

ISSN 2346 - 9307



kopein[®]

La justicia en manos de la ciencia

XXIII

Revista de Criminalística y Ciencias Forenses
Año X · N° 23
2022



“Skopein”, “La Justicia en Manos de la Ciencia” y logotipo inscriptos en registro de marcas, acta N° 3.323.690 (INPI)

Cod. registro SafeCreative:
Pendiente

N° de Edición

Año X, N° 23,
2022

Edición Gratuita

ISSN
2346-9307

Copyright© Revista Skopein® - e-ISSN 2346-9307
Año X, Número 23, 2022.

AVISO LEGAL

Skopein® es una revista de difusión gratuita en su formato digital, sin fines de lucro, destinada al público hispanoparlante de todas partes del mundo, ofreciéndoles a estudiantes, graduados y profesionales, un espacio para publicar sus artículos científicos y divulgativos, con su respectivo registro digital de propiedad intelectual, detallado en el siguiente apartado. Por lo tanto, la revista no se hace responsable de las opiniones y comentarios que los lectores expresen en nuestros distintos medios, ni de las opiniones y comentarios de los colaboradores que publican dentro de la misma, y en ningún caso representando nuestra opinión, ya que la misma sólo se verá reflejada dentro de las notas de la Editorial.

El equipo revisa el contenido de los artículos publicados para minimizar el plagio. No obstante, los recursos que manejamos son limitados, por lo que pueden existir fallas en el proceso de búsqueda. Si reconoce citas no señaladas de la manera debida comuníquese con nosotros desde la sección de contacto, o envíenos un e-mail a info@skopein.org

Registro de propiedad Intelectual

Tanto el proyecto, como el sitio donde se hospeda, logo e imágenes y todos los artículos, notas y columnas de opinión que publica cada número de la revista, están protegidos por el Registro de Propiedad Intelectual de SafeCreative y CreativeCommons bajo las licencias Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported a nivel Internacional, y la licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 2.5 en Argentina.

Todos los artículos poseen sus propios códigos de registro con dichas licencias, por lo tanto, el usuario común tiene permiso de copiar y distribuir el contenido de los mismos siempre y cuando realice el debido reconocimiento explícito de la autoría y no realice modificaciones en obras derivadas, ni lo utilice para hacer uso comercial.





Para publicar en Skopein, realizar
consultas y sugerencias:

info@skopein.org



CRIOSCOPIA

Formada por las raíces griegas *kryos*, que significa “frío”, y *Skopein*, que significa “mirar, observar o examinar”.

Determinación del punto de congelación de un líquido en el que se halla disuelta una sustancia, para conocer el grado de concentración de la solución

DIRECTORES

Diego A. Alvarez
Carlos M. Diribarne

COORDINADORA DE CONTENIDO

Magalí B. Soldatti Suarez

AUTORES EN ESTE NÚMERO

Enzo N. Angerami
Pedro Feito Hernández
Leticia Povilauskas
Sabrina Antonela Asamé
Mario C. Medrano Montoya
Rocío Granado

DISEÑO DEL SITIO

Diego A. Alvarez

DISEÑO Y EDICIÓN DE REVISTA

Carlos M. Diribarne

DISEÑO DE LOGO

Diego A. Alvarez

POSICIONAMIENTO Y DIFUSIÓN

Diego A. Alvarez
Magalí B. Soldatti Suarez

Nota Editorial

Manteniendo la promesa desde los inicios de *Skopein* de cumplir con su objetivo de "promover y difundir investigaciones científicas sobre criminalística y ciencias forenses a nivel internacional", en este número contamos con autores de diferentes nacionalidades (Argentina, España y Perú), representando diversas disciplinas. Entre ellos, volvemos a tener el agrado de publicar nuevos aportes de grandes especialistas en sus respectivas áreas que nuevamente eligen a nuestra revista como espacio de difusión y publicación, como ser Leticia Povilauskas sobre palinología forense, y una investigación sobre escrituras manuscritas por parte de Pedro Feito Hernández.

Asimismo, contamos con autores que aportan nuevos conocimientos a las áreas de balística (armas de fabricación casera), química forense (trazabilidad molecular del cannabis), derecho penal (prueba testimonial) y psicología forense (análisis de un caso de abuso sexual infantil).

Nuevas actividades

Por otro lado, y aprovechando la liberación de restricciones post-pandemia, hemos iniciado nuevas actividades por fuera de la virtualidad. Fue lanzado el ciclo "Criminis Causae Café" tanto de manera presencial como virtual, como un nuevo proyecto interno de la revista. En ella, fueron invitados tanto autores que han publicado sus artículos en la revista, tendientes a profundizar la temática abordada y brindando el espacio a los lectores a interactuar con ellos, como profesionales de diversas áreas que siguen el lineamiento de nuestro objetivo de promover y difundir las ciencias forenses de manera libre y gratuita. Hasta el momento, han participado los disertantes Sergio Sanucci, abordando la temática "aspectos legales del peritaje"; Daniela Asato, conversando sobre "la investigación judicial en casos de violencia de género"; Leticia Povilauskas, brindando "la palinología forense en Argentina"; y Rocío Granado, analizando un caso de abuso sexual infantil. Próximamente, estaremos anunciando a través de nuestras redes sociales nuevas disertaciones de "Criminis Causae Café", pero esta vez, serán llevadas a cabo a través de la plataforma de Twitch.

