

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA

Facultad de Ciencias Agrarias



"Estado actual del conocimiento agronómico de la planta *Cannabis sativa* L. en Argentina"

Carrera: Ingeniería agronómica

Materia: Espacio de prácticas profesionales

Modalidad: Plan de Especialización sobre *Cannabis sativa* L.

Alumna: Zarate, Maria Rosa

Tutor: Benavidez, Ernesto

Año: 2022

Agradecimientos

Quiero agradecer al Centro de Graduados de Ciencias Agrarias por darme la posibilidad de cursar la “Diplomatura en Cannabis y sus usos medicinales” en la Universidad Nacional Arturo Jauretche mediante una beca y por dejarme ser parte del grupo de estudio de *Cannabis* de la Escuela de Formación Profesional de la Asociación de Graduados en Ciencias Agrarias como Técnica Universitaria en Producción Vegetal.

Y un especial agradecimiento a mi tutor Ernesto Benavidez, quién me ayudó en todo lo necesario para que pudiera especializarme en el tema.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico especialmente a mi hija Sara, a mi compañero Jorge, a mis padres y a toda mi familia que me acompañaron y me siguen acompañando en este camino.

ÍNDICE

1. Resumen	5
2. Objetivo	6
3. Hipótesis	6
4. Problemática	6
5. Introducción. Historia del uso de la planta de Cannabis	7
6. Marco regulatorio actual en Argentina	11
7. Producción de <i>Cannabis sativa</i> L.	13
7.1 Taxonomía	13
7.2 Botánica	16
7.2.1 Raíz	17
7.2.2 Tallo	17
7.2.3 Hojas	18
7.2.4 Flores	18
7.2.5 Semillas	25
8. Composición química	25
9. Edafología	30
10. Clima	30
11. Nutrientes	31
12. Temperatura. Sumas térmicas	33
13. Agua	35
14. Aireación	35
15. Cultivo hidropónico	36
16. Crecimiento y desarrollo	36
16.1 Fenología	
16.2 Radiación fotosintéticamente activa	40
16.2.1 Luz artificial	41
16.2.2 La luz total diaria (DLI)	43
16.3 VPD o déficit de presión de vapor	44
16.4 Estado vegetativo	44
16.4.1 Germinación y emergencia	45
16.4.2 Periodo de latencia	45
16.5 Estado reproductivo	46

17. Cosecha	48
18. Postcosecha	50
19. Sistemas de cultivo	51
20. Productos	53
21. Discusión	55
22. Conclusiones	57
23. Bibliografía	58

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Arquitectura de la planta	19
Figura 2. Diagramas esquemáticos de la arquitectura de plantas e inflorescencias	20
Figura 3. Esquema de flor masculina	21
Figura 4. Flor femenina junto al fruto que es un Aquenio	22
Figura 5. Tricomas no glandulares	23
Figura 6. Tricomas glandulares	24
Figura 7. Imágen con los tres tipos de tricomas glandulares	24
Figura 8. Características de los tricomas glandulares sésiles, con tallo y sin tallo	28
Figura 9. Esquema de la vía biosintética que conduce a los metabolitos secundarios de <i>Cannabis</i> .	29
Figura 10. Momentos de cosecha	49
Tabla 1. Clasificación por Quimiotipos	15
Tabla 2. Extracción de nutrientes por kg de materia seca	31
Tabla 3. Requerimientos nutricionales, tratamiento con poca luz	32
Tabla 4. Requerimientos nutricionales, tratamiento con mucha luz	32
Tabla 5. Sumas térmicas	34
Tabla 6. Definiciones y códigos de estados de crecimiento	37
Tabla 7. Valores PPF	42

Estado actual del conocimiento agronómico de la planta *Cannabis sativa* L. en Argentina

