

# EL DNA EN INVESTIGACION FORENSE

DR. DENNIS A. CASTRO BOBADILLA  
DRA. AREMA DICKERMAN BRAUNICK

## I. INTRODUCCION

Los científicos de las décadas pasadas tenían que idear un grupo de tecnología para examinar el DNA, con el fin de conocer sus utilidades en las ciencias médicas, a tal grado, de llegar a explicar el por que algunas personas más o menos susceptibles, que otras para sufrir algunas enfermedades.

Hoy en día el análisis del DNA tiende a extenderse hacia otras áreas incluyendo estudio forenses, donde jueces y jurados han tenido que utilizar esta técnica para buscar un respuesta a los problemas jurídicos, ya que la aplicación de este análisis representa un herramienta poderosa para aplicar justicia de una manera rápida y justa.

Nuestro estudio consiste en dar a conocer una información completa y detallada sobre el análisis del DNA y su aplicación en la investigación forense.

## II. OBJETIVOS

A. General:

A1. Establecer las aplicaciones en investigación forense

B. Específicos

B1. Establecer algunas generalidades sobre el DNA

B2. Describir los métodos laboratoriales utilizados para el análisis del DNA.

B3. Determinar las principales fuentes de DNA.

B4. Describir los requisitos que debe tener toda muestra antes de ser sometida al análisis del DNA.

- B.5 Describir el uso del test en la aplicación de la paternidad.
- B-6 Determinar la utilidad del test en la identificación del culpable en un caso criminal.

### III. MARCO TEORICO

#### GENERALIDADES SOBRE EL DNA

##### A. Definición:

El ácido Ácido (DNA) es una sustancia orgánica encontrada en los cromosomas de los núcleos de las células, que provee el código genético el cual determina las características individuales de una persona.

##### B. Aspectos Históricos:

La demostración de que DNA contenía la información genética se hizo por primera vez en 1944 en una serie de experimentos realizados por Aver y, Macleod y McCarty, quienes mostraron que la determinación genética del carácter (tipo) de la cápsula de un neumococo específico podrá ser transmitida a otro neomococo de un tipo capsular diferente introduciendo DNA purificado de primer tipo en el segundo.

Estos autores se referían al agente (DNA) que realizaba el camino como el factor de transformación. Subsecuentemente, este tipo de manipulación genética se ha hecho común en los laboratorios de bacteriología y genética. Recientemente se han realizado experimentos similares utilizando células de mamífero cultivadas y embriones de insecto y de roedores como receptores y DNA donado como donador de la información genética.

##### C. Naturaleza Química

El Código es expresado por una secuencia de cuatro bloques llamados bases, estos son los Adenina, Timina, Guanina y Citosina. Las bases son complementarios, la adenina siempre se une con la Timina y la Guanina siempre con la Citosina.

Estas combinaciones son conocidas como bases pares.

Análogos a las letras de un alfabeto de 4 letras, éstos son repetidos millones de veces en una célula y su orden determina las características únicas de cada individuo.

Conociendo la secuencia de las bases en cualquier segmento de una cadena permite a los científicos especificar la secuencia del segmento opuesto de la cadena complementaria

##### D. Estructura:

Psicológicamente la molécula del DNA recuerda una escalera que ha sido doblada en una estructura conocida como hélix doble.

Los lados de la escalera del DNA están compuestos alternativamente por desoxirribosa azúcar, y molécula del fosfato. Las bases forman los peldaños y cada peldaño está formado por una base par.

El doble hélix puede ser separado en dos simples cadenas por calentamiento del DNA por tratamiento químico lo cual causaría que las bases pares se separarían. Cuando el DNA se enfría las cadenas restablecen su relación en alineamiento intachable debido a su naturaleza complementarla de las bases.

#### **E. Funciones:**

La información genética almacenada en la secuencia de nucleótidos del DNA sirve para dos propósitos; es la fuente de información para la síntesis de todas las moléculas proteínicas de las células y del organismo, y provee la información heredada por las células hijas.

### **METODOS LABORATORIALES PARA EL ANÁLISIS DEL DNA:**

#### **A. Marcadores del DNA**

La naturaleza complementaria de cada cadena del DNA permite a los científicos buscar secuencias individuales (características genéticas en DNA) y detectarlos de la masa que resulta cuando la sustancia es extraída de millones de células. Porciones específicas de la cadena del DNA separado son examinadas con ayuda de enzimas de restricción e indagación del DNA.

Las enzimas de restricción se pueden semejar como que si fueran tijeras biológicas que cortan al DNA en fragmentos, esta segmentación es realizada de una forma muy específica y reproducible. Cada enzima reconoce una secuencia particular del DNA y corta la molécula del DNA en los lugares donde esta secuencia se presenta.

El número y tamaño de una pieza de DNA generada por una enzima particular depende sobre dónde y cada cuánto la secuencia reproducida por la enzima ocurre en el DNA de la persona en estudio.