Participaciones en otros medios

En el mes de abril, tuvimos el honor de participar en el programa "Escena del Crimen", conducido por Federico Rindlisbacher y emitido por Canal 22. Conversamos acerca del origen y evolución de la revista, sobre las temáticas publicadas, y adelantamos proyectos futuros. Aprovechamos este espacio para agradecer enormemente a Federico y a su producción por invitarnos a participar.

Finalmente, agradeciendo tanto a autores y disertantes por sus aportes al presente número, y a todos nuestros lectores por seguirnos desde hace ya 9 años, nos despedimos esperando que este número sea de su interés.

El equipo editorial



Contenido 2022



Armas de Fabricación Casera
Estandarización de Conceptos y
Clasificación Legal Aplicable
Por: Enzo N. Angerami.

Pág.
6



**La Coetaneidad entre Muestras
Dubitadas e Indubitadas de
Escrituras Manuscritas**
Por: Pedro Feito Hernández.

Pág.
14



**Palinología Forense: Identificación
de Polen en Cultivos y la Escena
del Crimen**
Por: Leticia Povilauskas.

Pág.
26



**Trazabilidad Molecular
de Cannabis**
Por: Sabrina Antonela Asamé.

Pág.
34



**¿Cuáles son las
Consideraciones
de la Prueba Testimonial?**
Por: Mario Cesar Medrano Montoya.

Pág.
42



**Estudio de Caso: Abuso Sexual
Infantil ¿Ficción o Realidad?**
Por: Rocío Granado.

Pág.
48

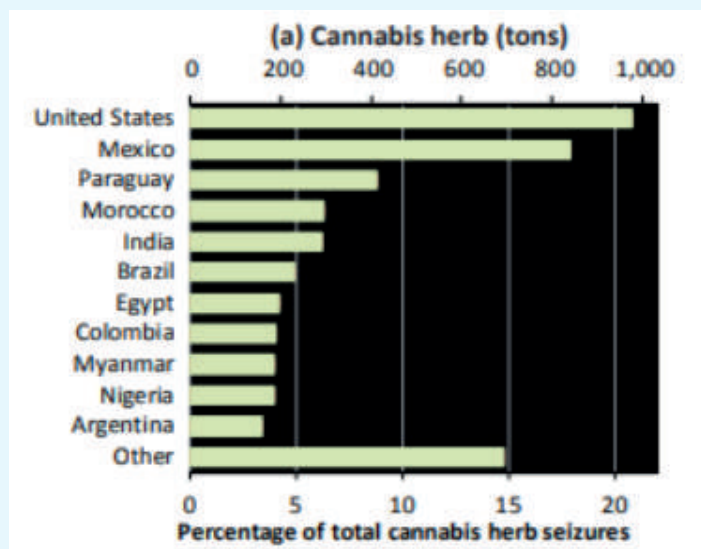


Fig. N° 2: Cantidades de Cannabis incautadas por país, 2016.
Fuente: <https://www.unodc.org/wdr2018/en/drug-markets.html>

marcadores genéticos?, aquí parte la investigación mediante las diferentes fuentes bibliográficas y estudios realizados que de forma comparativa podrían brindarnos algunas conclusiones del tráfico ilícito como los productos del Cannabis Sativa o conocida bajo los diferentes sinónimos: marihuana, hierba, hachís, cáñamo, etc.

CANNABIS SATIVA Y TAXONOMIA

Es un psicoactivo o psicotrópico obtenido de la planta del cáñamo —o Cannabis sativa— utilizado con fines recreativos, religiosos y medicinales Narciso León Soria (2017).

Desde los estudios iniciados por Carlos Linneo (1735) en taxonomía botánica, menciona que el Cannabis es una especie del reino vegetal, del orden de los rosales o urticales, perteneciente a la familia Cannabácea (a veces denominada Cannabinaceae). Por lo general, el cannabis se denomina mono específico, es decir, que tiene una única especie, en éste caso es el Cannabis Sativa L. y tres sub-especies: Cannabis Sativa Sativa, Cannabis Sativa Indica y Cannabis Sativa Ruderalis.

Debido a su facilidad de hibridación¹ ya sea de forma espontánea por su morfología o inducida por el hombre con el tiempo han surgido otras sub-especies entre ellas: C. Sativa Subsp. Spontanea, C. Sativa Subsp. Kafiristanca.

De éste modo hoy se distinguen genéticamente más de 50 variedades de cultivos, sin embargo las características químicas y morfológicas que se han tenido en cuenta para la clasificación de

sub-especies no son fácilmente apreciables principalmente por la gran capacidad de aclimatación que tienen, variando continuamente.

QUÍMICA Y EFECTOS

El cannabis en su estado fresco contiene ácido tetrahidrocannabinólico, el cual luego se convierte en THC. El compuesto químico psicoactivo predominante en el cannabis es el tetrahidrocannabinol (THC). El cannabis contiene más de 500 compuestos químicos diferentes, entre ellos al menos 113 cannabinoides aparte del THC, tales como el cannabidiol (CBD), el cannabinol (CBN) o la tetrahidrocannabivarina (THCV), que tienen efectos distintos a los del THC, y también actúan en el sistema nervioso.

El cannabis es el único género vegetal capaz de producir cannabinoides, capaces de activar los receptores cannabinoides del cuerpo humano. Éstos se agrupan en dos tipos: CB1 y CB2. Los primeros se encuentran distribuidos en el sistema nervioso central (SNC) y son causantes de la euforia y de los efectos anticonvulsivos del cannabis, pero están ausentes en lo que es el tallo cerebral encargado de las funciones cardiovasculares y respiratorias, por lo que inhibe la actividad cardiorrespiratoria contrario de otras drogas.

