 5a ed., Prentice Hall Ibérica. Madrid.; 1999
- 67.- Lander, E. S. (1989) DNA fingerprinting on trial. *Nature* 339: 501-505.
- 68.- L. Rafael Moreno, *Los indicios biológicos del delito*, INACIPE, México: 2003
- 69.- Lee, H.C., Ladd,C.(2001). *Croat. Med. J.* 42, 225-228
- 70.- Lorente M., Lorente J.A., The perils of investigating and certifying deaths in police custody. *Am J Forensic Med Pathol.* 1992; 13: 98-100.
- 71.- Mannucci, A; Casarino, L; Bruni, G; Lomi, A and De Stefano, F (1994) *Acta Medicinæ Legalis XLIV*: 64-66.
- 72.- Mizuno, N; Senju, H; Sekiguchi, Yoshida, K; Kasai, K; Sakai, I; Sato, H and Seta, S (1995) *Proceedings from the 6th Int, Symposium on Human Identification*: 168-169.
- 73.- Mulhare, P.; McQuillen, E.; Collins, Ch.; Heintz, N. and Howard, P. (1991) an unusual case using DNA polymorphisms to determine parentage of human remains. *Am. J. For.*
- 74.- Martínez, B. *La prueba de ADN en Medicina Forense*, Ed. Mason Barcelona.:1999
- 75.- Mullis, K. B., y Falona, *Methods Enzymol*: 155,335-350
- 76.- Nakamura, Y., Leppert, M., O'Connell , P., Wolf , R., Culvert, M., Martín,C., Fujimoto, E., Of., M., Kumlim, E. y White R. *Science*; 235, 1616-1622
- 77.- Nakamura Y., Leppert N.,O'Connell P.,Wolf R., Holm T.,Culver M., Martin C., Fujimoto E., Hoff M., Kumlin E. and White R. (1987) Variable Number of Tandem Repeat (VNTR) Markers for Human Gene Mapping. *Science* 237:1616-1622.
- 78.- Nurnberg, P.; Roewer, L.; Neitzel, H.; Sperling, K.; Poperl, A.; Hundrieser, J.; Poche, H.; Epplen, C.; Zischler, H. and Epplen, J. T. (1989). DNA fingerprinting with

the oligonucleotide probe (CAC) 5/ (GTG) 5: somatic stability and germline mutations. *Hum. Genet.* 84: 75-78.

79.- Paabo, S (1990) *PCR protocols*: 159-169.

80.- Penacino, G. y Corach, D. (1993) "Identificación Post-Mortem de Individuos Mediante Tipificación de ADN: Estrategias Generales de Aplicación Forense". XXIX Reunión Anual de SAIB. Villa Carlos Paz, Córdoba, 17-21 de noviembre de 1993.

81.- Penacino, G., Sala, A. and Corach, D. (1994). "Post Mortem Molecular Identification. Biological kinship Established by DNA Analysis". *ADVANCES IN FORENSIC HAEMOGENETICS 5*. Springer- Verlag. p. 289-291.

82.- Peneau, A; Rolland, J; Tesson, C; MOisan J and Pascal, O (1994). *Acta Medicinae Legalis XLIV*: 78-80.

82.- Polymeropoulos, M.; Xiao, H.; Merrill, C (1992) Tetranucleotide repeat polymorphism at the human myelin basic protein gene (MBP) *Hum Mol Genet* 1: 658.

83.- Quiroz A., *Medicina Forense*, 8va Edición, Ed. Porrúa. México DF.; 1996

84.- Roewer, L; Nagy, M; Schmidt, P; Epplen, J and Herzog-Schroder, G (1993) *DNA fingerprinting: State of the Science*; Birkhauser Verlag Basel/Switzerland; p. 221-230.

85.- Roewer, L; Kayser, M; Dieltis, P; Nagy, M; Bakker, E and De Knijff, P (1996) *Hum. Mol. Genet.* 5: 1029-1033.

86.- Saiki, R. K. Gelfand, D.H., Stoffel, S., Scharf, S., Higuchi, R.H., Horn, G.T., Mullis, K.B. y Erlich, H.A. *Science*; 1988: 239, 487-491.