Investigaciones en el DNA son fragmentos cortos de una simple cadena del DNA quizás muchísimos, cientos o miles de cuerdas de largo cuya secuencia de las bases es conocida.

Estas investigaciones cuando son expuestas al DNA desconocido buscan la secuencia con la que complementan y se une a ella.

Los marcadores son hechos radiactivamente y las secuencias del DNA a las cuáles se unen pueden ser detectados, esto es logrado al utilizar una película de rayos-x sobre el cual los segmentos reconocidos por el marcador del DNA radioactivo son visualizados como una línea o como una banda.

Para diferenciar individuos, una enzima de restricción es usada para cortar los segmentos del DNA conteniendo las previamente mencionadas secuencias repetitivas. Diferencias en el largo de las piezas obtenidas son entonces explotadas. Después de clasificarlos por tamaños mas un proceso conocido como Electroforesis esos fragmentos que contienen secuencias repetitivas son identificadas a través del uso de un marcador de Jeffreys del DNA. Segmentos identificados (Bandas) de diferentes tamaños aparecen en localizaciones diferentes sobre la pieza de la película y resulta en un patrón de banda similar a la banda del código del UPC que es parecido a los utilizados en los productos de abarrotos.

Si el patrón de la banda es observado en un individuo difiere del patrón observado en otro individuo, entonces la primera ha sido diferenciado genéticamente de la segunda.

Estos patrones de bandas determinadas genéticamente sirven como base para la identificación.

Dos tipos de marcadores son utilizados para las pruebas de identificación: Uno se refiere a un marcador de Locus Unico y el otro a un marcador de multilocus.

Los marcadores de locus único detectan un segmento simple de DNA repetido localizado en el sitio específico en un cromosoma, como tal, el uso de marcadores locus único de Jeffreys resulta en un patrón de banda de DNA que contiene cuanto mucho 2 bandas, una para cada segmento del DNA reconocido de cada miembro de un par de cromosomas.

Si los segmentos reconocidos en ambos cromosomas son del mismo tamaño, solo un patrón de una banda es presente en la película. De esta manera generados por el marcador del locus único son visualizados como un código de barra de una o dos bandas.

Esta banda de uno o dos patrones de un individuo no identificado clínicamente, más el de una persona presenta el mismo patrón exacto, por que más de una persona posee la misma característica genética detectable por el marcador de Locus Único. Para obtener un patrón menos común de banda, varios marcadores de locus único son usados en el análisis. Muchos marcadores locus único son corrientemente disponibles.

Su valor para propósitos de identificación depende en cuanto variación puede ser detectada por una prueba particular en diferentes personas.

Para determinar la proporción de discriminación, en las estadísticas de población, algunos muestran que porcentaje de la población comparten un patrón de banda particular.

Debido a su sensibilidad marcadores de locus único son particularmente útiles para pruebas forenses.

Los marcadores multilocus detectan múltiples repeticiones de segmentos de DNA localizados en muchos cromosomas con un solo marcador multilocus un patrón de banda consistente de aproximadamente 20-30 bandas es obtenido.

Debido a que estos marcadores generan patrones de multibandas, la oportunidad de dos personas escogidas al azar que tengan las mismas posiciones de la banda es enormemente baja. Es más, los patrones de banda son prácticamente únicos para cada individuo.

La oportunidad de dos personas sin parentesco que tengan el mismo patrón de DNA detectado por el marcador de multilocus es extremadamente bajo (en average 1 en 30 billones).

## **B. Impresión Digital**

Los científicos han extraído y purificado el DNA de una pequeña muestra de sangre, semen o de otras células con conexión con el DNA. Es entonces cuando se separa con enzimas de restricción en secuencias específicas de DNA.

Los fragmentos obtenidos de DNA que son negativos son ubicados en el final de un medio de gel y expuestos a un campo eléctrico, lo cuál causa que se muevan a través de gel, las piezas más pequeñas de DNA se mueven más rápidamente que las largas entonces el DNA es separado en bandas por tamaño. Los dobles fragmentos son entonces desnaturalizados (separados en cadenas únicas o simples).

Para preservar los patrones de banda obtenidos, los científicos transfieren los fragmentos de DNA, los cuáles incluyen el DNA repetitivo como otra secuencia de gel a una membrana de nylon permanentemente juntos a la membrana, entonces el patrón de DNA puede ser sujeto a pruebas futuras.

Próximamente los marcadores de DNA de Jeffreys que han sido marcados con una pequeña cantidad de material radioactivo son añadidos a una solución en la cual la membrana es inmersa.

Los marcadores se unen ellos mismos a las bandas específicas invisibles de DNA repetitivos a los cuales se acoplan. Los fragmentos de DNA conteniendo esta secuencia repetitiva son los únicos fragmentos recogidos por los marcadores de Jeffreys.