1. Resumen

Cannabis sativa L. es una planta herbácea, anual, dioica, angiosperma, dicotiledónea. Por lo general, la planta se considera monoespecífica, altamente polimórfica cuyo origen es Asia central. La polinización es anemófila. La semilla se origina en el interior de un aquenio el cual posee un pericarpio duro. El peso de 1000 semillas va de 3 a 60 gramos dependiendo de la variedad (comúnmente entre 15-20 g) y las condiciones de crecimiento. La planta de *Cannabis* se puede cultivar en exterior, invernáculo e indoor, puede ser con fines terapéuticos, industriales y/o mixtos. Según el destino de la producción de *Cannabis* varía el órgano de cosecha, siendo los tallos, flores y/o frutos los más utilizados. Entre los productos obtenidos se encuentran la semilla, el aceite de semilla, el aceite esencial, la resina entre otros. La prohibición produce actualmente una traba en la producción e investigación de la planta de *Cannabis* que si bien han habido avances en las regulaciones, todavía sigue penalizada por la ley 23.737. El objetivo de este trabajo es brindar información sobre el estado actual del conocimiento agronómico de la planta *Cannabis sativa* L. en Argentina, mediante la revisión bibliográfica por medio de los cursos y capacitaciones realizados en los últimos 3 años en el marco del presente plan de especialización. Tiene por hipótesis que hay una vacancia de conocimiento agronómico de *Cannabis sativa* L. en las unidades académicas.

Palabras claves: *Cannabis*, taxonomía, morfofisiología, agronomía, usos.

2. Objetivo

Brindar información sobre el estado actual del conocimiento agronómico de la planta *Cannabis sativa* L. en Argentina, mediante la revisión bibliográfica por medio de los cursos y capacitaciones realizados en los últimos 3 años en el marco del presente plan de especialización.

3. Hipótesis

Hay una vacancia de conocimiento agronómico de *Cannabis sativa* L. en las unidades académicas.

4. Problemática

“Nuestro país se encuentra adherido al régimen internacional de fiscalización de psicotrópicos de las Naciones Unidas que integran tres tratados internacionales, siendo el primero la Convención Única de Estupefacientes (1961). Conforme este, ciertas plantas y sustancias deben ser estrictamente controladas por los Estados, para garantizar que sólo sean usadas con fines lícitos” (Baca Paunero, 2022).

La prohibición del uso y tenencia de plantas de *Cannabis* y sus productos produce actualmente una traba en la producción e investigación de la misma, haciendo que se vulneren los derechos individuales y/o colectivos de las personas que quieren utilizar a la planta con diversos fines, haciendo que existan confusiones con respecto a la caracterización botánica, genética y química.

A pesar de la Ley 27.350 y el marco regulatorio del Cáñamo industrial, todavía sigue penalizado el uso y tenencia de la planta de *Cannabis* sp. por la Ley 23.737.

5. Introducción. Historia del uso de la planta de *Cannabis sp.*

El uso del *Cannabis* comenzó en conjunto con la agricultura hace unos diez mil años. Si bien en un principio era utilizada por su fibra, uno de los primeros datos de su uso medicinal fue aproximadamente en 2700 A.C. como medicina para el tratamiento del reuma, la gripe y el paludismo. En Europa continental se introdujo su uso medicinal en el siglo XIII como anticonvulsivante, analgésico, ansiolítico y antiemético, y se registraron los primeros casos de su uso como estimulante (Agnese *et al.*, 2019).

En la América colonial, fue introducido para la obtención de fibra en los Virreinos de Perú y de México por los conquistadores españoles, y en Canadá y Estados Unidos por los colonos franceses e ingleses. Desde el año 1500 el Cáñamo era en Europa un combustible fundamental. Fue determinante para la navegación de griegos, romanos, fenicios y españoles, porque las jarcias y las telas de las velas de todas las embarcaciones estaban confeccionadas a partir de la fibra del cáñamo, del mismo material que era la estopa con la que se sellaban las juntas de las carabelas, barnizadas a la vez con aceite extraído de la misma planta. Los pantalones, medias, abrigos y gorros de marineros, esclavos y el resto de la tripulación estaban hechas con hilos de Cáñamo, que eran más baratos que los de la seda, destinada con exclusividad a vestir a los ricos y aristócratas (Soriano, 2017).

En el siglo XVII era fumado por esclavos, costumbre que se extendió durante el siglo XIX a las poblaciones agrarias de Centroamérica y México, y de allí, a través de migraciones a Texas y Luisiana, Estados Unidos (Agnese *et al.*, 2019).

