



UNODC

Oficina de las Naciones Unidas
contra la Droga y el Delito



Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis

Créditos de las fotografías:

Archivo de imágenes de la UNODC; UNODC/Ioulia Kondratovitch; Alessandro Scotti.

Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos
OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS CONTRA LA DROGA Y EL DELITO
Viena

**Métodos recomendados para la
identificación y el análisis del cannabis
y los productos del cannabis**
(Revisado y actualizado)

MANUAL PARA USO DE
LOS LABORATORIOS NACIONALES DE ESTUPEFACIENTES



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 2010

Nota

Las condiciones operacionales y experimentales se basan en referencias originales, incluidos métodos no publicados, validados y usados en determinados laboratorios nacionales con arreglo a las referencias proporcionadas. En muchos casos, podrían obtenerse resultados comparables bajo otras condiciones y con otros productos comerciales, en lugar de los mencionados, si bien cualquier modificación al respecto debe validarse antes de proceder a su uso habitual en el laboratorio.

La mención de nombres de empresas o de productos comerciales no indica apoyo alguno por parte de las Naciones Unidas.

ST/NAR/40

PUBLICACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
Número de venta: S.09.XI.15
ISBN 978-92-1-348147-9

La presente es una traducción de un original inglés que no ha sido objeto de edición oficial.

Agradecimientos

La Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos (dirigida por Justice Tettey) de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito desea agradecer la contribución de las siguientes personas para elaborar el presente manual:

Dr. Michael Bovens y Sr. Markus Schlapfer, Servicio Científico Forense de la Policía de la Ciudad de Zúrich, Suiza

Sra. Sue Fiddian, Directora de la Unidad de Botánica del Departamento de Servicios Forenses de la Policía de Victoria, Australia; y el Grupo de Asesores Especialistas en Drogas Ilícitas de la Alta Dirección de los Laboratorios Forenses de Australia y Nueva Zelanda (SMANZFL)

Sr. Andrew Holmes, Alto Asesor Científico del Servicio de Análisis de Estupefacientes del Servicio de Salud de Canadá, Toronto, Canadá

Dr. Henk Huizer, Departamento de Estupefacientes del Instituto Forense de Holanda, La Haya, Holanda (jubilado)

Sr. A. Kader Jackaria, Químico Forense y Toxicólogo, Mauricio

Dr. Lee Tong Kooi, Director de la División de Drogas Ilícitas y Toxicología, Grupo de Ciencias Aplicadas, Autoridad de las Ciencias de la Salud, Singapur

Sr. Adriano Otavio Maldaner y Sra. Daniele Zago Souza, Policía Criminal Federal, Brasil

Dr. H. Stambouli, Laboratorio de Ciencias Forenses, Gendarmería Real, Rabat, Marruecos

Dr. Kalman Szendrei, Profesor emérito, Universidad de Albert Szent-Gyorgyi, Szeged, Hungría

La Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la UNODC desea agradecer asimismo al Dr. Michael Bovens y a Markus Schlapfer la revisión y actualización del manual original “Métodos recomendados para el análisis del cannabis”, así como la preparación del primer proyecto revisado y actualizado del presente manual, y la finalización del manuscrito con contribuciones adicionales de los expertos mencionados anteriormente*.

Barbara Remberg, que coordinó la presente publicación para la UNODC, desea agradecer las contribuciones de otros miembros del personal de la UNODC.

* La Sra. Bovens desea agradecer a la Sra. Lisa Frischknecht su asistencia editorial en la elaboración del primer proyecto de manual.

Índice

| | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Propósito y uso del manual | 2 |
| 2. OBTENCIÓN DE PRODUCTOS ILÍCITOS DEL CANNABIS | 5 |
| 2.1 Mercado del cannabis..... | 5 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DEL CANNABIS Y LOS PRODUCTOS ILÍCITOS DEL CANNABIS | 7 |
| 3.1 Nombre | 7 |
| 3.2 Sinónimos | 7 |
| 3.3 Taxonomía | 7 |
| 3.4 Características físicas | 7 |
| 3.5 Semejanzas | 9 |
| 3.6 Variedades | 10 |
| 3.6.1 Sinsemilla (del español: “falta de semilla”) | 11 |
| 3.6.2 Clonación | 11 |
| 3.6.3 Hermafroditas inducidas de forma artificial | 11 |
| 3.6.4 Producción en exteriores | 11 |
| 3.6.5 Producción en interiores | 12 |
| 3.7 Cannabis industrial | 12 |
| 3.8 Floración | 13 |
| 3.9 Recolección | 13 |
| 3.10 Cosecha | 13 |
| 3.11 Distribución de Δ^9 -THC en las plantas y los productos del cannabis [26] | 14 |
| 3.12 Biosíntesis | 15 |
| 3.13 Productos del cannabis..... | 15 |
| 3.13.1 Hierba de cannabis | 15 |
| 3.13.2 Resina de cannabis (hachís)..... | 17 |
| 3.13.2.1 La resina de cannabis de los países mediterráneos | 17 |
| 3.13.2.2 La resina de cannabis del Asia meridional y suroccidental | 18 |
| 3.13.2.3 Resina de cannabis obtenida mediante “polinizadores”/“granizadores” | 18 |
| 3.13.3 Cannabis líquida (aceite de hachís)..... | 19 |
| 3.13.4 Semillas de cannabis y aceite de semilla de cannabis..... | 20 |
| 3.13.5 Aceite esencial de cannabis | 20 |

| | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 3.14 Estimación de la antigüedad de las muestras de cannabis..... | 21 |
| 3.15 Diferencias entre la droga de cannabis y la fibra de cannabis | 21 |
| 4. COMPONENTES QUÍMICOS DE IMPORTANCIA FORENSE | 23 |
| 5. ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS PRODUCTOS DEL CANNABIS | 27 |
| 5.1 Muestreo | 27 |
| 5.1.1 Muestreo de plantas (plantaciones en interiores y exteriores) | 27 |
| 5.1.2 Muestreo de los productos del cannabis incautados..... | 28 |
| 5.1.2.1 Hierba de cannabis | 28 |
| 5.1.2.2 Resina de cannabis | 29 |
| 5.1.2.3 Cannabis líquido (aceite)..... | 29 |
| 5.2 Criterios mínimos para la identificación positiva del cannabis | 29 |
| 5.3 Examen físico | 29 |
| 5.3.1 Características macroscópicas | 30 |
| 5.3.2 Características microscópicas | 32 |
| 5.4 Examen químico | 35 |
| 5.4.1 Aspectos generales | 35 |
| 5.4.2 Preparación de muestras para el examen químico | 35 |
| 5.4.2.1 Preparación de la hierba de cannabis..... | 35 |
| 5.4.2.2 Preparación de la resina de cannabis..... | 36 |
| 5.4.2.3 Preparación del aceite de cannabis..... | 36 |
| 5.4.3 Ensayos presuntivos | 36 |
| 5.4.3.1 Ensayos del color | 36 |
| 5.4.3.2 Inmunoensayos..... | 39 |
| 5.4.4 Espectrometría de movilidad iónica (EMI)..... | 39 |
| 5.4.5 Cromatografía en capa delgada (CCD)..... | 39 |
| 5.4.6 Cromatografía de gases - detector de ionización de llama (GC-FID), sin y con derivación..... | 42 |
| 5.4.6.1 Técnica de columna capilar | 42 |
| 5.4.7 Cromatografía de gases-Espectrometría de masa (GC-EM). | 45 |
| 5.4.8 Cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC) | 45 |
| 6. TÉCNICAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS ADICIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LOS PRODUCTOS DEL CANNABIS | 49 |
| 6.1 Establecimiento de perfiles de GC-FID para las incautaciones de productos del cannabis | 49 |
| 6.2 Microextracción en fase sólida (SPME) | 49 |
| 6.3 Espectrometría de masas de razones isotópicas (IRMS) | 50 |
| 6.4 Establecimiento de perfiles de ADN | 50 |
| 7. REFERENCIAS..... | 51 |

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El tráfico ilícito de productos del cannabis es el más importante del mundo, y en 2006 constituyó el 65% de todas las incautaciones mundiales (1,65 millones). En 2006, se incautaron 5.200 toneladas métricas de hierba y 1.000 toneladas métricas de resina. El tráfico ilícito de cannabis afecta prácticamente a todos los países. De igual forma, el cannabis sigue siendo la droga más consumida en todo el mundo, y se estima que alrededor de 166 millones de personas la consumieron en 2006, lo que equivale, aproximadamente, al 4% de la población mundial de edad comprendida entre 15 y 64 años.

Por otro lado, sus métodos de producción se han perfeccionado cada vez más, sobre todo desde finales del siglo pasado, por lo que la disponibilidad en los mercados ilícitos de una amplia gama de productos del cannabis con grados de contenido muy diversos de su principal componente psicoactivo, el delta-9-tetrahidrocannabinol (THC). Asimismo, recientemente se ha reavivado el debate sobre el aumento del contenido de THC (con frecuencia denominado “potencia”) en los productos ilícitos del cannabis.

Todo ello conlleva la necesidad de disponer de datos analíticos comparables entre laboratorios. No obstante, en la legislación de la mayoría de los países no se exige el análisis detallado del contenido de THC de cada producto, y si se lleva a cabo dicho análisis, se emplea una gran variedad de métodos y técnicas experimentales, lo que dificulta la comparación de los resultados. Por ejemplo, la transformación de constituyentes naturales como el ácido tetrahidrocannabinólico (THCA) en THC, al fumarse o bajo determinadas condiciones analíticas, y la forma en que ello se debe reflejar en el informe analítico pertinente, son asuntos que todavía no se han normalizado en el plano mundial. En el plano tecnológico, el análisis de los productos del cannabis es aún más complicado debido a la disponibilidad relativamente limitada de material puro, o de referencia bien definida, de THC y otros cannabinoides*.

*A este respecto, cabe destacar que el THC se caracterizó totalmente solo a mediados del decenio de 1960, y únicamente se dispuso de él como norma de referencia pura desde finales de dicho decenio. Así, los resultados obtenidos anteriormente no deberían compararse con los actuales, y deben considerarse solo una aproximación.

El presente manual es una versión actualizada y ampliamente revisada del manual sobre “Métodos recomendados para el ensayo del cannabis” (ST/NAR/8), que se publicó en 1987. En su elaboración se han tenido en cuenta los avances producidos en materia de tecnología analítica y aspectos científicos sobre el cannabis, con miras a proporcionar una base analítica para las deliberaciones sobre la variación del contenido de THC con el paso del tiempo, y sus diferencias en función de las regiones y los productos.

1.2 Propósito y uso del manual

El presente manual forma parte de una serie de publicaciones similares relativas a la identificación y el análisis de diversos tipos de estupefacientes sometidos a fiscalización internacional. Estos manuales son el resultado de un programa llevado a cabo por la UNODC desde el comienzo del decenio de 1980, destinado a armonizar y establecer métodos recomendados de análisis para su uso por parte de los laboratorios nacionales de análisis de estupefacientes.

De acuerdo con el objetivo general de la serie, en el presente manual se proponen técnicas que pueden ayudar a los analistas de estupefacientes a escoger los métodos adecuados para la muestra objeto de examen y a facilitar datos pertinentes a los efectos en cuestión, y que proporcionan asimismo el margen de adaptación necesario en función del grado de complejidad de cada laboratorio y las necesidades jurídicas existentes. La mayoría de los métodos presentados en este manual son métodos validados que se han utilizado durante varios años en laboratorios de renombre, así como en estudios llevados a cabo en varios laboratorios, ejercicios de colaboración y ensayos de competencia. No obstante, el lector debe tener presente que existen otros métodos, incluidos los descritos en publicaciones sobre la ciencia forense, mediante los cuales pueden obtenerse asimismo resultados aceptables. **Todo método nuevo que vaya a utilizarse por primera vez en un laboratorio se deberá validar y/o verificar antes de comenzar a utilizarlo de forma habitual.**

Por otro lado, existen otros métodos más complejos, aunque puedan no ser necesarios a efectos de aplicación operacional de rutina. Así, los métodos aquí descritos deben considerarse meramente orientativos, y las ligeras modificaciones que se efectúen para ajustarlos a un contexto local no deberían alterar, por lo general, la validez de los resultados. La elección de la metodología y el enfoque del análisis, así como la adopción de la decisión sobre si se requieren o no métodos adicionales, siguen siendo competencia del analista, y puede depender también de la disponibilidad de instrumentación adecuada y del grado de validez legal aceptable como prueba en la jurisdicción en que el analista realice su labor.

También se subraya la importancia capital de que los analistas de estupefacientes dispongan de materiales de referencia y libros sobre drogas de uso indebido y técnicas analíticas. Por otro lado, el analista debe estar continuamente al corriente

de las tendencias en el campo del análisis de drogas, y leer asiduamente publicaciones actualizadas sobre ciencia forense y analítica.

La Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos de la UNODC está a disposición del lector para cualquier observación que desee formular en relación con el contenido y la utilidad del presente manual. Las observaciones y sugerencias deberán dirigirse a:

Sección de Laboratorio y Asuntos Científicos
Oficina de las Naciones Unidas contra la Drogas y el Delito
Centro Internacional de Viena
P.O. Box 500
1400 Viena
Austria
Fax: (+43-1) 26060-5967
Correo-e: Lab@unodc.org

Todos los manuales, así como directrices y otras publicaciones científico-técnicas, pueden solicitarse a través de la dirección de contacto arriba especificada.