Los marcadores expuestos en una película permiten a los científicos obtener una imagen de la localización del DNA repetitivo, esta imagen es llamada impresión digital del DNA o banda patrón de DNA.

La impresión digital del DNA sobre la película se unirá como un código de barra o una serie de bandas. Cada banda oscura presente en el código de barra ocurre donde el marcador de Jeffreys ha sido infaliblemente localizada y unida con su cadena de homóloga directa (secuencia repetitiva) en medio de millones de fragmentos de DNA generados por las enzimas de restricción.

## TEST FORENSE

### PROCEDIMIENTO PARA EL ENVIO DE LAS MUESTRAS:

Antes de aceptar cada caso forense es requerida una consulta con el Director del Laboratorio y/o el personal del laboratorio previo a la sumisión de la evidencia. Cuando el caso es aceptado para el test, las muestras deben ser enviadas.

Una llamada telefónica informando cuando el paquete podría arribar ayudaría para asegurar un estudio laboratorial.

Conociendo la fecha de llegada les permitiría notificar inmediatamente si existe una demora.

Las muestras serán selladas y rotuladas claramente con la fecha de colección e identificadas con el nombre y/o número.

NOTA: No aceptar muestras procedentes directamente de la escena del crimen en todos los casos forenses: la evidencia recolectada debe ser enviada primero para una examinación a un laboratorio forense para determinar el grupo sanguíneo; con las muestras de semen para acertar la presencia de células espermáticas; con muestras de pelo para verificar si tiene o no raíces y para realizar otros test estándar. El resultado de este análisis deben ser enviados junto con la evidencia.

La evidencia debe ser acompañada por una carta conteniendo la siguiente información:

1. Que test de DNA es requerido y cuales muestras son para ser comparadas.
2. Lista de muestras y sus números identificativos.
3. Condición de la muestra.
4. Raza de el sospechoso (s)
5. Una copia de los reportes de el laboratorio.
6. Nombres y números telefónicos de las personas de contacto.
7. Nombres y direcciones de las personas quienes recibirán copias de los reportes finales y la factura.
8. Datos de la corte (si los conoce).

Una vez completado el test toda evidencia retornada a el cliente por registro correo a menos que sea especificado de otra manera. Por ejemplo, cuando se extrae el DNA de una mancha, el resto de la mancha es retornada. La mancha no tiene más DNA o enzimas. La membrana que contiene el DNA, una banda de las pruebas de Jeffreys es también

retornada. Esta membrana puede ser almacenada en una envoltura plástica (para mantener la muestra húmeda) en un refrigerador por meses hasta años.

### **REPORTE DE LOS RESULTADOS DE EL TEST**

El tiempo de procesamiento normalmente toma de 4 a 12 semanas, contando desde que la muestra llega al laboratorio y dependiendo de la naturaleza específica de la evidencia en el caso.

### **REQUERIMIENTOS DE LA MUESTRA**

Siempre que el material celular es obtenido de la escena del crimen este potencialmente podría servir como una fuente de DNA. Las formas más frecuentes de evidencia forense disponibles para el test son sangre fresca, semen, raíces de pelos, y muestras postmortem, en vista de que el DNA está presente solamente en las células nucleadas en el cuerpo humano, este no puede fundamentarse en la saliva excepto cuando las células, epiteliales están presente o si el semen carece de células espermáticas.

*SANGRE:* La sangre es la muestra más comúnmente analizada, como líquido o como una mancha seca. El DNA es extraído de las células sanguíneas blanca y no está presente en las otras células sanguíneas rojas o del plasma.

Las muestras de sangre líquida, son usualmente tomadas de los sospechosos y las víctimas conocidas para ser comparadas con las muestras no conocidas de la escena del crimen.

Idealmente una muestra de 5ml de sangre podría ser, excelente. Las muestras serán recolectadas, en una lavanda (EDTA Na<sub>2</sub>) y EDTA (K<sub>3</sub>) o en tubos gris (Fluoruro Sódico) de colección sanguínea.

Usando los rojos (no preservados) o los de pico amarillo (ACD) se requieren colecciones de una gran cantidad de sangre para obtener una suficiente cantidad de DNA para el test. Los tubos que contienen Heparina Sódica (Pico verde) son los más dificultosos para trabajar y deben ser evitados.

En las manchas sanguíneas pueden ser usados los test de laboratorio, pero claramente las muestras grandes son los mejores para observar los cambios sucesivos. El factor importante es la concentración de una mancha. Por ejemplo nosotros tenemos que ser capaces para extraer suficiente DNA de una mancha de un cuarto de pulgada de diámetro pero sería infructuoso en manchas grandes como de 6 pulgadas. Además el tipo de mancha fabricada puede afectar la extracción.

Colores oscuros y materiales tratados excesivamente (por ejemplo blue jeans) tienen que ser derretidos porque complican más la extracción del proceso que colores luminosos y productos tales como (Por ejemplo algodón, nylon, manchas preseparadas son preferidas. Manchas sanguíneas hechas como estándares por un laboratorio criminal son usualmente suficientes para el análisis.