Chandra *et al.* (2016) sostiene que, en los Estados Unidos, el *Cannabis* era común en los medicamentos patentados a finales de 1800 y fue incluido en la Farmacopea

de EE. UU. desde la década de 1850 hasta 1942, recetado para diversas condiciones de dolor y náuseas. En 1899 se incluyó en la primera edición del *Manual de Merck* y recomendado para el manejo de varias afecciones. El Instituto Nacional de Salud Mental trabajó con la Facultad de Farmacia de la Universidad de Mississippi (UM) en 1968 para cultivar "marihuana" con fines de investigación. Este trabajo ha continuado por más de 47 años y fue conocida durante muchos años como "la única granja de marihuana legal del país". En la actualidad, la UM provee material vegetal de "marihuana" de calidad junto con extractos de cannabinoides purificados, para el suministro de medicamentos al Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas (NIDA). En el Reino Unido, a finales del siglo XIX y principios del XX, el consumo de *Cannabis* como medicamento experimentó un aumento y una caída similar al observado en los Estados Unidos. Su uso declinó en 1971. En 1998-1999, se llevaron a cabo dos importantes investigaciones oficiales en la ciencia de los cannabinoides y, de manera más amplia, las cuestiones relacionadas a los posibles beneficios médicos de la planta. Las investigaciones fueron realizadas por el Comité Selecto de Ciencia y Tecnología en el Reino Unido (1998) y la Academia Nacional de Ciencias en los Estados Unidos. Ambas investigaciones encontraron pruebas sólidas que apoyan los efectos terapéuticos, particularmente en el campo de la esclerosis múltiple y manejo del dolor (Joy *et al.*, 2000). La farmacéutica GW (Compañía internacional especializada en la ciencia de los cannabinoides y en el desarrollo y comercialización de medicamentos basados en *Cannabis*), formada en el Reino Unido en 1998, de inmediato se dispuso a abordar estos problemas. Sin embargo, GW también tenía el deseo de desarrollar plantas para el tratamiento de pacientes con epilepsia así fue que durante los siguientes 12 años, todos los cultivos comerciales se desarrollaron para la producción de Sativex®, un fármaco botánico

que se utiliza también para controlar los síntomas de esclerosis múltiple. Actualmente, la empresa ha estado desarrollando el fármaco Epidiolex®, una formulación líquida de cannabidiol (CBD) puro derivado de plantas como tratamiento para pacientes con varios síndromes de epilepsia pediátrica (p. 303).

El primer compuesto aislado fue el cannabino (CBN) en 1899, pero se caracterizó recién en 1963 y se descubrió que no era el responsable principal de los efectos alucinógenos de la planta. El Δ^9 tetrahidrocannabinol (Δ^9 -THC) se aisló en 1964 y, junto con el cannabidiol (CBD), sus estructuras fueron establecidas en la década de 1960 en la Universidad Hebrea de Jerusalén por el equipo del doctor Raphael Mechoulam, con lo cual se permitió la investigación científica de sus propiedades biológicas y se logró el desarrollo de un derivado con capacidad terapéutica al conseguir separar las propiedades farmacológicas de los efectos psicoactivos (Romero *et al.*, 2021).

Antecedentes en Argentina:

Soriano (2017) afirma:

Manuel Belgrano como secretario del Consulado de Comercio de Buenos Aires, entre 1795 y 1809, escribió quince memorias. La primera, de 1796, se titula "Medios generales de fomentar la agricultura, animar la industria y proteger el comercio de un país agricultor". Al año siguiente, en 1797, registró el primer hito cannábico: "Utilidades que resultan a esta Provincia y a la Península del cultivo del lino y el Cáñamo".

Cuando en 1794 regresó a Buenos Aires para hacerse cargo del Consulado de Comercio del Virreinato, el ciclo de la economía minera en la zona de Potosí estaba agotado. Por eso él apuntó su idea de progreso a la agricultura y, específicamente, a desarrollar la industria con el cultivo de lino y Cáñamo, con la mira puesta en el comercio a través del Atlántico.

Usó como fuente de información los tratados sobre el Cáñamo que habían escrito Chateauireux y el integrante de la Academia de Berna, M. Marcandier, unos cuarenta años antes.