2. Obtención de productos ilícitos del cannabis

2.1 Mercado del cannabis

Los productos del cannabis son, con gran diferencia, las drogas de uso indebido que más circulan en el tráfico ilícito de drogas de todo el mundo. El cannabis puede cultivarse prácticamente en todos los países, y en aquellos técnicamente más avanzados tiene lugar cada vez con más frecuencia en interiores.

La producción de la hierba de cannabis (marihuana) está muy extendida, prácticamente en todos los países del mundo. La resina de cannabis (hachís) se obtiene aproximadamente en 65 países, sobre todo en el África septentrional y el Asia suroccidental, principalmente en el Afganistán y el Pakistán.

Marruecos, en África, es el principal productor mundial de resina de cannabis (en exteriores), y cuenta con las zonas de cultivo de cannabis más extensas conocidas. La mayor parte de la resina de cannabis incautada en Europa se sigue traficando desde Marruecos. La resina de ese país tiene las mismas características que la de otros países del Mediterráneo meridional y oriental (véase la sección 3.13.2.1).

El Afganistán es el segundo productor mundial de resina de cannabis, que se cultiva junto a los campos de adormidera. La resina de ese país tiene las mismas características que la de otras regiones del subcontinente indio (véase la sección 3.13.2.2). El Líbano fue antaño uno de los principales proveedores mundiales de resina, y aún lo sería en la actualidad si no fuera por los esfuerzos continuados que se han llevado a cabo para erradicarlo.

Con respecto a la hierba de cannabis, al continente americano correspondía alrededor del 55% de la producción mundial en 2006, seguido de África (en torno al 22%). La mayor parte de la hierba de cannabis se cultiva para consumirla en el mercado nacional o exportarla a países limítrofes, por lo que el tráfico internacional de hierba de cannabis es bastante limitado.

Desde el decenio de 1970, los productores de cannabis de América septentrional y Europa han centrado su labor en el cultivo de una cannabis más potente, y el mercado de sinsemilla de gran potencia obtenida en interiores (véase la sección 3.6.1)

está creciendo en un gran número de principales países consumidores. La potencia de la sinsemilla ha aumentado considerablemente en el último decenio en los Estados Unidos, el Canadá y los Países Bajos, los tres países más avanzados en cuanto a variedades y tecnología productiva del cannabis, y existen indicios de que su cuota de mercado está ampliándose en muchos otros países.

Sin embargo, no existen pruebas de que la potencia efectiva* del cannabis en el mercado europeo haya aumentado de forma significativa. Ello se debe a que en la mayor parte de los países europeos el cannabis importado (herba y resina) sigue copando la mayor parte del mercado, y la potencia de esos productos importados se ha mantenido estable entre el 6 y el 8% durante muchos años. El aumento de la potencia del cannabis constatado en determinados países desde finales del decenio de 1990 es consecuencia de la mayor disponibilidad de hierba de cannabis cultivada en el domicilio, usando variedades con alto contenido de THC y técnicas hidropónicas intensivas. El cultivo de hierba de cannabis en interiores tiene lugar actualmente en la mayor parte de los países europeos, si no en todos. No obstante, a pesar de esta tendencia en Europa al cultivo en el domicilio (en interiores), aún se importan, sobre todo en Europa Central [1,2], productos del cannabis obtenidos en cultivos en exteriores, principalmente resina de cannabis.

La limitación de los datos por series cronológicas relativos a la potencia del cannabis indica que la concentración media de Δ^9 -THC en las incautaciones de hierba de cannabis producida en el domicilio aumentó del 1,5%, aproximadamente, en el decenio de 1980 a alrededor del 4% a finales de 1990, y en torno al 10% en los últimos cinco años [3, 4]. En varios informes recientes de algunos países europeos se alude a concentraciones medias de THC (potencia) de hasta entre el 15 y el 20% en determinadas materias herbáceas, si bien existen significativas variaciones entre las muestras, incluso para un año dado [5, 6, 7, 8].

Aunque la hierba de cannabis de gran potencia obtenida en interiores posee un mayor contenido de THC que la resina de cannabis de Marruecos, esta última aún se vende en Europa y es la preferida por los consumidores de cannabis experimentados por sus rápidos efectos.

En los informes mundiales sobre drogas publicados anualmente por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito se proporciona una sinopsis más detallada y actualizada de la producción, el tráfico y el consumo de cannabis a nivel mundial [9].

*El término “potencia efectiva” corresponde a la potencia media ponderada de todos los productos del cannabis, habida cuenta de su disponibilidad relativa.

3. Descripción de la planta del cannabis y los productos ilícitos del cannabis

3.1 Nombre

Cannabis sativa L. (Linnaeus)

3.2 Sinónimos

Existen tantos nombres locales y populares y sinónimos empleados para el cannabis que no es posible enumerarlos todos en el presente manual. Entre muchos otros, cabe destacar: hachís, marihuana, hierba, cáñamo, etc. [10].

3.3 Taxonomía

Los géneros *Cannabis* y *Humulus* (lúpulos) pertenecen a la misma familia (*Cannabaceae*, a veces denominada *Cannabinaceae*). Por lo general, el cannabis se considera mono-específico (*Cannabis sativa* L.), y se clasifica en varias subespecies (*C. sativa* subesp. *sativa*, *C. sativa* subsp. *indica*, *C. sativa* subsp. *ruderalis*, *C. sativa* subsp. *spontanea*, *C. sativa* subsp. *kafiristanica*) [11]. Sin embargo, las características químicas y morfológicas a las que se ha atendido para clasificar el cannabis con arreglo a esas subespecies, en ocasiones no son fácilmente apreciables, dependen de factores ambientales, y varían continuamente. En la mayoría de los casos, bastará con usar el nombre de *Cannabis sativa* para aludir a todas las plantas de cannabis [12].

3.4 Características físicas

El cannabis es una hierba florida anual y dioica*. Por lo general, las plantas estaminadas (masculinas) son más altas que las pistiladas (femeninas), pero menos resistentes. Los tallos son erectos y su altura oscila entre 0,2 y 6 m. Sin embargo, la mayoría de las plantas alcanzan una altura de 1 a 3 m. La longitud de las ramas, al igual que la altura de la planta, depende de factores ambientales y hereditarios, así como del método de cultivo (véase también la sección 5.3.1).

*La mayoría de las plantas son dioicas (es decir, las flores masculinas y femeninas están en plantas diferentes), si bien también existen plantas monoicas (que poseen tanto flores masculinas como femeninas).

Figura 1. Aspectos morfológicos del *Cannabis sativa* L. [13]

- | | |
|--|--|
| A Inflorescencia de la planta masculina (estaminada) | 7 Flor pistilada en la que se aprecia el ovario (sección longitudinal) |
| B Planta femenina (pistillada) con fruto | 8 Semilla (aqueronio*) con bráctea |
| 1 Flor estaminada | 9 Semilla sin bráctea |
| 2 Estambre (antera y filamento corto) | 10 Semilla (vista lateral) |
| 3 Estambre | 11 Semilla (sección transversal) |
| 4 Granos de polen | 12 Semilla (sección longitudinal) |
| 5 Flor pistilada con bráctea | 13 Semilla sin pericarpo (pelada) |
| 6 Flor pistilada sin bráctea | |

*La semilla es en realidad un fruto, técnicamente conocido como aqueronio. Contiene una única semilla con una vaina dura.

3.5 Semejanzas

Varias especies de plantas poseen características morfológicas semejantes, en cierto modo, a las del *Cannabis sativa*. Algunas de ellas se ilustran a continuación. Sin embargo, un examen más detallado de sus características macroscópicas y/o microscópicas hace que sea muy improbable confundirlas [12]. Existen asimismo sencillos ensayos presuntivos que permiten diferenciar el *Cannabis sativa* de otras materias vegetales (véase la sección 5.4.3).

Figura 2. Algunas especies de plantas que poseen características morfológicas semejantes a las del *Cannabis sativa* L.



Hibiscus cannabinus



Acer palmatum



Urtica cannabina

(Picture: [14])



Dizygotheca elegantissima

(Picture: [15])

Figura 2. Algunas especies de plantas que poseen características morfológicas semejantes a las del *Cannabis sativa L* (continuación)



Potentilla recta



Datisca cannabina

(Picture: [16])

Las semillas del lúpulo común (*Humulus lupulus*) y del lúpulo japonés (*Humulus japonicus*) pueden confundirse con las del *Cannabis sativa*. Sin embargo, la presencia de un patrón reticular característico (“caparazón de tortuga”) en la superficie de las semillas del cannabis permite identificarlas fácilmente.

Figura 3. Semillas que poseen características morfológicas semejantes a las del *Cannabis sativa L*.



Cannabis sativa



Humulus lupulus



Humulus japonicus

3.6 Variedades

La planta se adapta mejor a suelos de arcilla y marga bien estructurados, de neutros a alcalinos, con buena capacidad para retener agua y no propensos a saturación.

Tras muchos ensayos de cultivo, el cruce de las variedades *sativa* e *indica* dio lugar al “skunk”, un híbrido constituido, según se dice, por un 75% de *sativa* y un 25% de *indica*.

Al parecer, esta variedad es una de las primeras en combinar el alto contenido en THC del *C. sativa* subsp. *sativa* con el rápido ciclo de crecimiento y el rendimiento del *C. sativa* subsp. *indica*. En determinados países, el cannabis con un alto contenido de THC se conoce por lo general en la actualidad como “skunk”.

3.6.1 Sinsemilla (del español: “falta de semilla”)

El término sinsemilla se refiere, más que a una variedad genética, a una técnica de cultivo. El cannabis con mayor contenido de THC se compone exclusivamente de las cabezas de las flores femeninas (“brotes”) que permanecen sin fertilizar durante su período de madurez y que, en consecuencia, no contienen semillas. La producción de sinsemilla requiere la identificación de las plantas femeninas y el aseguramiento de que estas no estén expuestas al polen.

3.6.2 Clonación

El primer impulso dado a la producción de sinsemilla, y el más evidente, fue el uso de clones. La clonación consiste simplemente en la propagación a partir de una planta “madre” apropiada. La materia obtenida se planta en la tierra, y posteriormente se transplanta. Al tratarse de un duplicado genético de su madre, puede usarse para obtener otros cortes. Un metro cuadrado de plantas madre puede producir un gran número de clones por semana.

3.6.3 Hermafroditas inducidas de forma artificial

Aunque la genética determina si una planta será masculina o femenina, los factores ambientales, incluido el ciclo de la luz diurna, puede alterar su sexo (hermafroditas). Por lo general, las plantas hermafroditas naturales con partes masculinas y femeninas son estériles, pero las inducidas artificialmente pueden tener órganos reproductivos plenamente funcionales. Las semillas “feminizadas” que venden muchos comerciantes de semillas se obtienen de hembras hermafroditas artificiales a las que les falta el cromosoma masculino, o bien aplicando a las semillas un tratamiento de hormonas o de tiosulfato de plata. Así, es posible obtener plantas solo pistiladas (femeninas) también mediante semillas [17,18].

3.6.4 Producción en exteriores

La mayor parte de la producción de cannabis de todo el mundo sigue teniendo lugar en exteriores, y sus plantas, aunque no siempre, se obtienen por lo general a partir de semillas.

La producción de sinsemilla en exteriores se lleva a cabo mediante la identificación y la destrucción de las plantas masculinas antes de que se produzca la polinización, o bien por medio de plantas femeninas hermafroditas inducidas artificialmente (véase la sección 3.6.3).

3.6.5 Producción en interiores

En el cultivo de cannabis a partir de semillas se debe tener en cuenta que la mitad de la cosecha puede estar constituida por plantas masculinas no deseadas. En las costosas producciones en invernadero, la solución que por lo general se adopta es sencillamente la clonación. La producción en interiores y la clonación están muy estrechamente relacionadas. La primera tiene lugar sobre todo en países tecnológicamente avanzados, en los que se suelen emplear grandes sótanos o fábricas clausuradas. Con frecuencia también se transforman las habitaciones de una casa, u otro tipo de vivienda, en salas de cultivo en las que a menudo se emplean técnicas hidropónicas, es decir, cultivo de plantas en soluciones de nutrientes en lugar de en tierra.

En el suelo, el pH ideal para la planta está comprendido entre 6,5 y 7,2. En el cultivo hidropónico, la solución de nutrientes adecuada debe presentar un rango de pH que oscile entre 5,2 a 5,8, lo que hace que la planta de cannabis se adapte bien a la agricultura hidropónica, y por lo tanto, al cultivo en interiores, puesto que dicho rango de pH resulta hostil para la mayoría de las bacterias y los hongos [19].

En [20] se proporciona un ejemplo relativo a las tendencias del cultivo ilícito de cannabis en el Reino Unido, así como una visión general de las mismas y de las repercusiones jurídicas y forenses pertinentes.

3.7 Cannabis industrial

El cannabis industrial (hachís industrial) comprende diversas variedades de *Cannabis sativa L.* obtenidas para usos agrícolas e industriales. Se cultivan por sus semillas y fibras. El cannabis industrial se caracteriza por su bajo contenido de THC y alta concentración de cannabidiol (CDB). En la mayoría de los países europeos, la concentración máxima actual permitida legalmente para el cultivo es del 0,2 por ciento de THC (0,3 por ciento en el Canadá). La relación entre las concentraciones de CDB y THC es superior a 1.