**SEMEN:** El semen es la otra sustancia comúnmente analizada y es evidenciada forense principal en crímenes sexuales. Este usualmente es recuperado en materiales manchados (por ejemplo ropas, sábanas de cama) o sobre mucosa vaginal, anal o la oral).

Las células espermáticas son las que en la actualidad, contienen DNA no el fluido seminal. Por esto antes de realizar el análisis del DNA, la recuperación de la muestra primero será analizada para determinar si contiene esperma, una vez que la presencia de esperma es confirmada, entonces el espécimen puede ser usado para el análisis del DNA.

Así como los materiales manchados de sangre el tamaño de una mancha de semen necesaria para el análisis del DNA depende de el tipo de material y la concentración de la mancha. Las manchas de semen de un tamaño de 5 a 10 microlitos puede ser sucesivamente examinada. Una o dos piezas de un modelo de las partes violadas son usualmente necesarias para realizar el test de DNA, aunque buena calidad de DNA ha sido extraído de una pequeña así como de una pieza mediada de algodón.

La experiencia laboratorial ha mostrado que las muestras de semen que han sido fijadas no tienen suficiente número de células espermáticas para el análisis. Consecuentemente las transparencias no son bien aceptadas para el análisis.

**PELOS:** Tipicamente, un pelo que, fue cortado o que se ha caído naturalmente de algunas partes como la cabeza no contiene una suficiente cantidad de DNA. Este es arrancado o sacado con toda la raíz que contiene las células que es lo más apropiado para el análisis del DNA.

Diferentes tipos de raíces de pelo (Cabeza, barba, etc) así como pelos raíces de pelo del mismo tipo de pelo. (Por ejemplo, dos raíces de pelo de la cabeza) pueden contener diferentes cantidades del DNA. Aunque laboratorios han sido capaces para obtener cantidades suficientes DNA de tan pequeña como una raíz de pelo para el análisis usando la prueba de locus-único; y las diez raíces de pelo es la cantidad requerida para producir sucesivamente un DNA.

**OTRAS MUESTRAS:** En las muestras postmortem, el análisis sucesivo, del DNA depende del estado de descomposición del cuerpo. En este caso dependiendo del tiempo desde la muerte y la temperatura a la del cuál el cuerpo ha sido depositado, las muestras sanguíneas, postmortem pueden ser usadas solamente cuando el cuerpo es lo relativamente fresco.

El bazo o médula ósea son buena fuente de DNA. Otro material útil es el músculo, particularmente del muslo o el brazo superior, el tamaño de estas muestras será, como mínimo un cm<sup>3</sup>.

En un caso donde el cuerpo está en mayor estado de descomposición la mejor muestra que podría no degradar el DNA es el hueso; en Honduras, el mejor ejemplo fue el caso de la muerte de la joven Riccy Mabel Martínez Sevilla, en donde el médico, que hizo la autopsia olvidó tomar muestras del cadáver, lo que me obligó a exhumar el cadáver en la ciudad de La Ceiba, para obtener una muestra ósea y así se pudiese realizar el estudio de DNA comparativo entre la muestra de DNA de pelos en el bloomer y el DNA de la

fallecida. Tal muestra podría ser seleccionada de un hueso esponjoso porque ellos son los ricos en DNA. (La mejor elección sería las costillas). Un hueso del tamaño de 1CM x 1 cm por 2-4 mm sería suficiente, en ese caso se cortó un hueso largo y esponjoso como el fémur, por ser abundante en médula ósea.

## **PRESERVACIÓN DE LA EVIDENCIA**

La evidencia recuperada de la escena del crimen debe ser depositada adecuadamente para evitar la degradación del DNA en general todas las muestras estarán conservadas a una temperatura baja (4° C). Si las muestras no son examinadas por varias semanas permanecerán en congelación. La temperatura ideal es 70° C repetidas congelaciones y descongelaciones estarían evitando entonces que pueda reducirse la cantidad de DNA la cual puede ser recuperada.

Antes de almacenarse las muestras, las manchas y raíces de pelo serán totalmente secados con aire a una temperatura ambiental para evitar el moho y el crecimiento de bacterias.

En el caso de Riccy Martínez (Honduras), el bloomer estuvo a la interperie y en el área putrefacta de una quebrada, lo que descompuso y deterioró las muestras de cadenas de DNA por lo que ningún estudio de DNA fue posible realizar, tanto en las muestras de pelo por insuficientes, como en las de semen que se encontraban en esa prenda, en vista del grado de descomposición en que se encontró las evidencias biológicas ya enunciadas.

Las muestras deben ser colocadas en recipientes resistentes a la humedad.

Los órganos y tejidos serán congelados sin ningún líquido adicional o preservativo.