87.- Sánchez C A. *Manual de genética médica*. Madrid: ED. Científico Médica; 1980

88.- Santos, F; Epplen, J and Pena, S (1993) *DNA fingerprinting: State of the Science*; Birkhauser Verlag Basel/Switzerland; p. 261-265.

89.- Saiki, R; Bugawan, T; Horn, G; Mullis, K and Erlich, H (1986) *Nature* 324: 163-166.

90.- Saiki, R. K.; Gelfand, D. H.; Stoffel, S. and Erlich, H. A. (1988). Primer-directed enzymatic amplification of DNA with a thermostable DNA polymerase. *Science* 239: 487-491.

91.- Saiki, R. K.; Walsh, P. S.; Levenson, C. H. and Erlich, H. A. (1989). Genetic analysis of amplified DNA with immobilized sequence-specific oligonucleotide probes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 86: 6230-6234.

92.- Sajantila, A.; Ström, M.; Budowle, B.; Karhunen, P. J. and Peltonen, L. (1991). The PCR and post-mortem forensic identity testing: application of amplified D1S80 and HLA-DQalpha loci to the identification of fire victims. *For. Sci. Int.* 51: 23-24.

- 93.- Schleyer, F. (1962). Investigation of biological stains with regard to species origine. *Methods of Forensic Science*, v. 1, Interscience, New York.
- 94.- Schneider, P.M.; Fimmers, R. and Woodroffe, S. (1991). Report of a European collaboration exercise comparing DNA typing results using a single locus VNTR probe. *For. Sci. Int.* 49: 1-15.
- 95.- Schneider, H (1996) Proceedings from the 6th International Symposium on Human Identification. Promega Corp, 160.
- 96.- Seigal, R.; Sperber, N.D. and Trieglaff, B.S. (1977). Identification by computerization of dental records. *J. For. Sci.* 22 (2): 434-442.
- 97.- Sheffield, J.; Benjamin, W. and McDaniel, L. (1992) Detection of DNA in Southern blots by chemiluminescence is a sensitive and rapid technique. *Biotechniques* 12: 836-838.
- 98.- Sims, G; Montgomery, R; Myers, S and Konzak, K (1995) Proceedings from the 6th International Symposium on Human Identification. Promega Corp, 116-117.
- 99.- Smith, J. C.; Anwar, R.; Riley, J.; Jenner, D.; Markham, A. F. and Jeffreys, A. J. (1990). Highly polymorphic minisatellite sequences: allele frequencies and mutation rates for five locus specific probes in a Caucasian population. *J. For. Sci. Soc.* 30: 19-32.
- 100.- Southern E.M. (1975) Detection of specific sequences among DNA fragments separated by gel electrophoresis. *Journal of Molecular Biology* 98: 503-517.
- 101.- Teke A., *Medicina Legal*, 2ª edición, Ed. Mediterráneo. Santiago de Chile: 2001
- 102.- Watson D J; Tooze J, Kurtz D. *ADN Recombinante*. España: Ed. Labor, 1986
- 103.- Watson, J.D. y Crick, F.H.C., *Nature*; 1953: 171, 737-738.
- 104.- Wong, Z., Wilson, V., Patel, I., Povey, S. y Jeffreys, A.J., *Ann. Hum. Genet*; 1987: 51, 269-288.
- 105.- Wiegand, P.; Budowle, B.; Rand, S.; Brinkmann, B. (1993) Forensic validation of the STR system SE33 and TC11. *Int. J. Leg. Med.* 105: 315-320.
- 106.- Wolff, R.K.; Nakamura, Y.; White, R. (1988) Molecular characterization of a spontaneously generated new allele at a VNTR locus: no exchange of flanking DNA sequence. *Genomics* 3: 347-351.
- 107.- Wong, Z.; Wilson, V.; Patel, I.; Povey, S. and Jeffreys, A. J. (1987). Characterization of a panel of highly variable minisatellites cloned from human DNA. *Ann. Hum. Genet.* 51: 269-288.

108.- Wu, S.; Seino, S. and Bell, G. (1990). Human collagen type II, alpha 21 (COL2A1) gene: VNTR polymorphism detected by gene amplification. NAR 18: 3102.

109.- Wyman, A. R.; White, R. (1980). A highly polymorphic locus in human DNA. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 77: 6754-6758.