Muchos países cuentan con “listas de variedades aprobadas”. Aquellas cuyo contenido de THC sea claramente superior a los valores aceptables legalmente se suprimen de dichas listas.

La recolección de las fibras se produce al terminar la floración de las plantas femeninas y antes de que se formen las semillas.

3.8 Floración

La floración comienza por lo general a partir del momento en que el período diario de oscuridad supera las once horas. El ciclo de floración puede durar entre cuatro y doce semanas, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales. Los tiempos de floración que indican los comerciantes de semillas corresponden por lo general al período de tiempo comprendido entre la plantación de la semilla y la floración. En los casos de plantas procedentes de cortes, la floración puede retrasarse aproximadamente una semana.

3.9 Recolección

Un buen indicio de madurez de la planta es el color que adquieren sus estructuras de apariencia capilar (estigmas). Éstas, al madurar la flor, por lo general se marchitan y adquieren color marrón. Cuando el color de aproximadamente el 75% de los estigmas es marrón, las plantas están listas para su recolección.

3.10 Cosecha

Las estimaciones de los valores medios y/o mínimos de cosecha son interesantes desde un punto de vista forense y legal. Sin embargo, es difícil hacer estimaciones de cosecha, ya que depende en gran medida de la variedad/cepa, la técnica de cultivo y la nutrición, así como de la intensidad, duración y frecuencia de los períodos de luz. Estudios llevados a cabo en Australia y Nueva Zelanda han demostrado que las cosechas de plantas cultivadas en interiores y en exteriores varían tanto que no puede emplearse ninguna fórmula establecida respecto de la materia húmeda, seca o vendible, o los gramos por planta o metro cuadrado*.

Sin embargo, existen varios estudios empíricos que se resumen a continuación. Como se ha mencionado anteriormente, se deben tener en cuenta las variaciones de valores debidas a los diversos factores de cultivo.

En estudios efectuados en Alemania y los Países Bajos, así como en otros proporcionados por Europol, figura la siguiente información:

*Datos no publicados.

Cuadro I. Valores mínimos y/o promedio indicativos de cosecha para sumidades floridas por planta de cannabis en interiores

| <i>Cosecha mínima (g/planta)</i> | <i>Cosecha promedio (g/planta)</i> | <i>Referencia</i> |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| | 22 | 21 |
| 25 | 40 | 22 |
| | 33,7 | 24 |
| 28 | | 25 |

Cuadro II. Valores de cosecha indicativos de hierba de cannabis seca por unidad de superficie de cultivo

| <i>Cultivo en exterior (g/m²)</i> | <i>Cultivo en interior (g/m²)</i> | <i>Referencia</i> |
|--|--|-------------------|
| 75 | | 23 |
| | 505 | 24 |
| | 400 | 25 |

El valor de referencia 23 denota también que se necesitan alrededor de 100 kg de hierba de cannabis (“kif”) para obtener entre 1 y 3 kg de resina.

3.11 Distribución de Δ^9 -THC en las plantas y los productos del cannabis [26]

El contenido de THC* varía en función de la parte de la planta de que se trate:

- 10 a 12% en las flores pistiladas
- 1 a 2% en las hojas
- 0,1 a 0,3% en los tallos
- < 0,03% en las raíces

El contenido de THC de los diferentes productos del cannabis (hierba, resina y aceite) se calcula en función de la proporción de las distintas partes de la planta empleadas en su producción. Así, un estudio llevado a cabo en Suiza en 2006 indicó que en dos tercios de las incautaciones de hierba de cannabis el contenido de THC estaba comprendido entre el 2 y el 12%. En dos tercios de las incautaciones de resina osciló entre el 4 y el 21%, en función del tipo de cultivo y el método de producción (véase también el capítulo 3.13.2), mientras que de la extracción de resina y/o sumidades floridas se puede obtener aceite de cannabis con contenido de THC de hasta el 60% [27].

*Las cifras sobre contenido de THC corresponden al “contenido total” (véase la sección 5.4.1).

Véanse también los informes mundiales sobre la droga [9] publicados por la UNODC anualmente para ampliar información sobre el contenido de THC de los productos del cannabis incautados en todo el mundo [9].

3.12 Biosíntesis

Hasta hace poco, se creía que el ácido tetrahidrocannabinólico (THCA, precursor del THC) se formaba mediante la ciclación del ácido cannabidiólico (CBDA). En estudios recientes se demuestra que en realidad se forma a partir del ácido canna-bigerólico (CBGA) mediante la oxidociclación de la enzima THCA-synthase [28, 29, 30, 31].

El CBGA es el precursor del THCA, así como del CBDA y el ácido cannabicro-ménico (CBCA). Los correspondientes ácidos THC, CBD y cannabicromeno (CBC) se producen mediante descarboxilación.

El cannabinol (CBN) tiene lugar mediante la degradación del THC, y por lo tanto no se obtiene de manera natural, sino que se trata de un artefacto (véase también el capítulo 3.14).

3.13 Productos del cannabis

El cannabis se ha empleado durante siglos en cultivos agrícolas para la fabricación de fibras textiles. Entre otros productos lícitos de cannabis se encuentran la semilla de cannabis, el aceite de semilla de cannabis y el aceite esencial de cannabis.

Los productos ilícitos de cannabis se clasifican en tres categorías principales: la hierba de cannabis, la resina de cannabis y el cannabis líquido (aceite de cannabis). Cabe destacar que no existen dos productos ilícitos de cannabis que tengan exactamente la misma apariencia. Como se obtienen a partir de un producto natural de características mudables, mediante un proceso discontinuo que puede variar considerablemente, y posteriormente se elaboran y transforman para su tráfico, no resulta sorprendente que los productos de cannabis objeto de tráfico ilícito adopten formas tan diversas.

3.13.1 Hierba de cannabis

Todavía existe la opinión tradicional de que solo las sumidades floridas y con fruto y las hojas situadas cerca de las sumidades floridas contienen cantidades importantes del constituyente psicoactivo (THC); se las conoce como las “partes que contienen droga”, y generalmente son solo estas partes de la planta las que se venden en el mercado ilícito (B, en la figura 1 de la página 8).

Realmente, dichas partes contienen la mayor cantidad de THC. Sin embargo, la hierba de cannabis consumida de manera ilícita posee también hojas de mayor tamaño situadas más lejos de las sumidades floridas.

También las hojas situadas cerca de las sumidades floridas masculinas de las plantas de cannabis potente presentan partes de THC consumibles. Sin embargo, su contenido es muy inferior al de las plantas femeninas y por lo tanto no son las hojas de mayor demanda. Si bien el tallo central y los tallos laterales principales contienen poco THC, pueden emplearse para la producción de aceite de cannabis.

Las hojas y las flores secas de la planta de cannabis se conocen como “marihuana”, y tienen otros muchos nombres regionales [10]. La “marihuana” se trafica ilícitamente sin sufrir modificaciones, es decir, tal y como se encontraba en la planta (llamada también “flor seca”), procesada en tabletas comprimidas o monedas, o como material de base. La presentación del material herbáceo en el tráfico ilícito varía mucho de una región a otra, así como dentro de los países de cada región.

Puede elaborarse un producto de alta calidad pasando la hierba de cannabis por un cedazo para eliminar aquellas partes de la planta que contienen niveles relativamente bajos de cannabinoides o no los contienen. Esencialmente, ese procedimiento elimina las semillas y casi todas las partes menos valiosas del tallo. El producto tamizado se ha obtenido del material herbáceo de las sumidades, floridas o con fruto, lo que aumenta relativamente la cantidad de THC. En el tráfico ilícito, el producto se denomina “kif”. Es un producto característico del norte de África. Dicho material tiene un alto contenido de resina de cannabis y puede comprimirse en tabletas que se asemejan en cierto modo a las tabletas de resina de cannabis (hachís). Sin embargo, cuando se las somete a examen microscópico, puede observarse que han conservado características esencialmente herbáceas (véase también la sección 5.3.2), y se consideran una especie de “marihuana purificada”.

Una tercera forma, en algunos países de Europa occidental, la más frecuente, de producir hierba de cannabis de gran calidad es la producción en interiores. Por lo general, se usan algunos híbridos muy potentes, como el “skunk” y la “viuda blanca”, y se optimizan las condiciones de cultivo. La propagación tiene lugar principalmente mediante la clonación de las plantas madre (véase la sección 3.6.2), y raramente se encuentran más plántulas. Entre los lugares empleados para el cultivo en interiores cabe mencionar los sótanos, las fábricas, los almacenes y las superficies no utilizadas de instalaciones comerciales o industriales. A menudo cuentan con sistemas de alimentación y abastecimiento de agua automáticos, aire acondicionado, sistemas de filtrado y desodorización del aire de salida, e iluminación automática para simular los períodos diurnos y nocturnos. La confluencia de condiciones de cultivo óptimas y variedades con alto grado de THC da lugar a productos con un contenido máximo de THC, que a menudo es entre dos y diez veces superior al de finales del decenio de 1980. Hoy en día son frecuentes la hierba de cannabis con contenido total de THC superior al 10%, la resina de cannabis con un 25% de THC y el aceite de cannabis que contiene un 60% de THC.

El proceso de secado es sencillo. Bien se cortan las partes que contienen la droga, o se cuelga la planta entera boca abajo para que se seque al aire. El secado termina cuando las hojas situadas cerca de las sumidades floridas se debilitan. Dependiendo de la humedad y la temperatura ambiente, su duración oscila aproximadamente entre 24 y 72 horas. El contenido de agua residual de ese material oscila entre el 8 y el 13% aproximadamente. Ese material ya está en condiciones para fumarlo en canutos y se puede almacenar durante muchos meses, aunque el THC se degrada con el paso del tiempo o la exposición al aire, la luz o la humedad.

3.13.2 Resina de cannabis (*hachís*)

Las secreciones de resina de la planta, producida en los tricomas glandulares (véase la sección 5.3.2) pueden recogerse, obteniéndose de esta manera un producto con mayor contenido de THC, del que se elimina la mayor parte del material vegetal visible. Su composición incluye, además de secreciones, un material vegetal más fino con apariencia de polvo pegajoso suelto o presionado, según el método de producción empleado.

La producción de resina de cannabis se concentra principalmente en dos regiones del mundo. Los países situados en torno a la parte meridional y oriental del Mediterráneo conforman una de esas regiones, y los del Asia meridional y suroccidental la otra. En ambas regiones se han utilizado diversos procedimientos para fabricar resina de cannabis. No obstante, en general, los países de una misma región emplean técnicas análogas. La criba es una parte importante del proceso en ambas regiones.

3.13.2.1 La resina de cannabis de los países mediterráneos

En esa región, por lo general la materia herbácea se trilla. Ello se realiza a menudo golpeándola contra un muro, para separar las partes de la planta que producen resina. Las partículas de resina de cannabis y los fragmentos de hojas de cannabis, así como las semillas de cannabis, se separan de las partes más fibrosas de la planta. Las últimas se desechan. Despues, el material se cierne para eliminar las semillas y las principales partes fibrosas. El producto restante tiene entonces un mayor contenido de resina, y por tanto de THC. En esa etapa, las características botánicas macroscópicas prácticamente han desaparecido, pero microscópicamente el material posee aún muchos rasgos vegetales. Físicamente se asemeja a un polvo fino pegajoso, y en esa parte del proceso se suele comprimir en tabletas. En ocasiones se estampa en ellas un logotipo a efectos de caracterización y comparación. En algunos países, (Mediterráneo oriental) la materia se coloca en bolsas de tela antes de comprimirla, mientras que en otros (norte de África) antes de la compresión se envuelve en celulosa. En ocasiones, en las regiones del Mediterráneo nororiental y Europa central el fino polvo pegajoso circula sin haber sido transformado en tabletas.

3.13.2.2 La resina de cannabis del Asia meridional y suroccidental

En los países del Asia meridional y suroccidental se recurre a un método diferente para producir la resina de cannabis. Las sumidades floridas y con fruto de las plantas de cannabis cultivadas en esas regiones contienen altos niveles de resina, hasta el punto que esas partes de la planta son pegajosas al tacto. Cuando esas sumidades de una planta fresca se frotan entre las palmas de las manos, la resina queda adherida a estas. Otro método consiste en frotar las partes pegajosas contra una superficie de caucho, o caminar a través de un campo de plantas de cannabis con prendas revestidas de caucho o cuero. La resina se acumula en su superficie a medida que esta se restriega contra las sumidades floridas y con fruto de las plantas y, cuando se ha reunido una cantidad suficiente, se raspa hasta que el revestimiento de caucho o el cuero quede completamente limpio y posteriormente se procede a la compresión del material en tabletas. La técnica descrita anteriormente puede aplicarse a las plantas todavía sin cortar en el campo. Otro método es la recolección de las sumidades floridas y con fruto de forma parecida a la utilizada en la producción de hierba de cannabis; después se dejan secar y se rompen y trituran entre las manos, lo que produce un polvo grueso. Este polvo se criba para que alcance una fineza similar a la que se obtiene en la región mediterránea. El polvo fino, que es todavía verde, se almacena en sacos de cuero por un período de entre cuatro y cinco meses. El polvo se expone después al sol por corto tiempo, suficiente para que la resina se derrita. A continuación se vuelve a poner en los sacos de cuero algunos días, y después se saca y se moldea bien con varillas de madera, de modo que una cierta cantidad de materia aceitosa aparezca en la superficie. El amasado continúa hasta que se produce un material adecuado para su compresión en tabletas.