Si la congelación de una muestra no es factible el almacenamiento a temperatura ambiental es también aceptable. Bolsas de papel es la mejor para tal almacenamiento. Las bolsas plásticas pueden atrapar humedad, siendo usadas solamente para almacenar muestras que serán congeladas, y es vital que el aire sea completamente removido y la bolsa esté sellada herméticamente para prevenir condensaciones.

Las muestras de sangre fresca se preservan colocándolas en tubos plásticos y congelados si son almacenados, por un período extenso antes de realizar el test. Confeccionar una mancha de líquido de sangre, como ocurre corrientemente en muchos casos, es otra posibilidad. La mancha será almacenada en la manera explicada anteriormente.

## **EDAD DE LA EVIDENCIA**

La extracción sucesiva de DNA y la subsecuente habilidad, para un resultado de archivo son relatados por el tamaño, edad y condición de almacenamiento de muestras. El DNA puede ser fundamentado en especímenes con meses o varios años de edad, muestras de sangre seca, con nueve años de edad han sido sucesivamente examinadas usando las pruebas de Jeffreys.

Bajo algunas circunstancias esto puede ser posible para obtener resultados de muestras de varios largos años.

La edad de la muestra por si mismo no es un buen indicador de que el análisis del DNA, no este deteriorado por ende adecuado.

La condición de dos muestras de la misma edad pueden ser drásticamente diferentes. Diversos factores ambientales a los cuales las muestras han sido expuestos. Causan éstas diferencias, la humedad en combinación con las altas temperaturas es el elemento más dañino para la integridad de la estructura del DNA, por ejemplo, el DNA es una mancha sanguínea húmeda empezaría a degradarse en dos días y en una mancha de semen empezaría degradarse dentro de una semana.

Las mismas muestras conservadas secas a bajas temperaturas permanecerían intactas por un período de tiempo muy largo.

## **TRANSPORTACIÓN DE LA EVIDENCIA**

Las muestra serán enviadas en el curso de la noche preferiblemente o llevadas personalmente a el laboratorio. El remitente es el responsable para el seguimiento de la custodia bajo el tiempo desde que la muestra es transferida al laboratorio.

Todas las muestras que son almacenadas en refrigeración estarán bajo hielo seco en contenedores preservables. Las manchas que son refrigeradas no necesitan ser enviadas en hielo seco si el paquete propiamente es enviado en bolsas plásticas herméticas. Muestras secas serán colocadas en envolturas de papel.

## **PROCEDIMIENTO PARA EL TEST**

Todas las muestras forenses son estudiadas usando pruebas de locus=único.

### **TIEMPO DEL TEST**

Prueba del Locus-único

**DOS SEMANAS:**

Preparación (DNA extraído, digestión Electrofóresis).

**DOS DIAS:**

Prueba de Hibridización

**UNA A TRES SEMANAS:**

Desarrollo

## **PRUEBA DE LOCUS MÚLTIPLE:**

En caso donde las pruebas de locus múltiple son usadas las membranas son realizadas las pruebas del locus-único, reproducida con la prueba del locus-multiple. Desarrollando varios tiempo, grandes con la cantidad de DNA presente en la membrana (Una pequeña cantidad de DNA en la membrana requiere una larga exposición).

## PROCEDIMIENTO DE LA CUSTODIA INTRALABORATORIAL

Se debe garantizar en el laboratorio los procedimientos bajo una estricta custodia sobre el recipiente donde están las muestras, el paquete es inspeccionado, si es almacenado será en un lugar como un freezer cerrado. El técnico asignado para un caso deben consignar toda información sobre el mismo.

Unas veces durante el test una muestra proviene de una sección del laboratorio a otra sección, o es transferida de un tubo a otro, el procedimiento debe ser documentado en el informe de la custodia.

### APLICACIÓN

#### A. DETERMINACIÓN DE LA PATERNIDAD

Los patrones de banda generados usando los marcadores de multilocus son únicos por cada persona como una huella digital normal (Excepto para gemelos genéticamente idénticos, para los cuales el DNA es el mismo). Información adicional relativa al origen paterno puede ser obtenida.

Esto es posible, por que aproximadamente la mitad del patrón de DNA de un niño es heredado de la madre y la otra mitad del padre.

Esta característica de patrones heredados es la base para utilizar impresión digital de DNA como una forma de determinar la paternidad a pesar de que el niño tiene características del DNA de ambos padres, el niño es aún un individuo único.

Actualmente se están utilizando los dos marcadores de multilocus de Jeffreys para prueba de paternidad.

En average éstos dos marcadores juntos pueden detectar entre 40 y 60 segmentos de DNA en un individuo dado. De ésta manera entre 40 y 60 bandas diferentes son visualizados en la película y son utilizadas como puntos de comparación.

Para establecer la paternidad, las impresiones digitales del DNA de la madre, el niño y el padre son comparados. Todas las bandas que están en el mismo lugar en los patrones de bandas en el niño y la madre son marcados. Las bandas restantes de la impresión digital del DNA del niño deben de prevenir del padre biológico.