Los CB2 se encuentran en el sistema inmunitario y son los responsables de la acción antiinflamatoria.

Varios fueron los estudios llevados a cabo con ésta droga identificando diferentes efectos en el organismo ya sea de forma temporal o crónica, que generalmente se acentúan cuando son acompañados por otras drogas o alcohol. Comisión Clínica de la Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas (2006) Cannabis. Obsérvese el siguiente cuadro: (Ver Cuadro 1)

FARMACOCINETICA

Absorción

La cantidad de THC que se absorbe y la velocidad de la absorción dependerán de la vía de administración utilizada. Generalmente el cannabis se fuma (vía intrapulmonar) y es la vía de consumo más eficiente. El THC se detecta en sangre inmediatamente al primer calada (1-2 minutos) y las concentraciones máximas se alcanzan entre los 3 y 10 minutos. Observándose los efectos entre segundos y

¹ Hibridación: es la acción de fecundar dos individuos de distinta constitución genética, es decir, cruzar dos variedades o especies diferentes para conseguir reproducir en la descendencia, alguno de los caracteres parentales.

SISTEMA Efectos	Consecuencias clínicas
Sistema Nervioso Central (SNC)	
Psicológicos	Euforia, bienestar, relajación, ansiedad, risa fácil, locuacidad, síntomas paranoides, pánico
Cognitivos	Alteración de la memoria a corto plazo, dificultad en la concentración. Peor rendimiento en los estudios, mayor conflictividad.
Sobre el rendimiento psicomotor	Empeoramiento del tiempo de reacción y atención.
Sobre la función motora	Relajante muscular. Incremento de la actividad motora seguido de inercia e incoordinación motora, ataxia, disartria, temblores, debilidad y espasmos musculares.
Sobre la conducción de vehículos	Empeoramiento conducción y manejo de maquinaria. Mayor riesgo de accidentes.
Sedativos	Depresor generalizado del SNC. Somnolencia.
Sobre la conducta alimentaria	Aumento del apetito. Antiemético.
Sobre la sensibilidad	Disminución del dolor, aumento de la sensibilidad térmica.
Sobre la percepción sensorial	Aumento de la percepción visual, auditiva, táctil. Distorsión del espacio y del tiempo. Alucinaciones.
Cardiovascular	Aumento de la frecuencia cardíaca. Aumento de la presión arterial. Aumento del gasto cardíaco.
Respiratorio	Exposición al humo y sustancias cancerígenas del tabaco.
Ocular	Enrojecimiento conjuntival. Reducción presión intraocular.
Digestivo	Sequedad de boca. Antiemético.
Inmunológico	Alteración de la inmunidad celular.
Endocrino y reproductor	Disminución de las hormonas sexuales. Aumento de la prolactina (galactorrea). Aumento de riesgos obstétricos y de tumor de testículo.
Embarazo y lactancia	Mayor riesgo de bajo peso al nacer. Paso de cannabinoides a la leche.

Cuadro N°1. Efectos del Cannabis Fuente:

pnsd.sanidad.gob.es/profesionales/publicaciones/catalogo/catalogoPNSD/publicaciones/pdf/CannabisII.pdf

minutos tras haber consumido, persistiendo entre 2-3 horas, dependerá de la cantidad consumida y la concentración de THC que contenga el cigarrillo en éste caso.

Por otro lado si el cannabis se administra vía oral (aceites, comida, infusiones) la absorción es lenta ya que es destruido parcialmente por el jugo gástrico además de la metabolización hepática.

Mediante estudios clínicos se ha comprobado que la biodisponibilidad del cannabis en comparación a la vía respiratoria u oral, por intravenosa toda la dosis administrada llega a la sangre y es 5 o 10 veces más potente que las anteriores.

Distribución

Una vez que el cannabis ingresa al organismo, se distribuye rápidamente al plasma al sanguíneo, localizándose luego en los diferentes compartimentos del organismo. Los cannabinoides son muy liposolubles y por ello se unen y concentran en la grasa corporal lo que provoca una prolongación de sus efectos. Otros depósitos de relevancia son el pulmón y el hígado.

Metabolismo

El hígado es el principal órgano que se llevan a cabo transformaciones metabólicas debido a la gran presencia de enzimas, sin embargo el THC también se metaboliza en el SNC y la mucosa del intestino delgado.

El THC comienza un proceso de hidroxilación², transformándose en diferentes metabolitos que son detectados al momento de un análisis de sangre. Al oxidarse la droga aumentan la solubilidad en el agua de la misma, generando compuestos que son fáciles de eliminar del cuerpo sin embargo los químicos restantes son sometidos a otro proceso de reacciones químicas en el organismo donde se unen a otra molécula de mayor tamaño y excretable, catalizada por otra clase de enzimas como las transferasas haciéndolos más solubles para ser totalmente eliminados.

Eliminación

La vida media de eliminación del THC, es decir el tiempo que tarda en reducirse a la mitad de la concentración en sangre, es de 25-36Hs. El gran porcentaje aproximadamente un 80% a través de las heces y el restante mediante la orina.