Un método completamente diferente, cuyo uso se ha constatado en algunas localidades del Asia meridional y suroccidental, consiste en sumergir la materia vegetal, separada de los tallos principales, en agua hirviendo. De esa forma se separa la resina de las sumidades floridas y con fruto. La materia vegetal que se ha extraído se desecha, y cuando el líquido obtenido en la extracción se enfriá, se forma en la superficie una capa de resina solidificada. A esta, una vez retirada, se le da forma de tabletas o cualquier otra forma que se deseé. El problema de este método reside en que se introduce agua en la resina. En consecuencia, a menudo las tabletas de resina se enmohecen con el tiempo. En cuanto a la cantidad, poca resina de cannabis se produce mediante este método, que es más laborioso.

3.13.2.3 Resina de cannabis obtenida mediante "polinizadores"/"granizadores"

Además del cultivo en interiores, se ha desarrollado un método eficaz de separación de la resina. Consiste en el uso de un dispositivo parecido a una secadora de rotación forrada con una red de tejido fino colocada dentro de una caja revestida de plástico. Este dispositivo, denominado "polinizador", se llena parcialmente de sumidades floridas y con fruto, secas y congeladas a muy baja temperatura, de la planta de cannabis. La baja temperatura reduce la viscosidad de la resina. Durante la rotación

del polinizador, las partes de las hojas y las sumidades floridas que contienen THC se rompen y pasan a través de la red. Después se pegan a las paredes y al suelo de plástico y pueden recogerse en forma de polvo fino. Con respecto al material seco de partida, este procedimiento permite obtener una cantidad de THC hasta ocho veces superior.

Figura 4. “Polinizador” y resina pegajosa en polvo (producto) [32]



Un método similar se utiliza para producir los denominados “granizados”, mediante el cual el material vegetal seco se coloca en un tamiz grueso con cubitos de hielo y después se agita mediante una batidora mecánica de pintura. El hielo hace que las bolas de resina se congelen y se separen de la planta. El proceso se repite una y otra vez usando cedazos con una malla cada vez más fina, hasta que se obtiene un producto en polvo semejante al descrito anteriormente.

3.13.3 Cannabis líquida (aceite de hachís)

El cannabis líquido es un extracto líquido concentrado obtenido de la hierba de cannabis o la resina de cannabis. El cannabis líquido se extrae para concentrar los ingredientes psicoactivos, por ejemplo, THC. De esta forma, el traficante puede burlar más fácilmente la ley, pues puede ocultar más material psicoactivo en una menor cantidad de producto. Otra ventaja consiste en que el traficante puede introducir el cannabis líquido en cavidades y usar envases no aptos para almacenar hierba o resina de cannabis, con lo que se evita la posibilidad de detección por su olor o su forma.

La extracción se lleva a cabo en un recipiente adecuado mediante un disolvente orgánico (por ejemplo, éter de petróleo, etanol, metanol o acetona), a temperatura ambiente y agitándose, mediante extracción pasiva o reflujo.

Una vez se ha comprobado que se ha extraído totalmente la sustancia de la hierba o la resina de cannabis, se filtra la materia suspendida y el material extraído se desecha. Si es necesario, puede introducirse en el recipiente una segunda carga de hierba de cannabis y repetir el proceso con el mismo disolvente utilizado en la primera extracción. Este proceso puede repetirse todas las veces que sea necesario, tratando varias cargas de hierba de cannabis o resina de cannabis con el mismo disolvente. Cuando se ha tratado la última carga, el disolvente se evapora para que el aceite obtenga la consistencia deseada. En algunos laboratorios clandestinos, especialmente en aquellos países donde los disolventes orgánicos son costosos o difíciles de adquirir, el disolvente sobrante se puede volver a utilizar posteriormente.

En general, el cannabis líquido, tanto si se ha obtenido de la hierba como de la resina de cannabis, es de color marrón oscuro o verde oscuro, y posee la consistencia de un aceite espeso o una pasta.

3.13.4 Semillas de cannabis y aceite de semilla de cannabis

Las semillas de cannabis, si bien son menos conocidas, constituyen una potente fuente de ácidos grasos Ω -3. El aceite de semilla de cannabis es un líquido amarillo claro. La semilla contiene aproximadamente entre el 29 y el 34% de aceite en peso [33]. Cien gramos de aceite de semilla de cannabis contienen aproximadamente 19 g de ácido α -linolénico. La proporción aproximada de 3:1 entre los ácidos grasos Ω -6-a Ω -3 hace que el aceite de semilla de cannabis sea un nutriente de alta calidad. Sin embargo, debido a su alta proporción de ácidos grasos no saturados, ese aceite tiende rápidamente a adquirir un carácter rancio si no se almacena en un lugar fresco y oscuro.

Aunque la semilla está dentro de la bractéola, que es la parte de la planta con mayor densidad de tricomas glandulares, y por lo tanto, con mayor concentración de THC, las semillas en sí no contienen THC. Sin embargo, pueden estar contaminadas con materia de cannabis (como sumidades floridas, cáscaras o resina), lo que produce cantidades de THC detectables. Del mismo modo, si se detecta el THC en el aceite de semilla de cannabis, lo más probable es que sea debido a una separación defecuosa de las semillas de la bráctea [34].

3.13.5 Aceite esencial de cannabis

El aceite esencial de cannabis es un líquido claro y de color ligeramente amarillo. Se obtiene por destilación al vapor de las plantas de cannabis recién cortadas. No existe gran demanda de este aceite esencial y al parecer es más bien un subproducto de la fabricación de aceite de semillas o aceite de hachís. El aceite esencial no contiene THC, pero produce el olor característico de los productos de cannabis y es la causa de que estos sean detectados por los perros antidroga.

3.14 Estimación de la antigüedad de las muestras de cannabis

El CBN no está presente en la marihuana de secado reciente y cuidadoso. Si lo está, cabe inferir que la muestra ha comenzado a degradarse y que no debe utilizarse a efectos comparativos. Se puede estimar la antigüedad de una muestra de marihuana dada sobre la base de su contenido de THC y CBN, en el supuesto de que su almacenamiento haya tenido lugar a temperatura ambiente. Debido a ello, el análisis a efectos comparativos no se lleva a cabo por lo general más de tres meses después de la incautación de la muestra [35].

El THC parece degradarse más rápidamente durante el primer año que en los años siguientes. En un estudio se expone que las muestras que contienen una proporción entre CBN y THC inferior a 0,013 tienen menos de seis meses, y aquellas con una proporción entre 0,04 y 0,08 tienen entre uno y dos años. Sin embargo, al utilizar este método para estimar la antigüedad de las muestras de cannabis [36], deberían tenerse presentes las variaciones de las condiciones experimentales.

3.15 Diferencias entre la droga de cannabis y la fibra de cannabis

Como se ha descrito en la sección 3.7, el contenido total de THC se utiliza para definir la fibra de cannabis (habiéndola cuenta del actual límite superior legal, para hachís industrial, del 0,2 y 0,3% de THC en Europa y el Canadá, respectivamente). Otro método sencillo para distinguir la droga de cannabis de la fibra de cannabis es calcular la relación entre los principales cannabinoides, el THC, el CBN y el CDB [3].

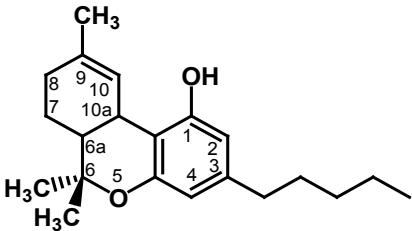
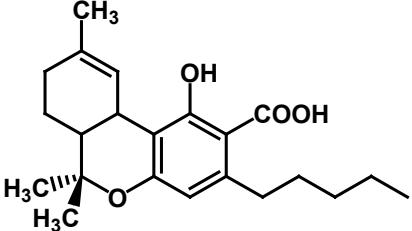
Como se ha descrito anteriormente en la sección 3.12, tanto el CDB como el THC, por medio de sus ácidos CBDA y THCA, se obtienen biosintéticamente a partir del CBGA. Si la relación entre las áreas de los picos* en $[THC + CBN]: [CDB]$ es <1 , entonces la planta de cannabis se considera un tipo de fibra. Si la relación es >1 , se considera un tipo de droga. Debido a que el THC se oxida parcialmente formando CBN después de cortar y secar el material vegetal, se usa la suma de las áreas de los picos de THC y CBN dividida por el área de CDB.

$$X = \frac{[THC] + [CBN]}{[CBD]}$$

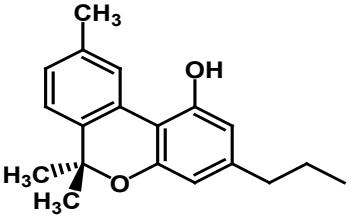
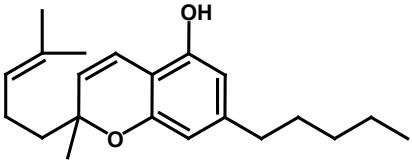
| | | |
|--|---------|--------------------------------|
| | $[THC]$ | Área de THC en el cromatograma |
| | $X > 1$ | Droga de cannabis |
| | $X < 1$ | Fibra de cannabis |

*Corresponde a la relación entre las áreas de los picos del cromatograma en fase gaseosa (GC-FID).

4. Componentes químicos de importancia forense

| | |
|--|--|
| <p>(-)-Δ⁹-trans-tetrahydrocannabinol Tetrahydrocannabinol, THC</p>  <p>Principales características farmacológicas: - Euforizante - Anti-inflamatorio - Analgésico - Antiemético</p> | <p>CAS: 1972-08-3 Fórmula empírica: C₂₁H₃₀O₂ Peso molecular: 314,46 g/mol Punto de fusión: aceite viscoso pKa: 10,6 log P: 6,99 (octanol/agua)</p> <p>Solubilidad: Agua: insoluble (2,8 mg/L 23°C) Etanol: soluble Cloroformo: soluble Hexano: soluble</p> |
| <p>(-)-Δ⁹-trans-ácido tetrahidrocannabinólico, THCA</p>  <p>Principales características farmacológicas: - Antibacterial - Antibiótico</p> | <p>CAS: 23978-85-0 Fórmula empírica: C₂₂H₃₀O₄ Peso molecular: 358 g/mol Punto de fusión: n/a (descomposición/descarboxilación de TCHA a THC a aprox. 125-150°C)</p> <p>Solubilidad: Agua: insoluble Etanol: soluble Cloroformo: soluble Hexano: soluble</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Cannabinol CBN</p> <p>Principales características farmacológicas: - Sedante - Anticonvulsivo - Antibiótico - Anti-inflamatorio</p> | <p>CAS: 521-35-7 Fórmula empírica: C₂₁H₂₆O₂ Peso molecular: 310,43 g/mol Punto de fusión 76–77 °C log P 6,23 (octanol/agua)</p> <p>Solubilidad: Agua insoluble Etanol soluble Cloroformo soluble Hexano soluble</p> |
| <p>Cannabidiol CBD</p> <p>Principales características farmacológicas: - Ansiolítico - Anti-inflamatorio - Antipsicótico - Antiespasmódico - Analgésico</p> | <p>CAS: 13956-29-1 Fórmula empírica: C₂₁H₃₀O₂ Peso molecular: 314,46 g/mol Punto de fusión 66–67 °C log P 5,79 (octanol/agua)</p> <p>Solubilidad: Agua insoluble Etanol soluble Cloroformo soluble Hexano soluble</p> |
| <p>Cannabigerol CBG</p> <p>Principales características farmacológicas: - Antibiótico - Anti-inflamatorio - Antimicótico - Analgésico</p> | <p>CAS: [25654-31-3] (E); [95001-70-0] (E/Z) Fórmula empírica: C₂₁H₃₂O₂ Peso molecular: 316,48 g/mol</p> |

| | |
|---|---|
| <p>Cannabivarina CBV</p>  | <p>CAS: 33745-21-0 Fórmula empírica: C₁₉H₂₂O₂ Peso molecular: 282,38 g/mol</p> |
| <p>Cannabicromeno CBC</p>  <p>Principales características farmacológicas:</p> <ul style="list-style-type: none">- Anti-inflamatorio - Antimicótico- Antibiótico - Analgésico | <p>CAS: 20675-51-8 Fórmula empírica: C₂₁H₃₀O₂ Peso molecular: 314,46 g/mol</p> |

5. Análisis cualitativo y cuantitativo de los productos del cannabis

5.1 Muestreo

La principal razón del muestreo es efectuar un análisis químico exacto y útil. Debido a que la mayoría de los métodos, cualitativos y cuantitativos, utilizados en los laboratorios forenses para el examen de drogas requieren proporciones alícuotas de material muy pequeñas, es de vital importancia que esas pequeñas proporciones alícuotas sean enteramente representativas de la masa de que se hayan extraído. El muestreo debe realizarse con arreglo a los principios de la química analítica expuestos, por ejemplo, en las farmacopeas nacionales, o establecidos por organizaciones internacionales o regionales [38].

Pueden darse situaciones en que, por razones legales, las reglas normales de muestreo y homogeneización no se puedan observar. Por ejemplo, cuando el analista desea conservar parte de una muestra como prueba visual en un tribunal. En el caso de las tabletas comprimidas, es importante asimismo asegurarse de que todo el bloque está compuesto de cannabis. Ello puede hacerse abriendo el bloque haciendo palanca y examinando el material de cerca.