En la interpretación de resultados el número de patrones supuestos que están presentes en el sospechoso padre es valorado. Entonces la probabilidad de otra persona teniendo el número exacto de bandas a esas posiciones de bandas es calculada.

Hay un 25% de probabilidad que dos individuos sin parentesco compartan una banda, dada las mutaciones que pueden ocurrir en la herencia de patrones generados por los marcadores de Jeffreys.

Estos resultados en una a dos (raras instancias extremas en tres) bandas no pueden se asignadas ni a la madre o al padre.

Estas bandas sin asignación pueden ser esperados en casos de paternidad verdadera. Esto es porque los marcadores de multilocus detectan segmentos a los cuales la adición supresión de DNA puede ocurrir en la transmisión del código de DNA de generación en generación.

Las estadísticas que son utilizadas conservadoramente asumen que todas las bandas sin asignación son paternas.

En algunos casos mutaciones maternas pueden ser detectadas utilizando marcadores de locus simple de Jeffreys, el cual identifica las secuencias donde ocurren las mutaciones

Estas bandas son por lo tanto eliminados por consideraciones como bandas paternas específicas la presencia de impactos de bandas asignadas en las probabilidades calculada son por ejemplo, en un caso, 14 bandas no materiales que fueron encontradas en un niño fueron encontradas en el posible padre (padre legítimo).

Las probabilidades de un hombre que posee familia que tenga todas estas bandas es de una en 268 millones.

En otro niño 14 de 15 bandas no maternas fueron encontradas en el posible padre, la probabilidad de un hombre que sea familiar que tenga 14 de estas 15 bandas es de una en 23 millones.

La alta probabilidad de un emparejamiento en último caso resulta por que hay mayor oportunidad de escoger al azar 14 de 15 en vez de 14 de 14.

Los marcadores de multilocus minimizan el efecto que las mutaciones pueden tener en los resultados finales a pesar del gran número de bandas que están presentes en los patrones. El uso de dos marcadores de multilocus reducen más a posibilidad de hacer una falsa determinación.

Cuando un hombre no es el verdadero padre de un niño la mayoría de las bandas patrones del DNA del niño no se emparejarán con las bandas paternas del DNA del padre alejado.

No pueden haber confusiones en una mutación con una falsa exclusión cuando se usa la impresión digital del DNA.

Para la aplicación de la paternidad en el caso de que dos personas que no sean familiares posean el mismo patrón de banda de DNA han sido calculados en un average de 30 millones de uno.

Dado que la población de la tierra es de 5 billones de personas (solo 2.5 billones son masculinos) es posible estar más que seguro de la determinación de la paternidad con alguna otra prueba disponible.

La impresión digital del DNA han sido utilizadas para establecer la paternidad aún en instancias en que el supuesto padre esté muerto.

En caso de que una herencia a los beneficios del Seguro Social estén entre dicho pueden ser beneficioso alcanzar la determinación de la paternidad.

Para la realización de esta prueba, las muestras adecuadamente preservadas de la autopsia pueden ser utilizadas. Si las muestras no están disponibles en ciertos casos, la impresión digital del DNA del alegado padre puede ser reconstruida utilizando muestras de otros parientes cercanos. En estos casos el grado de certeza dependerá sobre cuales parientes están disponibles.

Por ejemplo pruebas de ambos padres del alejado padre, pueden permitir a uno determinar la paternidad en prácticamente la misma certeza que sería posible si las muestras del DNA de las personas estuvieran disponibles.

Patrones de bandas generados por un marcador de locus únicos son también heredados en mendeliano (mitad de la madre, mitad del padre), como sea los marcadores de locus único no están siendo utilizados para pruebas de paternidad, como un test exclusivo, porque los patrones obtenidos no son individualmente específicos y la paternidad no puede determinada con el mismo grado de certeza que con las marcadores de multilocus.

En otros laboratorios las pruebas de paternidad utilizan los marcadores de locus único como una prueba aditiva a los tradicionales procedimientos de prueba. La probabilidad obtenida no es tan definitiva como la prueba de la impresión digital del DNA. Las mutaciones también pueden alterar los patrones de bandas detectados por un marcador de locus único.

Desde ahí hay un solo punto de comparación entre cada padre y el niño con cada marcador de locus único y las mutaciones en este punto pueden causar falsas interpretaciones en éstos resultados.

## **B. AREA FORENSE**

El conocimiento del perfil del DNA en las aplicaciones forenses es una prueba que ha sido utilizada concluyentemente en la obtención con una muestra biológica de la esencia del crimen en relación a una obtenida directamente del sospechoso. La prueba ayuda excluir a un sospechoso acusado falsamente o acusado el culpable durante la fase de investigación de un caso criminal. Cuando se usa como instrumento de ensayo refuerza la evidencia que puede ser representada en la corte. El test también puede ser utilizado para determinar la identificación de la víctima en caso donde otra forma de identificación no es posible.