Las pruebas que se llevan a cabo para

² Hidroxilación: Consiste en la formación de un nuevo enlace C-O por medio de la incorporación de un grupo hidroxilo (OH) en un sustrato adecuado.

determinar el consumo de THC se basan en la detección de su metabolito (THC-COOH). Éste metabolito puede detectarse en orina pasada una semana de su consumo, en caso de un consumidor crónico la orina puede resultar positiva hasta más de un mes.

La extensión de la semivida de eliminación en ambos casos anteriores dependen de dos factores: por un lado, la existencia de circulación entero-hepática que facilita el reingreso de los cannabinoides al organismo y explica la elevada excreción fecal detectada, y por otro lado la acumulación de éstos en tejidos grasos debido a su gran liposolubilidad.

Otro canal de eliminación en pequeñas concentraciones de los metabolitos es a través de la saliva, el sudor y el cabello Clínica de la Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas (2006).

BOTÁNICA FORENSE

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se trata de la sustancia ilícita más utilizada en el mundo. La regulación legal del cannabis es diferente en cada país, actualmente el marco legal argentino sugiere inequívocamente que la tenencia es para uso personal y recientemente el Estado garantizó el acceso al aceite de cannabis con fines terapéuticos.

Pero la producción, el comercio, el transporte, la tenencia de elementos destinados a su producción y la apología del delito se encuentran penados, aunque el cultivo de cantidades escasas para consumo personal se encuentra atenuado.

Debido a esto el tráfico ilícito de la sustancia ha aumentado progresivamente y una de las ramas que ha sido de apoyo para éste tipo de investigaciones es la Botánica Forense, siendo aplicada en el ámbito criminalístico, sus técnicas moleculares han permitido dar otro tipo de enfoque en la resolución de delitos como encontrar el origen de una partida de drogas ilícitas identificando un perfil genético pudiendo de ésta manera vincular al usuario, el distribuidor y al productor.

El análisis molecular de las pruebas botánicas es una herramienta que se utiliza para identificar las especies de plantas que están relacionadas

con un área geográfica particular a través de la identificación de marcadores genéticos.

Existen dos clases de marcadores genéticos: los morfológicos y los moleculares (Tanksley 1983). En primer orden, la caracterización e identificación tradicional de variedades se ha basado en el empleo de caracteres morfológicos y/o agronómicos (Rallo et al. 2002). No obstante, el uso de marcadores morfológicos en las plantas tiene muchas limitantes, pues su expresión puede estar sujeta a factores ambientales o fenológicos. Con frecuencia estos marcadores solo es posible evaluarlos a nivel de toda la planta y cuando esta llega a su estado adulto.

En cambio los marcadores moleculares son fenotípicamente neutros, presentan mayor segregación o polimorfismo⁴ que los morfológicos, pueden ser evaluados desde los primeros estados de desarrollo de las plántulas, son aplicables a cualquier tipo de material vegetal, son independientes de la época del año en que se realiza el análisis, permiten la identificación correcta de la variedad sin necesidad de muchos caracteres (Tanksley 1983; Powell 1992; Phillips et al. 1995; Rallo et al. 2002). Dentro de los marcadores moleculares se menciona la existencia de dos tipos: las proteínas (principalmente las isoenzimas) y los marcadores de ADN.

Las isoenzimas, o aloenzimas, son las proteínas más ampliamente usadas como marcadores moleculares y éstas fueron los primeros usados en genética de plantas (Tanksley et al. 1981). Las isoenzimas son variantes de una misma enzima (son formas funcionalmente similares de enzimas), que comparten un sustrato en común pero difieren en su movilidad electroforética⁵.

Los marcadores del ADN se basan fundamentalmente en el análisis de las diferencias en pequeñas secuencias del ADN entre organismos. Las técnicas empleadas para ello son muy diversas y dan el nombre a los distintos tipos de marcadores, los cuales pueden ser de carácter dominante o codominante (Karp et al. 1998). Algunos ejemplos de ellos son: Polimorfismo de la longitud de los fragmentos de restricción (RFLP), Amplificación aleatoria del ADN polimórfico (RAPD), Polimorfismo en la longitud de los fragmentos amplificados (AFLP),

³ Marcadores Moleculares o Genéticos: Secuencia de ADN variable que presenta más de un alelo en la población, que permite diferenciar individuos entre sí.

⁴ Polimorfismo: Implica una de dos o más variantes de una secuencia particular de ADN.

⁵ Movilidad Electroforética: La electroforesis es un proceso en el que un gradiente de potencial produce el transporte de las partículas cargadas. En el transporte electroforético, a la fuerza del campo se opone la resistencia viscosa del medio, lo que produce, cuando se igualan, una velocidad constante de las partículas.

Microsatélites o Secuencias Cortas en Tandem (Short Tandem Repeat), Amplificación aleatoria del polimorfismo de microsatélites (RAMPO) etc. (Rallo et al. 2002)

Los microsatélites son pequeños fragmentos de ADN que varían ligeramente en tamaño entre unos individuos y otros. Esta variabilidad hace que no haya dos individuos que tengan la misma combinación de tamaño de microsatélites (excepto en el caso de los gemelos o clones).

Ésta característica ha sido empleada en el campo de la ciencia forense para, mediante el análisis de un número de microsatélites suficiente, establecer el denominado “perfil genético” que resulta único para cada persona (Ver Figura N° 3).

De la misma forma que esta técnica puede emplearse para identificar un individuo, puede utilizarse para identificar a qué variedad pertenecen una planta o un fragmento de una planta.