Para ahorrar recursos y tiempo valiosos, los laboratorios forenses deben tratar de utilizar, siempre que sea posible, un sistema de muestreo aprobado para reducir así el número de determinaciones cuantitativas necesarias.

Con objeto de facilitar ese método, se recomienda seguir los procedimientos descritos a continuación. Se basan en el procedimiento de muestreo recomendado por la Unión Europea para las plantaciones de cannabis en exteriores que producen hachís industrial [39], y se han adaptado para tener en cuenta los aspectos prácticos y la variedad de los productos de cannabis objeto de tráfico ilícito.

5.1.1 Muestreo de plantas (*plantaciones en interiores y exteriores*)

En cada campo de cannabis, suponiendo que todos contienen la misma especie de planta, se cortan 30 sumidades con fruto o floridas, escogidas al azar excepto en

los límites del campo, en partes que posean una longitud máxima de 20 cm, y se almacenan en una bolsa de papel. A efectos de identificación (análisis cualitativo), el muestreo de una planta representativa según el método descrito anteriormente se considerará por lo general suficiente*.

Figura 5. Sumidades con fruto para muestreo de la planta de cannabis



Siempre que sea posible, la muestra se debe secar antes de enviarla al laboratorio. Si, por alguna razón, debe almacenarse antes de ser analizada, se deberá mantener en un lugar fresco y oscuro.

Una vez seca, se detiene la degradación de los principales cannabinoides. Sin embargo, en esta fase el THC es aún sensible al aire (oxígeno) y la luz ultravioleta, que oxidan el THC para formar CBN. Por lo tanto, las condiciones de almacenamiento ideales serán los lugares oscuros y fríos.

5.1.2 Muestreo de los productos del cannabis incautados

En relación con los aspectos generales del muestreo cualitativo de las muestras de varias unidades, cabe consultar la referencia 38. Con respecto al material que presente características externas evidentes, es decir, que sea reconocible íntegramente como cannabis, podría emplearse un método de muestreo basado en el modelo de Bayes, en lugar del método hipergeométrico.

5.1.2.1 Hierba de cannabis

Existe una gran variedad de productos de la hierba de cannabis, incluida la materia vegetal suelta, o en forma de “flores secas”, “sobres” o “té de hierbas” objeto de tráfico ilícito. Como se ha descrito en la sección anterior, se toman como muestra

*Véase el ejemplo de campo de hachís proporcionado en la referencia 38, en relación con la comparación del método hipergeométrico y el bayesiano.

30 partes de materia que se consideren pertenecientes al mismo fenotipo. Si hay menos materia, se toma todo. La materia obtenida de los tallos gruesos se corta. Las semillas de las sumidades con fruto permanecen a la vista.

La materia húmeda debe envasarse en bolsas de papel. En cuanto a la materia seca, las bolsas de plástico son más adecuadas.

5.1.2.2 Resina de cannabis

La resina de cannabis puede tomarse como esté. La cantidad requerida por muestra (véase la sección 5.4) se puede obtener mediante un rallador en diferentes partes de la tableta. Sin embargo, puesto que la superficie de las tabletas por lo general estará oxidada, las muestras deberían tomarse de la superficie interior de una tableta recién partida.

5.1.2.3 Cannabis líquido (aceite)

La cantidad necesaria de aceite de cannabis (véase la sección 5.4) puede tomarse como esté.

5.2 Criterios mínimos para la identificación positiva del cannabis

En las siguientes secciones se describen varios métodos para examinar y analizar los productos del cannabis. La elección de la metodología y el enfoque del análisis, así como la decisión sobre si se requieren o no métodos adicionales, siguen siendo competencia del analista, y dependerán asimismo de la disponibilidad de instrumentalización pertinente y del patrón de prueba aceptable legalmente en la jurisdicción en el que el analista lleve a cabo su labor. En el caso de los productos del cannabis que presenten características botánicas propias, el método analítico consistente en la combinación de la prueba de color, la cromatografía en capa fina y el examen físico (macroscópico y microscópico) se considera el mínimo aceptable para realizar una identificación positiva. El Grupo de Trabajo Científico para el Análisis de Drogas Incautadas (SWGDRUG) [40] ha formulado varias normas generales para seleccionar el método pertinente.

5.3 Examen físico

Los métodos empleados para identificar los productos de cannabis dependen de la naturaleza de cada producto. La materia herbácea puede identificarse únicamente sobre la base de sus características morfológicas, siempre que se disponga de las requeridas.

En ausencia de características morfológicas, como en el caso de la resina y el aceite de hachís, la identificación se basa en el análisis químico, que demuestra la existencia de cannabinoides como el tetrahidrocannabinol (THC), su producto degradado cannabinol (CBN) y/o el cannabidiol (CBD).

5.3.1 Características macroscópicas

Las características morfológicas y la variación del color de las plantas del cannabis dependen de la variedad de semilla, además de factores ambientales como la luz, el agua, los nutrientes y el espacio disponible.

Las flores de cada planta, como hierbas dioicas, son unisexuales, aunque con frecuencia existen flores de transición y flores de sexo opuesto que crecen posteriormente. Por lo general, las plantas masculinas son más altas que las femeninas, pero menos resistentes. Los tallos son verdes, erectos y huecos, y poseen estrías longitudinales (figura 6). Su altura oscila entre 0,2 y 6 m, aunque la mayoría de las plantas alcanzan una altura de 1 a 3 m.

El alcance de las ramas, al igual que la altura de la planta, depende de factores ambientales y hereditarios, así como del método de cultivo. Las ramas laterales varían de opuestas a alternadas en cualquier parte del tallo principal. En los extremos de la planta, la ordenación de las hojas varía de decusada (ordenada de manera opuesta) a alterna. Los pecíolos de las hojas tienen una longitud de entre 2 y 7 cm, y presentan una fina estría a lo largo de su parte superior. La hoja es palmeada y consta de 3 a 9 láminas de hojuelas lanceoladas linealmente de 3 a 15 x 0,2 a 1,7 cm. Los márgenes tienen forma toscamente dentada, los dientes apuntan hacia las puntas, y los nervios se extienden oblicuamente desde la nervadura central hasta las extremidades de los dientes. Las superficies inferiores (abaxiales) son de color verde pálido y están salpicadas de glándulas resinosas (figura 7) cuyo color varía del blanco al marrón amarillento.

Figura 6. Tallo estriado del *Cannabis sativa*



© Policía Criminal Federal, Brasil

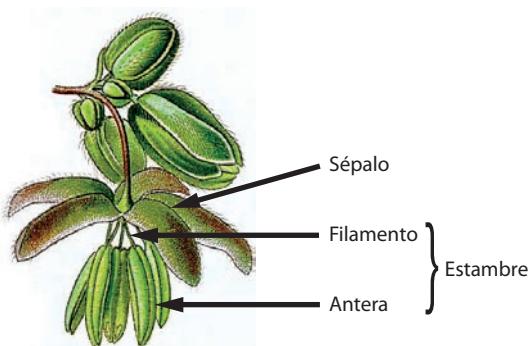
Figura 7. Superficies abaxial (izquierda) y adaxial (derecha) de las hojas del *Cannabis sativa*



© Polícia Criminal Federal, Brasil

Cada flor estaminada (masculina) consta de cinco sépalos verdiblanquecinos, recubiertos de delgados filamentos de, aproximadamente, 2,5 a 4 mm de largo y cinco estambres colgantes, con filamentos finos y estambre.

Figura 8. Características morfológicas de las flores masculinas



Las flores pistiladas (hembras) son más o menos sésiles y se presentan en pares. Cada flor posee una pequeña bráctea verde que encierra el ovario con dos estigmas largos y delgados bien proyectados por encima de la bráctea.

Figura 9. Características morfológicas de la flor femenina y el fruto

El fruto, un aquenio, contiene una sola semilla de cáscara dura bien cubierta por la delgada pared del ovario, elipsoide, levemente comprimido, liso, de, aproximadamente, 2 a 5 mm de largo, por lo general pardo y moteado. El fruto se suele considerar una semilla.

5.3.2 Características microscópicas

El *Cannabis sativa* puede identificarse por las estructuras microscópicas que presenta la superficie de la planta, es decir, por los tricomas (formaciones semejantes a un cabello proyectadas desde una célula epidérmica de la planta). Existen dos tipos de tricomas, que pueden observarse con un microscopio binocular dotado de un factor de aumento de 40, como se aprecia en las figuras 10 y 11:

a) Los tricomas no glandulares son abundantes, monocelulares, rígidos y con forma de cabellos curvos, y presentan un fino ápice puntiagudo:

- Los tricomas cistolíticos que se encuentran en la superficie superior de las hojas de cannabis poseen una característica forma de garra de oso y pueden tener cristales de carbonato de calcio (cistolitos) apreciables en su base. Con frecuencia, el tricoma se rompe y el cistolito se libera;
- Los tricomas no cistolíticos se encuentran principalmente en la superficie inferior de las hojas, brácteas y bractéolas, y carecen de base agrandada;
- La presencia simultánea de estos tricomas con forma de garra de oso en la superficie superior, y de los finos y sutiles tricomas no cistolíticos en la superficie inferior de las hojas es una característica del cannabis.

Figura 10. Vista microscópica de los tricomas no glandulares [41]



© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Tricomas cistolíticos



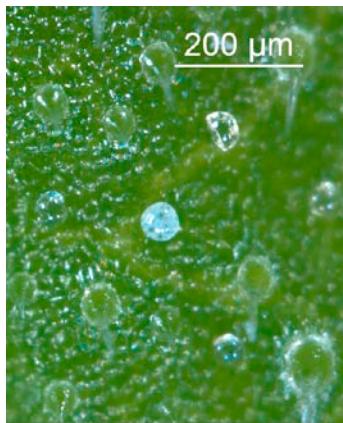
© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Tricomas no cistolíticos

b) Tricomas glandulares. Se presentan como:

- Glándulas sésiles, es decir, tricomas sin pecíolo, presentes por lo general en la parte inferior de la epidermis;
- Pequeños tricomas bulbosos y glandulares con pecíolos de una sola célula;
- Largos tallos pluricelulares en las bractéolas situadas en torno a las flores femeninas (tricomas glandulares con pecíolos pluricelulares).

Figura 11. Vista microscópica de los tricomas glandulares [41]



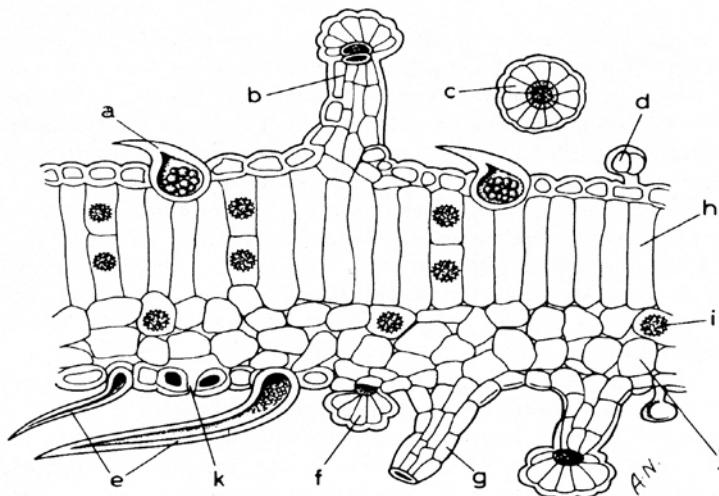
© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Glándulas sésiles



© Wissenschaftlicher Dienst Stadtpolizei Zürich

Tricomas glandulares con pecíolo

Figura 12. Sección transversal de una bráctea de la planta con fruto [42]

a: tricoma cistolítico; b: tricoma glandular grande con varias células en la cabeza y el pecíolo; c: cabeza de uno de los grandes tricomas glandulares; d: pequeño tricoma glandular con cabeza bicelular y pecíolo monocelular; e: tricomas cónicos de paredes gruesas; f: tricoma glandular grande en desarrollo; g: pecíolo de un tricoma glandular grande; h: células parietales; i: cristal de conglomerado; j: célula parenquimal; k: estoma

Los tricomas glandulares son las estructuras en las que se produce y almacena la resina de cannabis. Están relacionados principalmente con las estructuras de la flor (plantas pistiladas que contienen muchas de estas estructuras), aunque también se encuentran en la parte inferior de las hojas y de forma ocasional en los tallos de las plantas jóvenes.

Algunas plantas poseen tricomas que pueden confundirse con los del *Cannabis sativa*, y se debe prestar atención a su identificación de forma definitiva. No obstante, la combinación de filamentos cistolíticos en la superficie superior de la hoja, con tricomas más largos y glándulas sésiles en la parte inferior, características que solo presenta el *Cannabis sativa*, permite la identificación positiva incluso de la materia fragmentada.

Cabe señalar, sin embargo, que las plántulas muy inmaduras y los tallos sin hoja no pueden identificarse de forma definitiva como *Cannabis sativa* mediante un análisis botánico.

Para obtener más información sobre la identificación del cannabis y técnicas microscópicas más sofisticadas, pueden consultarse las publicaciones siguientes: [43, 44, 45 y 46].

5.4 Examen químico

5.4.1 Aspectos generales

La materia vegetal fresca tiene por lo general poca cantidad de THC, que se supone se produce artificialmente a partir del THCA mediante descarboxilación no enzimática durante su almacenamiento y consumo (por ejemplo, al fumarse) [47].