En análisis el patrón de DNA en un caso criminal es una técnica comparativa. La banda patrón de DNA generada de una muestra recuperada en la escena del crimen es comparada con la banda generada de una muestra obtenida del sospechoso, como ocurrió en la muerte

del arquitecto Vargas en la zona de La Granja, en Honduras, en donde se realizó el estudio de DNA en un cuchillo que fue el arma homicida y se obtuvo dos muestras de DNA lo que ampliaba la información de que el homicida se hirió con el cuchillo al realizar las múltiples puñaladas por la espalda del malogrado arquitecto.

Dos patrones exactamente iguales significa que es virtualmente cierto que la muestra de la escena del crimen corresponde al acusado.

En aplicación forense la prueba del locus único es usada para identificar la muestra, aunque en muchos casos las pruebas de locus múltiples no es discriminativa; la prueba del locus único puede diferenciar al individuo a tal grado de excluirlo de la población mundial. Frecuentemente la cantidad de DNA de la evidencia forense es tan pequeña que la prueba del locus múltiples no puede ser usada. La prueba del locus único es cerca de 10 veces más sensible y permite a los científicos la obtención de un patrón de la banda de DNA de una muestra tan pequeña como de 20-50 nanogramos. Una mancha de sangre o de semen del tamaño de la cabeza de un alfiler o la raíz única de un cabello puede ser todo lo necesario, para realizar una identificación.

Otro beneficio mayor de la prueba del locus único de Jeffreys es su habilidad para resolver manchas mezcladas. Esta propiedad es especialmente relevante para la examinación de una muestra de semen mezclada en los casos de violación por múltiples violadores., o en los casos donde hay muestras de sangre, mezcladas en la escena del homicidio. En tales casos, la mezcla podría ser canalizada primeramente con una prueba del locus único para determinar cuantos individuos estaban involucrados.

Porque cada prueba produce un patrón de dos bandas por persona y se ha obtenido un patrón de bandas de la muestra que indica que contiene de por lo menos tres individuos. Luego se hacer un acoplamiento comparativo de las bandas patrón de los sospechosos con aquellos de la muestra mezclada que podría confirmar su participación usando una combinación de 4 pruebas de locus-única en orden secuencial o como un "cocktail", podría incrementar la exactitud de la identificación.

El estudio del DNA puede ser aplicado en varias áreas del trabajo forense, en los casos de violación el semen conteniendo esperma puede ser utilizado en la identificación positiva del sospechoso. Esto se puede hacer aunque la muestra de semen esté mezclado con sangre u otros fluidos de la víctima. En los casos de homicidios donde hay pequeños fragmentos de tejidos del asaltante, éstos pueden ser analizados para su comparación del DNA del sospechoso para identificar positivamente al culpable.

Asumiendo que estén presentes familiares de primer orden o muestras existentes conteniendo DNA, el DNA de huella digital puede ser utilizado para identificar víctimas de incendios, inundaciones accidentes, con sólo pequeñas cantidades de huesos o tejidos podría ser suficiente para obtener el patrón de las bandas del DNA.

En diferentes resultados de pruebas de paternidad, las mutaciones no afectan el resultado de las comparaciones forenses cuando se utiliza pruebas de locus único. Esto es debido a que el factor de las mutaciones sólo causan un problema cuando el material genético es

transmitido hacia debajo de un padre a su hijo y las comparaciones del DNA se están efectuando de generación en generación. La mayoría de las pruebas forenses incluye el examen de las muestras de DNA del mismo individuo y se podrá detectar mutaciones presentes.

## **CASOS DE INMIGRACIÓN**

El DNA huella digital es aplicado en casos de inmigración que incluye personas quienes buscan entrar a otro país. (Estados Unidos, Canadá, Suecia, etc.) en base a que presentan familiares de primer orden los ciudadanos de determinado país. Si esta es una razón para dudar la autenticidad de ésta demanda a los documentos provenientes del linaje del problema en relación, puede ser verificado usando las pruebas del locus-múltiple.

Paternidad o maternidad es determinado por pruebas a ambos parientes y el niño sin embargo, el parentesco también puede ser determinado en situaciones donde uno de los paternos no está disponible para la prueba.

En tales casos la banda patrón de DNA de esa persona es reconstruido por análisis de DNA de otra sangre relativa la certeza de los resultado depende de la circunstancia de cada caso (quién y cuantos miembros de la familia están disponibles).

## **D. OTROS USOS**

Existen otras aplicaciones donde la prueba de DNA huella digital puede ser muy valiosa,

Autenticidad de líneas celulares: La prueba es empleada para evitar la contaminación cruzada por otras líneas celulares, lo cual es extremadamente importante a investigadores científicos de farmacología y empresas de biotecnología.