Sin embargo establecer un perfil genético a veces no es suficiente ya que podemos encontrarnos con clones, es muy común que los productores vendan esquejes de sus plantas. Por lo tanto obtener dos perfiles genéticos idénticos no significa que la planta haya provenido de un mismo sitio y mucho menos del mismo productor. Es por eso que debe armarse un mapeo de las muestras y realizar el estudio en su conjunto y no como un caso aislado.

Para llevar a cabo éstas experiencias se ha sido indispensable el uso de la tecnología como es la cuantificación mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) que permite

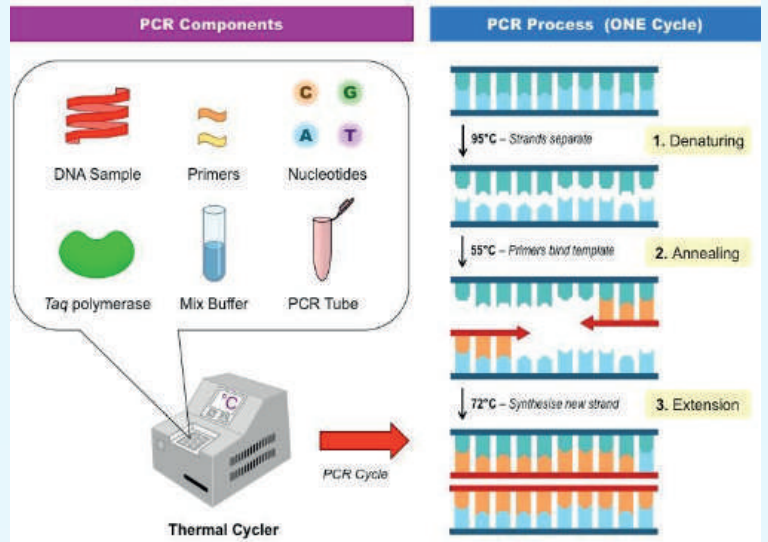


Fig. N° 4. Pasos para el análisis de ADN y determinar un perfil genético. Fuente: <https://overallscience.com/components-of-polymerase-chain-reaction/>

amplificar secuencias de ADN repetidamente durante un número de elevada veces (ciclos) utilizando cebadores comúnmente llamados “primers”⁶ que seleccionan la parte del genoma que será amplificado. La muestra es expuesta a temperaturas altas y bajas para que la enzima polimerasa de replicación pueda duplicar la secuencia del ADN que está siendo copiada. De ésta manera se pueden obtener miles de copias de ADN, obteniendo resultados concluyentes aún con poca muestra del material (Ver figura N°4).

En el análisis post PCR debe tenerse en cuenta que los alelos⁷ de STRs se diferencian por el número de veces que se repite una secuencia, por ende el tamaño o longitud va a ser diferente de un alelo a otro.

Para observar éstas diferencias se lleva a cabo la electroforesis es una técnica utilizada para separar moléculas realizada de dos formas: A) sobre un soporte (gel) por acción de un campo eléctrico en base a la carga y tamaño; las más pequeñas corren con más rapidez mientras que las más grandes se van retrasando. A su vez se someten a electroforesis muestras con fragmentos de tamaños conocidos, o una mezcla de los diferentes alelos posibles para los STRs que se están analizando, conocidos como escalera alélica o ladder⁸, simplificando definir los alelos/genotipos y posteriormente un perfil genético. Ésta última ha sido reemplazada en ocasiones por la B) electroforesis capilar. La misma consiste en la migración diferencial de éstas moléculas sujetas a un campo eléctrico a través de un capilar que en su interior está



Fig. N° 3: Pasos para el análisis de ADN y determinar un perfil genético. Fuente: <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/articulos/index/ aportes-del-laboratorio-de-analisis-de-adn-a-la-comunidad-de-mendoza talogoPNSD/publicaciones/pdf/CannabisII.pdf>

⁶ Primers: Pequeñas secuencias de nucleótidos usadas en la PCR para delimitar la región que se quiere amplificar.

⁷ Alelos: Fragmento de ADN.

⁸ Escalera Alélica o Ladder: Fragmentos de ADN que contienen todos o la mayoría de alelos de uno o de varios de STR de un sistema génico.

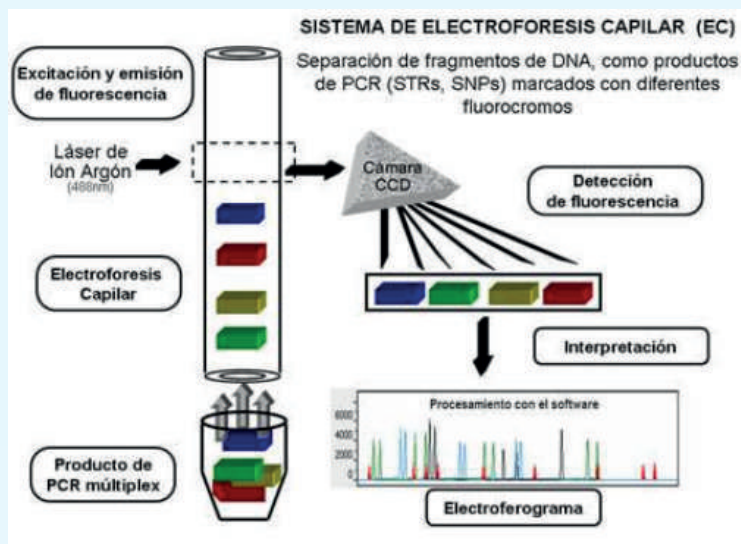


Fig. N° 5: Sistema de Electroforesis Capilar

www.universidad-policial.edu.ar/pdf/iyd/iyd_RevistaMinervaA4-vol1.pdf formado por grupos silanol (Si-O) que al ser desprotonados elevan el potencial de hidrógeno favoreciendo la presencia de analitos.