En cuanto al método analítico empleado, puede escogerse entre la medición del THCA y el THC por separado, o del THC total (es decir, la suma de las cantidades de THC y THCA). El método escogido viene determinado en ocasiones por la legislación nacional. Si no existe ningún requisito legal al respecto, por lo general se mide el THC total, dado que refleja mejor la actividad farmacológica del material.

El THC total puede obtenerse mediante descarboxilación del THCA, que forma THC. Ello se realiza durante el análisis o después del mismo. Por razones prácticas, se recomienda lo segundo.

El extracto de muestra puede introducirse en un bloque de calentamiento a 150°C en un vial de vidrio abierto. Después de la evaporación del disolvente, la descarboxilación tiene lugar dentro de los cinco minutos siguientes. No obstante, se recomienda validar este proceso en cada laboratorio forense.

La descarboxilación completa del THCA se puede producir al inyectarlo en determinados sistemas de inyección para cromatografía de gases, mientras que en otros sistemas de inyección tiene lugar una descarboxilación muy débil a la misma temperatura. Esto se debe probablemente a las distintas geometrías de inyección. Una temperatura de inyección superior puede provocar asimismo la descomposición del THC en la capa de envoltura. Por tanto, si no tiene lugar la descarboxilación antes del análisis, el sistema para cromatografía de gases específico y las condiciones del análisis deberán validarse a fin de garantizar que se produce una descarboxilación total del THCA, sin que tenga lugar la descomposición del THC [48].

5.4.2 Preparación de muestras para el examen químico

5.4.2.1 Preparación de la hierba de cannabis

El material vegetal fresco (húmedo) se seca al aire a temperatura ambiente durante varios días, o a 70°C hasta que se debiliten las hojas. En esta fase, el contenido de agua del material vegetal suele oscilar entre el 8 y el 13%.

Después, el material secado se selecciona aleatoriamente (únicamente se emplean las flores y las hojas), se pulveriza (preferiblemente con una cortadora que gire a gran velocidad, alrededor de 100 rps) y se pasa por un cedazo (de tamaño de malla de 1 mm)*.

5.4.2.2 Preparación de la resina de cannabis

La resina de cannabis se reduce a pequeños trozos mediante un rallador. Otro método posible, si el material es pegajoso, consiste en enfriar la muestra con nitrógeno líquido pulverizado y pulverizarla inmediatamente de la forma descrita anteriormente.

5.4.2.3 Preparación del aceite de cannabis

El aceite de cannabis puede utilizarse directamente para el análisis.

5.4.3 Ensayos presuntivos

5.4.3.1 Ensayos del color

Los ensayos de color del cannabis se encuentran entre los ensayos de color más detallados que existen (sólo algunas plantas como la alheña, la nuez moscada, la macis y la agrimonia dan resultados falso positivos) [49]. No obstante, un ensayo de color con resultado positivo sólo es indicio de la posible presencia de material con contenido de cannabis, pero no lo identifica de forma definitiva. Por lo tanto, el analista deberá confirmar obligatoriamente estos resultados mediante el uso de otras técnicas, por lo general más discriminatorias. Así, un laboratorio puede permitir que se realice conjuntamente el ensayo de color, la cromatografía en capa fina y microscopía del material de la planta de cannabis a fin de obtener una identificación positiva, siempre que por lo menos se identifiquen tres cannabinoides mediante TLC [50].

También se recomienda firmemente al analista que co-analice una muestra de control de cannabis (por ejemplo, un material de referencia que contenga una mezcla de patrones de referencia de cannabinoides) y una muestra aleatoria para verificar los resultados del ensayo y la funcionalidad y fiabilidad de todos los reactivos.

* Nótese que tanto el proceso de secado como la aplicación del cedazo forman parte de los métodos validados descritos en el presente manual. El uso del cedazo garantiza la homogeneidad de las muestras. Si no se aplica ese proceso, el laboratorio debe demostrar que el grado de homogeneidad se encuentra dentro de los límites de tolerancia aceptados.

5.4.3.1.1 Ensayo con la sal de Corinth sólida V

| En un papel de filtro | | |
|---|--------------------------|--|
| Reactivos A: | Éter de petróleo | |
| Reactivos B: | Sal de Corinth sólida V* | 1% peso/peso en sulfato anhidro de sodio |
| Reactivos C: | Bicarbonato de sodio | 1% peso/peso en solución acuosa |
| <i>Método</i> | | |
| Dóblense dos papeles de filtro superpuestos en cuartos y ábranse parcialmente de manera que formen un embudo; colóquese una pequeña cantidad de muestra pulverizada en el centro del papel superior. Añádanse dos gotas de reactivo A, dejando que el líquido penetre en el papel de filtro inferior. Deséchese el papel de filtro superior y déjese secar el papel de filtro inferior. Añádase una pequeñísima cantidad de reactivo B en el centro del papel de filtro y añádanse luego dos gotas de reactivo C. | | |
| <i>Resultados</i> | | |
| Una mancha de color rojo-púrpura en el centro del papel de filtro es indicio de un producto que contiene cannabis. THC, CBN y CBD arrojan la misma tonalidad de color. | | |
| Esto constituye una ventaja práctica en el caso de reactivo de ensayo <i>in situ</i> con respecto de muestras que presenten una antigüedad o procedencia diferentes. | | |

*Ensayo con la sal de Corinth sólida V = Dicloro cinc; 2-metoxi-5-metil-4-(4-metil-2-nitrofenil) diacenil-bencenodiazonio; diclorido.
= Azoic diazo componente 39
= $C_{15}H_{14}N_5O_3 \cdot 0,5 ZnCl_4$

5.4.3.1.2 Ensayo con la sal de azul sólido B

| En un papel de filtro | | |
|--|------------------------|---|
| Reactivos A: | Éter de petróleo | |
| Reactivos B: | Sal de azul sólido B** | 1% peso/peso diluido con sulfato anhidro de sodio |
| Reactivos C: | Bicarbonato de sodio. | 10% peso/peso solución acuosa |
| <i>Método</i> | | |
| El mismo que el aplicado con la sal de Corinth sólida V. | | |

Resultados

Una mancha de color rojo-púrpura en el centro del papel de filtro es indicio de un producto que contiene cannabis.

Este color es una combinación de los colores de los diferentes cannabinoides que son los principales componentes del cannabis: THC = rojo, CBN = púrpura, CBD = anaranjado.

Nota

La sal de azul sólido B se mantiene muy bien si se guarda en un frigorífico, pero a temperatura ambiente tiende a deteriorarse con el paso del tiempo y el polvo se solidifica en roca (especialmente en regiones cálidas).

** Sal de azul sólido B = Di-*o*-anisidinetetrazolium clorido

5.4.3.1.3 El ensayo rápido de Duquenois (ensayo de Duquenois-Levine)

| <i>En un tubo de ensayo</i> | | |
|-----------------------------|--|--|
| Reactivos A: | Acetaldehído (A1) Vainillina (A2) | 0,5 ml (A1) y 0,4 g (A2) en 20 ml de etanol La solución debe almacenarse en un lugar fresco y oscuro y desecharse si adquiere un acentuado color amarillo. |
| Reactivos B: | Ácido clorhídrico concentrado | |
| Reactivos C: | Cloroformo | |

Método

Colóquese una pequeña cantidad del material sospechoso en un tubo de ensayo y agítense con 2 ml de reactivo A durante un minuto. Añádanse 2 ml de reactivo B y agítense la mezcla. Déjese esta en reposo durante 10 minutos. Si aparece un color, añádanse 2 ml de reactivo C, y mézclense lentamente.

Resultados

Si la capa inferior (cloroformo) se vuelve de color violeta, esto indica la presencia de un producto del cannabis.

Notas

Este ensayo no es tan sensible como los dos anteriores basados en el papel de filtro.

5.4.3.2 Inmunoensayos

Los inmunoensayos se pueden aplicar no solo a muestras biológicas, sino también a diminutas trazas de la propia sustancia de la droga. No obstante, dado que estos análisis son costosos y no aportan demasiado valor adicional como prueba, raramente se usan para la identificación presuntiva.

5.4.4 Espectrometría de movilidad iónica (EMI)

El análisis de THC puede realizarse mediante un espectrómetro de movilidad iónica. Se han constatado diversos problemas relacionados con la separación de señales de la heroína y humedad [51]. Por lo tanto, no es el método ideal.

5.4.5 Cromatografía en capa delgada (CCD)

Existe una serie de métodos de CCD para realizar un análisis cualitativo y semi-cuantitativo del cannabis, por medio de diversas fases estacionarias (placas de CCD) y sistemas de disolventes, y técnicas ligeramente distintas respecto de la preparación de la muestra y la visualización por punto. Muchos de estos métodos también producen resultados aceptables, pero cada método que se emplee en un laboratorio por primera vez debe ser validado y/o verificado antes de su uso habitual. El siguiente método se ha ensayado en la práctica y se considera adecuado para su fin.

| Placa: HPTLC de 10 x 10 cm y gel de sílice | | |
|--|--|-------------------------------|
| Sistema A: | Éter de petróleo 60/90 Éter de dietilo | 80% v/v 20% v/v |
| Sistema B: | Ciclohexano Éter de diisopropilo Dietilamina | 52% v/v 40% v/v 8% v/v |
| Sistema C: (para los ácidos cannabinoides) | n-Hexano Dioxano Metanol | 70% v/v 20% v/v 10% v/v |
| Acondicionado del tanque: 30 min. con papel de filtro a un lado. | | |

Preparación de la muestra

Si la única finalidad del examen de CCD es cualitativa (por ejemplo, para confirmar las pruebas microscópicas o macroscópicas de que el material sospechoso es cannabis) no es necesario llevar a cabo la homogeneización del material herbáceo (véase la sección 5.4.2 para obtener información detallada sobre la preparación de muestras para examen químico). Las partes de la planta de cannabis que contienen los niveles más altos de cannabinoides (por ejemplo, las sumidades floridas y las hojas superiores) pueden seleccionarse para la extracción.

Las cantidades adecuadas para la extracción son aproximadamente 500 mg de hierba de cannabis, 100 mg de resina de cannabis y 50 mg de cannabis líquida (aceite de cannabis). El plan de extracción debe concebirse de modo que produzca soluciones finales con concentraciones de THC de, aproximadamente, 0,5 mg/ml. En la sección 3.11 figuran los niveles típicos de THC presentes en los materiales del cannabis.

La muestra se extrae mediante 10 ml de disolvente durante 15 minutos a temperatura ambiente, agitándola o mediante un baño ultrasónico. Después el extracto se filtra y estará listo para que se le aplique la cromatografía^{*}.

Como los cannabinoides son fácilmente solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos, el metanol, el éter de petróleo, el n-hexano, el tolueno y el cloroformo, y diversas combinaciones de disolventes como el metanol:cloroformo (9:1) son igualmente aptos para su extracción. Conviene advertir, no obstante, que los disolventes no polares como el n-hexano y el éter de petróleo darán un extracto relativamente limpio, pero extraerán solo los cannabinoides neutros/libres cuantitativamente, mientras que los demás solventes y sus combinaciones dan asimismo extracciones cuantitativas de los ácidos cannabinoides.

Para la identificación, la extracción limpia más sencilla con éter de petróleo es suficiente, mientras que a efectos de cuantificación y determinación de la cantidad total de THC deben utilizarse otros disolventes.

Soluciones patrón

Las soluciones patrón deben prepararse en una concentración de, aproximadamente, 0,5 mg de cannabinoides por ml en metanol y se deben almacenar en un lugar fresco y oscuro.

^{*}Cabe señalar que el procedimiento descrito forma parte de un método ensayado en la práctica y que se considera adecuado para su fin. La extracción pasiva, con la mezcla de muestra/disolvente dejada reposar, también puede emplearse. Puede realizarse la filtración, si bien ello no es necesario; el uso del líquido sobrenadante debería producir resultados fiables. A efectos de identificación, pueden ser suficientes cantidades menores de disolventes y muestras. Cualquier modificación del método descrito deberá ser evaluada en el laboratorio del analista.

Visualización

Las placas deben secarse antes de proceder al examen visual. El secado puede efectuarse a la temperatura ambiente o mediante el uso de una cámara secadora, un horno o aire caliente. En los últimos casos, hay que tener cuidado de que ningún componente de interés se descomponga.

Reactivos pulverizado: (debe haberse preparado poco antes de usarse, preferiblemente una vez por día)*

| | | |
|-----------|----------------------|--|
| Método 1: | Sal de azul sólido B | 50 mg en 20 ml de NaOH (0.1 N) |
| Método 2: | Sal de azul sólido B | 50 mg en 1 ml de agua, añadiéndose después 20 ml de metanol. |

Nota

Es importante que la placa de CCD esté alcalinizada para que el color se desarrolle adecuadamente. Para ello puede usarse el método de examen visual 1. Otro método consiste en pulverizar dietilamina sobre la placa de CCD antes de la solución de sal de azul sólido B. En todos los casos, las placas no deberían humedecerse demasiado, puesto que se podría producir difusión en agar.

Fijación

Los resultados del análisis deberían conservarse con objeto de disponer de un registro permanente. El método ideal a tal efecto es realizar una serie de pulverizaciones. El orden de pulverización es el siguiente:

Dietilamina - Solución de sal de azul sólido B - Dietilamina

Después, las placas se secan mediante aire caliente, o se dejan secar a temperatura ambiente hasta el día siguiente.