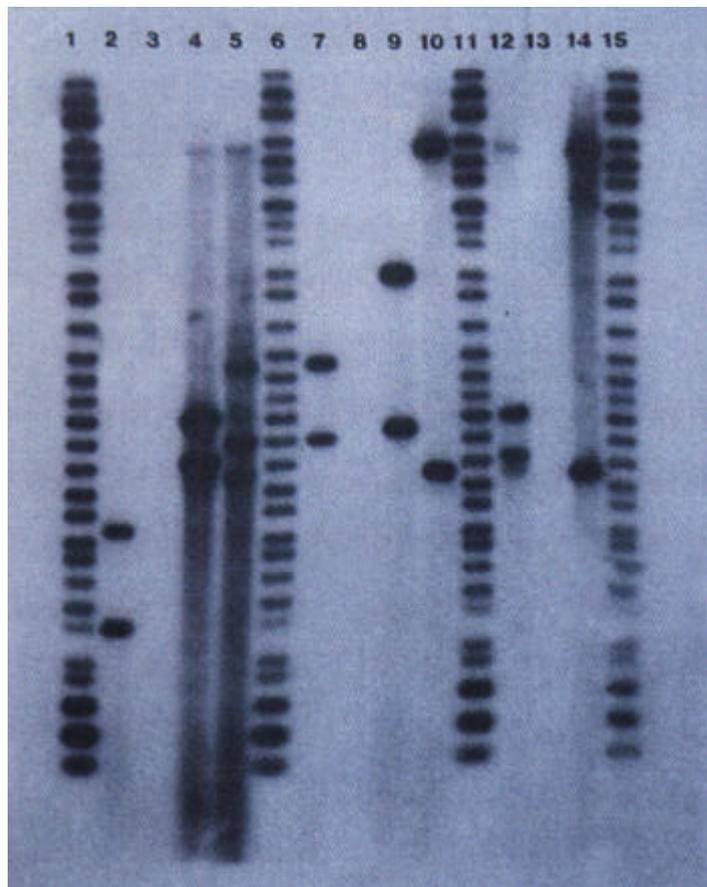
Aplicación de animales: El DNA huella digital es útil determinación de razas de perros, pescados, aves y otros animales.

## **CONCLUSIONES**

1. La impresión digital es el método laboratorial que hasta hoy ha dado los illejores resultados en la investigación forense.
2. La impresión digital es una prueba que ayuda a excluir a un sospechoso acusado falsamente ó acusar al verdadero culpable durante la fase de investigación de un caso criminal.
3. La impresión digital es una prueba muy útil en la determinación de la paternidad ya que se basa en el análisis de los patrones heredados.
4. La impresión digital puede ser utilizada para identificar víctimas de incendios inundaciones y accidentes, cuando familiares de primer orden o muestras conteniendo DNA están presentes.

5. La impresión digital puede ser utilizada para identificar al culpable en casos de violación a través del análisis de las muestras de semen.
6. La impresión digital puede ser utilizada para detectar la identidad de la víctima en caso donde otra forma de identificación no es posible.
7. El test de DNA es una prueba confiable debido a que las personas no pueden tener la misma secuencia de DNA excepto en gemelos idénticos.
8. La muestra más utilizadas para el análisis de DNA son las manchas de sangre de semen y raíces de cabello.

## Análisis de 2 condones (Orden de asalto sexual)



*El DNA demostró el caso de una violación al haberse usado dos condones. El que uso el primer condón por el uso de la fuerza en la penetración intravaginal lo rompió; en el segundo individuo el condón utilizado se encontró semen externo como interno conservando la integridad del que este utilizó. Se detuvo a los imputados y se pudo establecer el orden de la respectiva participación.*

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Application Of DNA "Finger Prints" to paternity determination. Jeffreys. A Jet al; The Lancet; March, 1988.
2. Bioquímica de Harper, Martín David Et al 10 Ed. Edit Manual. Manual Moderno México, D.F. 1986.
3. DNA "Finger Prints" come To Courth. Beverly Merz Jama. April 5, 1988.
4. DNA Finger Printing and DNA Profiling-Cellmark Diagnostics., ICI Americans Ins. 1989.
5. DNA Finger Printing and DNA Profiling. Conferencia brindada por James D. Werner en la Corte Suprema de Justicia, Tegucigalpa Honduras, Marzo 3, 1991.
6. DNA Finger Printing advanced as identification technique. Trial practice series, DNA criminal Practice Manual, Vol. 1 No. 19 September 23, 1987.
7. Forensic, Testing Facts. Cellmark-Diagnostics, 1988 By ICI Incorporated.
8. Genetic Witness Forensis Uses Of One Tests. O T A Report Brief, Julio 1990.
9. Hermatología-Medicina de Laboratorio, Male, John. Edit, Reverté. España 1985.
10. Identification of post-Tansplant Cell population By DNA Finger Análisis, Jeffreys, A. Y al the Lance. 1985.

# SEXOLOGIA FORENSE