De ésta manera los cationes fluyen hacia la terminal negativa mientras que los aniones hacia la positiva, a su vez la inducción del campo eléctrico permite por una lado que la separación sea más sensible y por otro que el tiempo de análisis sea más corto.

Cuando la muestra es ADN, los fragmentos están unidos a marcas fluorescentes que son detectadas con un láser de argón (Ar) que los excita a diferentes longitudes de onda y por la aplicación del campo eléctrico migran hacia los polos, pero los de menor peso viajan más rápido a través del capilar, mientras que los de mayor lo hacen más lentamente (Jonathan J. Magaña et al. 2009).

El monitoreo se lleva a cabo en columna mediante la aplicación de un detector que suministrará los datos controlados por un ordenador plasmados luego en un electroferograma⁹ (Ver figura N°5).

Otra técnica utilizada actualmente es la secuencia masiva en paralelo (MPS) se caracteriza por fragmentar el ADN, amplificarlos mediante PCR y secuenciarlos todos a la vez. Tienen alto poder discriminatorio entre mezclas, es sensible ante muestras degradadas y tiene un bajo costo ya que secuencia en forma masiva. Monzó (et. al 2017)

ANÁLISIS E INVESTIGACIONES

Como hemos mencionado anteriormente los STR son utilizados para la identificación de

⁹ Electroferograma: Gráfica cuyos picos representan fragmentos de ADN amplificados (STRs) marcados con fluorocromos y como fueron migrando a través del capilar determinando su tamaño y la fluorescencia que emiten.

¹⁰ SWGDAM: Grupo de trabajo científico sobre métodos de análisis de ADN.

genética humana. Éstos marcadores se definen como secuencias de ADN (de dos a siete bases) que se repiten en tándem (por ejemplo, GAT-GAT-GAT) de manera única en los individuos, ésta singularidad que ocurren en una parte del genoma permiten establecer el perfil genético. Además de la capacidad de poder amplificarlos simultáneamente, los STRs poseen un alto poder de discriminación con respecto a otros.

Por ello los investigadores se han centrado en el desarrollo de paneles de STR para la identificación de plantas de cannabis.

En el 2003 se identificaron varios marcadores STRs de cannabis. Se diseñaron 15 STR: seis con repeticiones de dos bases (ANUCS201, ANUCS202, ANUCS203, ANUCS204, ANUCS205, ANUCS206), ocho con repetición de tres bases (ANUCS301, ANUCS302, ANUCS303, ANUCS304, ANUCS305, ANUCS306, ANUCS307, ANUCS308) y uno con repetición de cinco bases (ANUCS501). Ésta investigación determinó que se amplificaban de manera positiva y eran extremadamente variables (Gilmore y Peakall, 2003). En ese mismo año, se identificaron 11 STRs adicionales: tres con repeticiones de dos bases (C08-CANN2, H11-CANN1, H09-CANN1, H09-CANN2), y ocho con repeticiones de tres bases (C22-CANN1, B01-CANN1, D02-CANN2, B02-CANN2, E07-CANN1, B05-CANN1, D02-CANN1, H06-CANN2). Se descubrió que los 11 STRs eran útiles para evaluar la relación genética del material incautado (Alghanim y Almirall, 2003).

Posteriormente se realizaron diferentes investigaciones centradas en éstos marcadores que puedan ser aplicables al ámbito forense. En uno de éstos estudios, se evaluó cinco marcadores (ANUCS201, ANUCS202, ANUCS302, ANUCS303) de los 15 originales y se demostró que eran extremadamente variables, pudiendo determinar el origen geográfico y clasificar las muestras de cannabis como droga o fibra (Gilmore et al., 2003).

Seguidamente, se desarrolló un sistema STR múltiple con diez STR para la identificación genética de cannabis.

Los diez STRs se amplificaron en cuatro sistemas múltiples por separado, y fue la primera vez que se realizó una validación del método bajo las pautas SWGDAM (Scientist Working Groupon DNA Analysis Methods)¹⁰. Si bien

tuvieron que realizarse modificaciones ya que era aplicado a plantas y no al ADN humano, puesto que ciertos valores eran inciertos. Sin embargo fue sustento para los futuros laboratorios que fueron experimentando con cannabis.

Puesto que además de la consistencia de trabajar con éstos marcadores y específicamente con muestras obtenidas de la raíz y tallo se recomendó el uso de hojas frescas o secadas al aire como fuente de ADN obteniendo mejores resultados. También demostró que a diferencia de los humanos el cannabis puede propagarse clonalmente, obteniendo genotipos idénticos entre plantas de origen clonal (Howard et al., 2008).

Por consiguiente un nuevo sistema múltiple con seis marcadores (ANUCS303, ANUCS305, E07-CANN1, D02-CANN1, H06CANN2) amplificados con la misma técnica mencionada. El sistema pudo individualizar 98 muestras y detectar una mezcla a pesar que la probabilidad estimada era de una en 9000 muestras de cannabis. Debido a la similitud de la marihuana y cáñamo no fue posible distinguir sus genotipos mediante éste sistema y menos aún agruparlos de acuerdo a su origen. Pero el sistema demostró la capacidad de individualizar muestras de cannabis y ser utilizada como herramienta forense (Mendoza et al., 2009).