Para el almacenamiento, se sellan las placas dentro de bolsas de plástico transparente. Estas placas tardan mucho tiempo en oscurecerse. Otro método consiste en escanear o fotografiar las placas para disponer de un registro permanente de los resultados del análisis.

Nota

Se alega que la sal de azul sólido B es un cancerígeno potencial, por lo que se deben adoptar precauciones adecuadas.

*Puede no requerirse la preparación diaria del reactivo pulverizado al usar sal de azul sólido BB o sal de azul sólido RR (0,2 por ciento p/v solución de sal de azul sólido BB o sal de azul sólido RR en metanol o metanol/agua 1:1).

Resultados

Los valores Rf x 100 están sujetos a variaciones que dependen de las condiciones de laboratorio (por ejemplo, la temperatura, la humedad, etc.) y otros parámetros (por ejemplo, la antigüedad y la calidad de los materiales de cannabis utilizados). Por lo tanto, es una buena práctica aplicar los patrones de cannabinoides junto con la muestra en la misma placa de CCD.

| Compuesto | Sistema de desarrollo, valores Rf x 100* | | |
|-----------|--|----|-----|
| | A | B | C** |
| CBN | 33 | 26 | 47 |
| THC | 37 | 38 | 49 |
| CBD | 42 | 42 | 47 |
| THCA | 6 | - | 36 |

* Los resultados corresponden al empleo del método en el que se utilizan placas de HPTLC, como se describe en esta sección. Las placas tradicionales de 20x20 con una gruesa capa de 0,25 mm de gel de sílice proporcionan separaciones similares, si bien deberán determinarse los valores Rf correspondientes.

** El sistema C sólo se recomienda para la separación e identificación de los ácidos cannabinoides. No proporciona una adecuada separación de CBN, THC y CBD.

5.4.6 Cromatografía de gases - detector de ionización de llama (GC-FID), sin y con derivación

El propósito del análisis determina la necesidad de realizar o no derivación. Sin derivación previa (silylación) de THC y THCA, el análisis GC descarboxilará al segundo y producirá el contenido total de THC de la muestra de cannabis, que es la suma del THC libre y el THC que forma el THCA. Puesto que el contenido total de THC determina la potencia máxima del cannabis que se fuma habitualmente (y por lo tanto que se descarboxila), la mayoría de los sistemas de justicia penal consideran como parámetro pertinente el contenido total de THC. Sin embargo, si se deben comunicar ambos contenidos, la derivación previa sí será necesaria (véase también la sección 5.4.1).

5.4.6.1 Técnica de columna capilar*

El método expuesto a continuación es un método validado [52]. La validación abarca el proceso completo, desde la preparación de las muestras hasta el análisis de CG.

* La técnica de la columna rellena ya no se incluye en el presente manual, dado que los sistemas de GC incorporan por lo general columnas capilares (de pequeño y gran calibre). Se alienta a los laboratorios que utilizan sistemas de GC con columnas llenas a que continúen utilizando sus métodos establecidos (y validados). Puede solicitarse información sobre las técnicas de columnas llenas por medio de la dirección electrónica lab@unodc.org.

Otros métodos también pueden producir resultados aceptables, pero se deben validar y/o verificar antes de su uso habitual.

| | |
|--------------------|---|
| Columna: | 15 m x 0,25 mm, 0,25 pm; |
| Fase: | 5% difenil - 95% dimetilpolisiloxano |
| Trasportador: | Hidrógeno, 1,1 ml/min, flujo constante |
| Inyector: | Sistema con división/sin división de flujo (split/splitless), 280°C |
| Relación de split: | 20:1 |
| Horno: | 2 min a 200°C, 10°C/min 200-240°C, 2 min a 240°C |
| Detector: | FID 300°C, H ₂ 35 ml/min, Aire 350 ml/min |
| Patrón interno: | Tribencilamina (TBA) en etanol (0,5 mg/ml) |
| Inyección: | 1,5 µl, Sistema con división |
| Orden de elución: | CBD, THC, CBN |

Preparación de la muestra

Extráiganse 200 mg de hierba de cannabis seca y homogeneizada (véase la sección 5.4.2) con 20 ml de solución patrón interno (ISTD) (véase *infra*) durante 15 minutos en baño ultrasónico. Debido a la mayor concentración de THC en la resina de cannabis, solo se necesitan 100 mg de resina. Si la muestra es cannabis líquido (aceite de cannabis), un peso de alrededor de 50 mg será suficiente.

Puesto que, dependiendo del sistema de GC, no se ha determinado si la descarboxilación del THCA en el recipiente de GC es cuantitativa, se recomienda firmemente pasar a la fase de descarboxilación antes de realizar el análisis de GC*. A tal efecto, transfíranse 500 µl de la solución a un vial GC de 2 ml. Colóquese el vial en una unidad de calentamiento (a 150°C) durante 12 minutos, para que se evapore el disolvente y se descarboxile el THCA. Disuélvase el residuo en 1,5 ml de etanol, agítense bien el vial y analícese mediante GC la solución que resulte.

Calibración

Como el material de referencia de THC se degrada rápidamente y la calidad de la que por lo general se dispone no es aceptable, la cuantificación del THC puede llevarse a cabo usando material de referencia de CBN. La calibración con CBN en lugar de THC es conocida y ampliamente aceptada. Hipotéticamente, el factor de correlación es de 1,00 [53]. A efectos de validación, para demostrar la validez del factor teórico en el cromatógrafo de gases dado, es buena práctica medir y supervisar la proporción de CBN respecto de un compuesto similar al CDB.

*Si no tiene lugar la descarboxilación antes del análisis, el sistema específico de cromatografía de gases y las condiciones del análisis deben validarse con objeto de garantizar que producen la descarboxilación total del THCA que no provocan la descomposición del THC.

Soluciones de calibración

Las soluciones patrón de CBN se preparan en viales de 2 ml para GC de acuerdo con lo especificado en el cuadro siguiente:

| | |
|---------------------------------|--|
| Solución madre (SS): | 1 mg de CBN/ml etanol |
| Disolución intermedia (ID): | 100 µl de solución madre + 900 µl etanol |
| Solución patrón interna (ISTD): | 0,5 mg de tribencilamina (TBA)/ml etanol |

| | | | | |
|--------|-----------|------------------------|-------------------|------|
| Pat. 1 | 50 µl ID | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 950 µl etanol | 0,1% |
| Pat. 2 | 250 µl ID | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 750 µl etanol | 0,5% |
| Pat. 3 | 50 µl SS | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 950 µl etanol | 1% |
| Pat. 4 | 150 µl SS | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 850 µl etanol | 3% |
| Pat. 5 | 250 µl SS | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 750 µl etanol | 5% |
| Pat. 6 | 500 µl SS | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 500 µl etanol | 10% |
| Pat. 7 | 800 µl SS | + 500 µl Solución ISTD | + ~ 200 µl etanol | 16% |

Las soluciones patrón deben almacenarse en un lugar fresco y oscuro, durante un período máximo de cuatro meses.

Sililación

Si el THCA debe analizarse por separado, es decir, sin descarboxilación, han de derivarse 1,5 ml alícuotas del anterior extracto (no descarboxilado por procedimientos térmicos) antes del análisis de GC. He aquí algunos agentes de derivación utilizados a menudo:

| | |
|-------------|---|
| MSTFA: | N-metil-N-trimetilsilitrifluoreacetamida |
| BSTFA/TMCS: | N,O-bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida/Trimetilclorosilano (1%) |

Los disolventes de sililación como el etanol deben suprimirse, por lo general por medio de una débil corriente de nitrógeno. El residuo se recoge en 1,5 ml de cloroformo. Se añaden 100 µl de MSTFA y se calientan durante 30 min. a 70°C. La solución resultante puede analizarse directamente.

5.4.7 Cromatografía de gases-Espectrometría de masa (GC-EM)

El análisis de GC-EM puede llevarse a cabo de manera análoga a la del análisis de GD-FID.

Se dispone de espectros patrón de los cannabinoides más comunes, tanto con forma derivada como no derivada, en las bases de datos comerciales de EM de uso corriente.

5.4.8 Cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC)

El método descrito a continuación es un método validado para el análisis del contenido total de THC (THC + THCOOH) en la hierba de cannabis después de la extracción con metanol/cloroformo y la ulterior descarboxilación [54, 55]. La validación abarca todo el proceso, desde la preparación de las muestras hasta el análisis por HPLC. Otros métodos pueden producir también resultados aceptables, pero se deben validar y/o verificar antes de su uso habitual. Mediante la adecuada verificación, puede aplicarse también el mismo método a otros productos del cannabis.

| | |
|----------------------------|--|
| Tipo de columna: | 250x4mm RP-8 (5 µm); columna previa 4x4mm RP-8 (5 µm) |
| Temperatura de la columna: | 30°C |
| Fase móvil: | Acetonitrilo: agua (8:2 v/v), isocrática, tiempo de parada 8 min |
| Flujo: | 1 ml/min |
| Detección: | Matriz de fotodiódos (PDA), 220 nm y 240 nm |
| Inyección: | 10 µl |
| Orden de elución: | CBD, CBN, THC, THCA (si la decarboxilación no se lleva a cabo o no se termina) |

Preparación de la muestra

Extráiganse 500 mg de hierba de cannabis seca y homogénea (véase la sección 5.4.2) con 5 ml de metanol: cloroformo (9:1 v/v) mediante el siguiente procedimiento: remuévase el material 10 segundos en vórtice, luego póngase 15 min en baño ultrasónico, después agítense de nuevo en vórtice durante 5, 10 y 15 minutos, y por último centrifúguese.

Decarboxilación

Se transfieren 200 µl del extracto anterior a un recipiente de derivación. El disolvente se evapora en gas nitrógeno hasta secarse. La muestra se descarboxila durante 15 minutos a 210°C. El residuo se disuelve en 200 µl de metanol : cloroformo (9:1 v/v).

Preparación de la solución final

La solución de descarboxilación anterior se diluye con metanol según un factor de 100 (en dos etapas, de 100 µl + 900 µl) y luego se emplea para el análisis.

Para contenidos inferiores de THC (< 0,5 por ciento), es suficiente un factor de disolución de 10 en lugar de 100.

Calibración

Solución madre: Solución patrón de 1 mg (-)-Δ⁹-THC/ml metanol

Dilución 1: 100 µl (Solución madre) + 900 µl metanol = 0,1 mg THC/ml metanol

Dilución 2: 100 µl (dilución 1) + 900 µl metanol = 0,01 mg THC/ml metanol

| Núm. | Concentración (mg/ml) | STD (vol. de patrón) | Metanol (vol. de metanol) |
|------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,001 | 10 µl 0,01 mg/ml | 90 µl |
| 2 | 0,005 | 50 µl 0,01 mg/ml | 50 µl |
| 3 | 0,01 | 10 µl 0,1 mg/ml | 90 µl |
| 4 | 0,05 | 50 µl 0,1 mg/ml | 50 µl |
| 5 | 0,1 | 100 µl 0,1 mg/ml | 0 µl |

Las soluciones patrón se deben almacenar en un lugar oscuro y fresco durante un período máximo de cuatro meses.

Resultados

Para llevar a cabo una identificación cualitativa, el tiempo de retención y espectro DAD del cannabinoide debe coincidir.

| Sustancia | Tiempo de retención (min)* | Tiempo de retención relativo* |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Cannabidiol | 4,9 | 0,69 |
| Cannabinol | 6,0 | 0,85 |
| (-)-Δ ⁹ -THC | 7,1 | 1,00 |
| (-)-Δ ⁹ -THC ácido | 7,4 | 1,04 |

*En un LiChrospher® de 250-4mm 60 RP-select B (5μm) con columna previa 4-4 LiChrospher® 60 RP-select B (5μm).

El cálculo de los resultados cuantitativos se efectúa a las longitudes de onda de 220 y 240 nm.

6. Técnicas y métodos analíticos adicionales para el análisis de los productos del cannabis

En esta sección se presenta un breve resumen de varias técnicas y métodos adicionales que pueden aplicarse para el análisis de los productos del cannabis.

6.1 Establecimiento de perfiles de GC-FID para las incautaciones de productos del cannabis

Para realizar una clasificación quimiométrica se utilizan perfiles patrón de GC. El análisis puede llevarse a cabo en una columna patrón. Para el análisis de conglomerados, se utiliza el rango de terpenoides, que consta principalmente de sesquiterpenos. Los perfiles de GC de muestras de cannabis con el mismo origen muestran un patrón de pico similar, permitiendo de esta forma la vinculación de las muestras. Los estudios de correlación señalan que podría ser factible determinar el origen geográfico de una muestra de cannabis sobre la base de su rastro químico [56].

Sin embargo, debido a la alta variabilidad natural del cannabis, la necesidad de contar con materia de cannabis de referencia auténtica (es decir, de origen conocido), y el uso de coeficientes de probabilidad (probabilidades) para describir las regiones de origen, el valor forense de los perfiles de GC a efectos de determinación del origen puede ser limitado.

Por el contrario, este método podría usarse para el análisis muestra por muestra. Ello permitiría vincular las muestras de la misma antigüedad, fenotipo y planta de producción. Su viabilidad tendría que demostrarse mediante un gran conjunto de datos.