El avance de los diferentes estudios conlleva a la importancia de

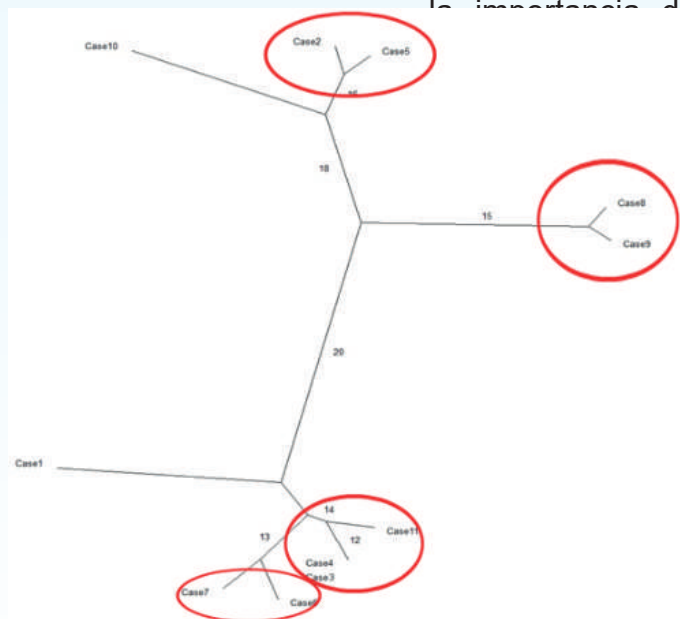


Fig. N° 6: Asociación genética de cuatro pares de casos de Incautaciones.
Fuente: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00414-015-1296-x>

la recolección de la muestra, la preservación de ésta permitirá óptimos resultados en la extracción del ADN. En Estados Unidos se crearon tarjetas de recolección de ADN en campo para iniciar una base de datos de muestras de marihuana en el estado, utilizando el marcador CS1. Se usaron diferentes muestras: frescas estableciendo perfiles completos, secas con perfiles incompletos y el hachís sin perfil alguno, observándose la tipificación del ADN de acuerdo a la muestra utilizada y la eficacia de la tarjeta de recolección para muestras frescas, permitiendo utilizar los resultados para una base de datos de marihuana (Allgeier et al., 2011).

En el año 2012 se realizó y validó un sistema múltiple STR de 15 marcadores, la especificidad de éste sistema permitió establecer perfiles genéticos idénticos que provenían de un mismo caso es decir incautadas en el mismo sitio, por lo que sugiere que son plantas propagadas clonalmente, una técnica habitual, donde se obtienen esquejes con alto contenido de THC de la planta madre (Köhnemann et al., 2012).

Entre los últimos recientes en el 2016 se evaluó y validó un sistema múltiple de 13 STR siguiendo las pautas de la International Society for Forensic Genetics (ISFG)¹¹ y la SWGDAM. Se desarrolló un método de cuantificación de ADN para cannabis sativa y se diseñó un kit¹² para aplicar a 199 muestras que provenían de incautaciones. Se encontraron cuatro genotipos duplicados dentro de las convulsiones. Ninguno de los 13 marcadores de STR reaccionó de forma cruzada con ninguna de las especies estudiadas, excepto *Humulus lupulus* (lúpulo) que generó picos inespecíficos. El análisis filogenético y la comparación revelaron la asociación genética de cuatro grupos de casos (Ver Figura N°6). Los resultados de esta investigación demuestran la aplicabilidad de este sistema STR de 13 locus¹³ para asociar casos de cannabis. Sin embargo el estudio se limitó a realizarlo dentro de un tipo de variedad de cannabis, que les permitió individualizar y vincular casos así como observar la eficacia de la técnica molecular aplicada.

¹¹ ISFG: Sociedad Internacional de Genética Forense

¹² Kit: Conjunto de marcadores genéticos (STRs) que pueden ser analizados simultáneamente por PCR o electroforesis capilar

¹³ Locus: Es el lugar específico del cromosoma donde está localizada un gen u otra secuencia de ADN, como su dirección genética.

CONCLUSIÓN

Se ha descrito brevemente diversos antecedentes que utilizaron un método de cuantificación aplicable a la trazabilidad de cannabis obteniéndose resultados que permite en algunos casos la asociación de diferentes incautaciones realizadas en el lugar del hecho.

Aun cuando muchos países han legalizado el consumo de cannabis, aquellos que no lo han hecho como en la Argentina, es posible considerar el uso de esta técnica para relacionar hechos de tráfico ilícito a pesar de la propagación clonal que limita el seguimiento de origen de la planta al no contar con una base de datos. Sin embargo, puede establecerse vínculos de la fuente a distribuidores clonales.

También recientes investigaciones se realizaron señalando estos inconvenientes y optimizaron un sistema para la identificación de cannabis para la vinculación de casos como se mencionó anteriormente.

Estas investigaciones demuestran el mejoramiento en las técnicas con el avance del tiempo, evidenciando óptimos resultados y desventajas a tener en cuenta que pueden requerir otro procedimiento para arribar a nuevos logros. Para ello también es necesario la colaboración entre instituciones que puedan realizar una correcta recolección de muestras, la comunicación entre laboratorios para informar innovación de técnicas o estándares, la donación de material para llevar a cabo los estudios, así como también la financiación o contribución del estado para investigar.

BIBLIOGRAFÍA

Allgeier, L. et al. (2011). Field Testing of Collection Cards for Cannabis sativa Samples with a Single Hexanucleotide DNA Marker. *Journal of Forensic Science*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01818.x>

Azofeifa-Delgado, Álvaro. (2006) Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/437/43717210/>

Bonilla, Aida Galindo, Fernández – Alonso, José Luis e Idrobo, Jesús María. (2007). Las plantas como evidencia legal. *Desarrollo de la botánica forense en Colombia*. Recuperado de: <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/docume>

<ntos/pdf/pubinv/JLF/BOTForense-ACA2007.pdf>

Comisión Clínica de la Delegación del Gobierno para el Plan Nacional Sobre Drogas. Ministerio de Sanidad y Política Social. *Cannabis II* (2006). Recuperado de: www.pnsd.msp.es

Gangitano, David et. al. (2020) Innovación en Técnicas Moleculares para la identificación genética de cannabis con fines forenses y de inteligencia. *Revista Minerva*. Recuperado de: https://www.universidad-policial.edu.ar/pdf/iyd/iyd_RvistaMinervaA4-vol1.pdf

Houston R., Birck M., Hughes-Stamm S., y Gangitano D. (2015). Evaluación de un sistema múltiplex STR de 13 locus para la identificación genética de Cannabis sativa. *International Journal Legal Medicine*. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00414-015-1296-x>

Howard, C. et al. (2008). Developmental validation of a Cannabis Sativa STR multiplex system for forensic analysis. *El SEVIER Forensic Science International*. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073804004232?via%3Dihub>

Köhnemann, S. et al. (2012). The validation of a 15 STR multiplex PCR for cannabis species. Recuperado de: <https://fddocuments.in/download/the-validation-of-a-15-str-multiplex-pcr-for-cannabis-species>

Monzó et al. (2017) *Genómica en Medicina. Una guía práctica*. Recuperado de: <https://docplayer.es/65052325-Genomica-en-medicina-una-guia-practica.html>

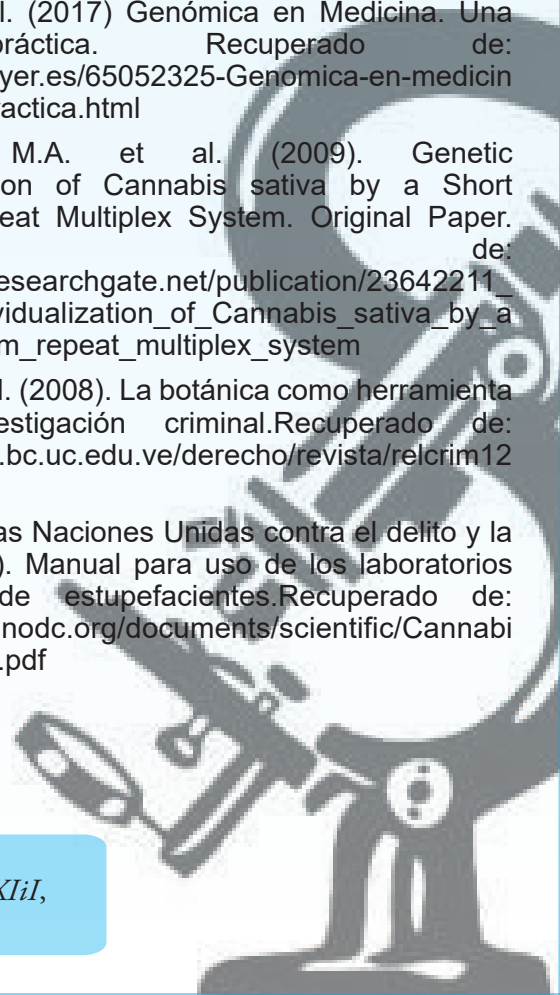
Mendoza M.A. et al. (2009). Genetic Individualization of Cannabis sativa by a Short Tandem Repeat Multiplex System. *Original Paper*. Extraído de: https://www.researchgate.net/publication/23642211_Genetic_individualization_of_Cannabis_sativa_by_a_short_tandem_repeat_multiplex_system

Nassar, J. M. (2008). La botánica como herramienta de la investigación criminal. Recuperado de: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/derecho/revista/relcrim12/12-12.pdf>

Oficina de las Naciones Unidas contra el delito y la droga. (2010). *Manual para uso de los laboratorios nacionales de estupefacientes*. Recuperado de: https://www.unodc.org/documents/scientific/Cannabis_manual-Sp.pdf

Cómo citar este artículo (APA):

ASAMÉ, S.A. "Trazabilidad Molecular de Cannabis". *Revista Skopein, XXI*, 34-41. Disponible en www.skopein.org





Convocatoria Skopein

Estamos en la búsqueda constante de personas relacionadas con las ciencias criminalísticas de cualquier ámbito: egresados, estudiantes o profesionales de trayectoria, que quieran aportar de forma regular u ocasional con artículos de su autoría inéditos, relacionados con la materia, para ser publicados en los números de Revista Skopein.

De esta manera, otorgamos a nuestros lectores un espacio para difundir sus investigaciones científicas, incentivando a aquellos visionarios a que den el primer paso de lo que podrá ser la inspiración de nuevos conocimientos futuros.

Condiciones de publicación:
<https://www.skopein.org/publicar-en-skopein/>



Consultas y comentarios a
info@skopein.org





XXIII