6.2 Microextracción en fase sólida (SPME)

La SPME es una técnica de preparación de muestras sin disolvente, que puede emplearse para el muestreo y el análisis de marcadores químicos volátiles sobre el espacio de cabeza de las soluciones, directamente sobre el material sospechoso, o para el análisis de las soluciones acuosas que contengan los analitos objeto del

análisis. Para los productos de cannabis, se ha informado del uso de la SPME para el análisis de componentes volátiles y cannabinoides [57, 58].

La microextracción en fase sólida sobre espacio de cabeza también se ha llevado a cabo en determinados alimentos a base de hachís mediante hidrólisis alcalina (NaOH) y derivación sobre fibra (MSTFA), usando después detección por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Mediante el uso de patrones deuterados, se ha demostrado que el método es eficaz para el análisis de los principales cannabinoides, el THC, CBN y CDB y, en comparación con la extracción líquido-líquido, es notablemente más rápido [59].

6.3 Espectrometría de masas de razones isotópicas (IRMS)

La variación de las proporciones de razones isotópicas estables de carbono y nitrógeno es más útil para identificar el origen geográfico de la materia vegetal. A diferencia de otras drogas como la heroína y la cocaína, el cannabis no se procesa químicamente para su suministro ilícito, y por lo tanto conserva sus características elementales e isotópicas originales. Así pues, estos parámetros podrían utilizarse para indicar el origen geográfico [60].

No obstante, las diversas condiciones de cultivo (por ejemplo, la cantidad de agua suministrada, el crecimiento en tierra o sin ella, es decir, cultivo en exteriores o en interiores, el tipo de suelo y de fertilizantes, etc.) pueden influir en la composición isotópica de las plantas, y por lo tanto, también en la exactitud de su identificación [61]. Asimismo, solo es posible obtener resultados pertinentes si se dispone de materia de cannabis de referencia auténtica (de origen conocido).

6.4 Establecimiento de perfiles de ADN

Esta técnica permite vincular los productos sobre la base de sus perfiles genéticos, que podrían ser útiles a efectos de investigación, por ejemplo, para el establecimiento de vínculos entre los productores, los traficantes y los consumidores.

Sin embargo, esa huella genética no tiene por qué ser necesariamente única, a diferencia de lo que ocurre con el ADN humano, puesto que la clonación de variedades de cannabis tiene lugar con bastante frecuencia. Por lo tanto, el hecho de que los perfiles de ADN de dos muestras coincidan no demuestra que dichas muestras provengan de la misma planta, y mucho menos del mismo productor. Habida cuenta de que los productores también venden sus esquejes, en ocasiones cabe cuestionar el valor forense de las muestras con idénticos perfiles por medio de esta técnica, relativamente cara.

Consúltese la referencia 62 para mayor información sobre los diversos métodos de ensayo de ADN, así como para obtener una visión de conjunto de los mismos.

7. Referencias

1. Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías (EMCDDA), Comunicado de prensa, 26 de junio de 2004.
2. EMCDDA (2004), An overview of cannabis potency in Europe, ISBN 92-9168-184-9 (consúltese asimismo www.emcdda.europa.eu/html.cfm/index33984EN.html, enero de 2009)
3. ElSohly M.A. (2007). Marihuana and the Cannabinoids, Human Press, ISBN 1-59745-947-8
4. Estadísticas sobre THC, Oficina Federal Suiza de Sanidad Pública (consúltese asimismo www.sgrm.ch/getdate.php?datei_id=404; en alemán; enero de 2009)
5. Niesink R.J.M. et al. (2007), THC concentrations in marihuana, nederwiet and hash in Nederlands coffeshops (2006-2007), Utrecht, Trimbos Institute, ISBN 978-90-5253-593-7 (en holandés con resumen en inglés; consúltese asimismo www.trimbos.nl/Downloads/Producten/DefinitiefTHC%202007%20definitief%20sept%20RNI.pdf; enero de 2009)
6. Hardwick, S. and King, L. (2008), Home Office Cannabis Potency Study 2008, ISBN 978-1-84726-662-0 (consúltese asimismo http://scienceandresearch.homeoffice.gov.uk/hosdb/publications/drug-detection-publications/31-08_-_Home_Office_Cannabi1.pdf?view=Binary; enero de 2009)
7. McLaren, J., et al. (2008), Cannabis potency and contamination: a review of the literature, *Addiction*, 103 (7), 1100-1109.
8. Potter, D.J. et al. (2008), Potency of Δ9-THC and other cannabinoids in Cannabis in England in 2005: Implications for psychoactivity and pharmacology, *J. Forensic Sci.*, 53 (1), 90-94.
9. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), Informes mundiales anuales sobre la droga (consúltese www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/WDR.html; enero de 2009)
10. UNODC, Multilingual Dictionary of Narcotic Drugs and Psychotropic Substances Under International Control, 2007 (véase www.unodc.org/unodc/en/scientists/multilingual-dictionary-of-narcotic-drugs-and-psychotropic-substances-under-international-control.html.html; enero de 2009)

11. Hill, R.J., (1983), Marijuana, Cannabis sativa L., Regulatory Horticulture, Weed Circular No. 5, 9 (1-2), 57-66.
12. Flora of North America, www.efloras.org (enero de 2009)
13. www.illustratedgarden.org (enero de 2009)
14. www.ab.ru/~slava/flora/f181.htm (enero de 2009)
15. www.fredicampo.com (noviembre de 2007)
16. Wolf, D. (2007), Botanic Garden, Basel, Comunicado personal.
17. encycl.opentopia.com/term/Cannabis_sativa (enero de 2009)
18. Wolke, W (1995), Cannabis Handbuch, *Raymond Martin Verlag*, ISBN 3-88631-220-5
19. www.answers.com/topic/cannabis (enero de 2009)
20. Bone, C., Waldron, S.J., (1999), New trends in illicit cannabis cultivation in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, *Bulletin on Narcotics*, Vol. XLIX y L, 117-128.
21. Europol Drugs Information Bulletin No. 3/2001, 7
22. Mahler, H. (2007), Proceedings XV. GTFCh Symposium 2007, Mosbach, ISBN ISBN 978-3-00-023794-2 (en alemán; consúltese asimismo www.gtfch.org/cms/images/stories/media/tb/tb2007/s451-464.pdf; enero de 2009)
23. Stambouli, H. et al. (2007), Cultivation of Cannabis sativa L. in northern Morocco, *Boletín de Estupefacientes*, Vol. LVII, Nos. 1 y 2, 79-118.
24. Toonen, M., Ribot, S. and Thissen, J. (2006), Yield of indoor Cannabis cultivation in The Netherlands, *J. Forensic Sci.*, 51, 1050-1054.
25. Bureau Ontnemingswetgeving Openbaar Ministerie (BOOM) (2005), Wederrechtelijk verkregen voordeel hennepkwekrij bij binnenteelt onder kunstlicht: Standaardberekeningen en normen.
26. Fritschi, G., Klein, B. and Szilluweit, W. (2006), Verteilung der THC-Gehalte in Marihuana pflanzen: Bestimmung der Gehalte in Wurzeln, Stängeln, Blättern und Blüten, *Toxicem+Krimtech*, 73(2), 54-56. (en alemán; consúltese asimismo www.gtfch.org/tk/tk73_2/Fritschi1.pdf; enero de 2009)
27. Estadísticas sobre THC, Oficina Federal Suiza de Sanidad Pública (consúltese asimismo www.sgrm.ch/content.php?setsprache=d&action=sellang&alternativ=e=>Chemie>Forensische Chemie>THC Gehaltstatistik 2006_2; enero de 2009)
28. Raharjo, T.J., et al. (2004), Cloning and overexpression of a cDNA encoding a polyketide synthase (PKS) from Cannabis sativa L., *Plant Physiol. Biochem.*, 42, 291-297.
29. Futoshi, T. et al. (1995), *J. Am. Chem. Soc.* 117, 9766-9767

30. Futoshi, T. et al. (1996), *J. Biol. Chem.* 271, 17411-17416
31. Fellermeier M., et al. (2001), Biosynthesis of cannabinoids, Incorporation experiments with 13C-labeled glucoses, *European Journal of Biochemistry*, 268 (6), 1596-1604.
32. With permission of Kantonspolizei Zurich, KTA-KF
33. Industrial Hemp in the United States, www.ers.usda.gov/publications/ages001E/ages001Eh.pdf (enero de 2009)
34. King, L.A. (2003), “The Misuse of Drugs Act” - A Guide for forensic scientists, Publicación de la RSC (p. 82).
35. Cole, M.D. (2003), The analysis of controlled substances, *John Wiley & Sons*, ISBN 0-471-49252-3 (HB)
36. Ross, S.A. and Elsohly, M.A. (1997), CBN and Δ9-THC concentration ratio as an indicator of the age of stored marijuana samples, *Bulletin on Narcotics*, Vol. XLIX y L, 139-147.
37. De Meijer, E.P.M et al. (1992), Characterization of Cannabis accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characteristics, *Euphytica*, 62, 187-200.
38. Grupo de trabajo contra las drogas de la Red Europea de Institutos Forenses (ENFSI) y la UNODC (2009), Guidelines for representative drug sampling (consúltese asimismo www.unodc.org/unodc/en/scientists/guidelines-on-representative-drug-sampling.html).
39. Diario Oficial de las Comunidades Europeas del 28 de diciembre de 2000 (L 332/63), Reglamento (CE) No 2860/2000 de la Comisión de 27 de diciembre de 2000 (consúltese eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2000/l_332/l_33220001228en00630075.pdf; enero de 2009)
40. www.SWGDRUG.org (enero de 2009)
41. Wissenschaftlicher Dienst, Stadtpolizei Zurich, Suiza, con permiso (2007).
42. Joyce and Curry (1970), The botany and chemistry of Cannabis.
43. Jackson, B.P. and Snowdon, D.W. (1968), Powdered Vegetable Drugs, *J&A Churchill Ltd.*, London
44. Dayanandan, P. and Kaufman, P.B. (1976), Trichomes of Cannabis sativa L. (Cannabaceae), *Amer. J. Bot.* 63(5), 578-591
45. Hammond, C.T. and Mahlberg, P.G. (1973), Morphology of glandular hairs of Cannabis sativa from scanning electron microscopy, *Amer J. Bot.*, 60(6) 524-528
46. Segelman, A.B. et al. (1973), *J. Pharm. Sci.*, Vol 62, Issue 3, 515-516

47. Sirikantaramas, S. et al. (2004), The gene controlling marijuana psychoactivity: Molecular cloning and heterologous expression of A¹-tetrahydrocannabinolic acid synthase from Cannabis sativa L., *J. Biol. Chem.*, 279 (38), 39767-39774.
48. Dussy, F.E. et al. (2005), *Forensic Sci. Int.* 149, 3-10
49. Faubert Maunder, M.J. de (1969), Two Simple colour tests for cannabis, *Bulletin on Narcotics*, vol. 1969/4, 37 a 42.
50. Andrew Holmes (2007), comunicado personal.
51. Fuche, Chr. et al. (2001), The use of IMS and GC/IMS, *IJIMS* 4, 1, 20-25, p. 23
52. Wissenschaftlicher Dienst, Stadtpolizei Zurich, Suiza, método validado, con permiso (2007).
53. Poortman-van der Meer, A.J. and Huizer, H. (1999), A contribution to the improvement of accuracy in the quantitation of THC, *Forensic Sci. Int.*, 101, 1-8.
54. Institute of Legal Medicine, San Gallo, Suiza, método validado, con permiso (2005).
55. Brenneisen R. (1984), Psychotrope Drogen, Pharm. *Acta Helv.*, 59, 9-10, 247-259.
56. Brenneisen, R. and ElSohly, M.A. (1988), Chromatographic and spectroscopic profiles of Cannabis of different origins: Part I, *J. Forensic Sci.*, 33, 1385-1404.
57. Lai, H., et al. (2008), Headspace sampling and detection of cocaine, MDMA, and marijuana via volatile markers in the presence of potential interferences by solid phase microextraction-ion mobility spectrometry (SPME-IMS), *Anal Bioanal Chem.*, 392 (1-2), 105-113.
58. Ilias, Y., et al. (2005), Extraction and analysis of different Cannabis samples by headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Separation Science*, 28 (17), 2293-2300.
59. Lachenmeier, D. W. et al. (2004), Determination of cannabinoids in hemp food products by use of headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry, *Anal. A. Bioanal. Chem.*, 378 (1), 183-189.
60. Shibuya, E. et al. (2006), Sourcing Brazilian marijuana by applying IRMS analysis to seized samples, *Forensic Sci. Int.*, 160 (1), 35-43.
61. Benson, S. et al. (2006), Forensic applications of isotope ratio mass spectrometry - A review, *Forensic Sci. Int.*, 157 (1), 1-22.
62. Miller Coyle, H. et al. (2003), An overview of DNA methods for the identification and individualization of marijuana, *Croat. Med. J.*, 44 (3), 315-321.

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى: الأمم المتحدة، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف.

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经营处均有发售。 请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

CÓMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.



Oficina de las Naciones Unidas
contra la Drogas y el Delito

Centro Internacional de Viena, Apartado postal 500, 1400 Viena, Austria
Tel.: (+43-1) 26060-0, Fax: (+43-1) 26060-5866, www.unodc.org

Publicación de las Naciones Unidas
Impreso en Austria

Número de venta: S.09.XI.15
ST/NAR/40



V.09-89097—Enero de 2010—230

USD 15
ISBN 978-92-1-348147-9

A standard linear barcode representing the ISBN of the publication.

9 789213 481479

51500