Belgrano mantenía contacto vía correspondencia con Manuel de Salas que era el síndico del Real Consulado de Santiago de Chile y quién además le enviaba semillas de Cáñamo. Con la experimentación que hizo a partir de esas semillas, Belgrano confeccionó un manual de cultivo, sin embargo, a pesar de todos los intentos por instalar el cultivo de Cáñamo, nunca fue llevado a cabo. En 1924, la Compañía Cáñamo Argentino realizó el primer intento de siembra extensiva en una localidad mendocina. En 1933 se inauguró una planta industrializadora en Azul (Buenos Aires) y en 1934 y 1935 dos empresas intentaron cultivar Cáñamo en Santa Fe con semillas traídas de Chile e Italia. En 1942 en esa misma provincia se cultivaron 800 hectáreas en la localidad de Reconquista, donde un año antes se había constituido la Compañía Industrializadora de Cáñamo. Asimismo, ese mismo año el Ministerio de Agricultura introdujo semillas de Chile que se sembraron en Mendoza con buenos resultados. El cultivo se habría extendido a otras provincias, entre las que se encuentra Río Negro, Entre Ríos, Corrientes, Santiago del Estero, Santa Fe y Buenos Aires, siendo cada vez mayor el área dedicada al Cáñamo por los agricultores del país.

Corda (2018) comenta que el emprendimiento de Cáñamo industrial más conocido fue el que desarrolló Julio Stevernlynck en Jáuregui (Buenos Aires), quien comenzó a cultivarlo en 1953, como una forma de suplementar la producción de fibra de lino. Los cultivos se utilizaban para la producción de fibras y semillas. Las áreas de cultivo fueron creciendo a lo largo de los años y se llegó a cultivar entre 300 y 400 hectáreas en 1970. Luego de la muerte de Stevernlynck, en 1975, se disminuyó la superficie cultivada a 165 hectáreas y al año siguiente se canceló la producción (Bertone, 2016; Armada, 2015). Hacia fines del siglo XVI, se estima que la costumbre de fumar *Cannabis* en pipa, llamado por las poblaciones que arribaron del Este de África como “Pango” o “pito de pango”, llegó al continente americano, y por lo tanto a la Argentina, a través de esclavos africanos. Distintos relatos del siglo XIX

mencionan la costumbre de fumar pango entre los afrodescendientes de Buenos Aires, tanto en momentos de trabajo como en los festivos; en este último caso, vinculada a la manifestación cultural denominada “candombe”. A diferencia de Brasil, donde el pito de pango fue prohibido durante el siglo XIX en varias ciudades (la primera Río de Janeiro en 1830), en Uruguay y Argentina esa costumbre se toleró como parte de la cultura de esas poblaciones. Hasta fines del siglo XIX y principios del siguiente, el *Cannabis* formó parte del repertorio farmacéutico, junto con la morfina, la heroína y la cocaína. La Farmacopea Argentina incluyó al Cáñamo indiano desde su primera versión, de 1893, y dejó de estarlo en la quinta, publicada en 1966, luego de la firma de la Convención Única sobre Estupefacientes de 1961 (Corda, 2018).

6. Marco regulatorio actual en Argentina

La ley 23.737 “Régimen penal de estupefacientes” regula el uso, cultivo y distribución del *Cannabis* desde el 11 de octubre de 1989. El 29 de marzo de 2017 fue sancionada la **Ley 27.350** que regula la investigación y el uso medicinal del *Cannabis* bajo el nombre de “Ley de Uso Medicinal de la Planta de *Cannabis*”. El artículo 1° de la misma plantea que el objeto de la ley es el establecimiento de un marco regulatorio para la investigación médica y científica del uso medicinal de la planta y sus derivados tanto terapéutico y/o paliativo del dolor. Para ello, según el artículo 2°, se crea el Programa Nacional para el Estudio y la Investigación del Uso Medicinal de la Planta de *Cannabis*, sus derivados y tratamientos no convencionales, dependiente del Ministerio de Salud la regulación de la ley autoriza al Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnicas (CONICET), y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) el cultivo de *Cannabis* para la

investigación médica y la elaboración de sustancia como medicamento. Incluye también la participación voluntaria de pacientes bajo tratamientos y sus familiares, con el fin de nutrirse de su experiencia, conocimiento empírico, vivencias y métodos utilizados para su autocuidado; y de la capacitación continua de profesionales de la salud (Agnese *et al.*, 2019). En el año 2020 se deroga el Decreto N° 738 del 21 de septiembre de 2017 y se crea el registro para el autocultivo de *Cannabis* con fines terapéuticos. Por medio de la Resolución 800/2021 publicada en el Boletín Oficial, el Ministerio de Salud de la Nación creó el Registro del Programa de *Cannabis* (REPROCANN) para que usuarios y usuarias puedan inscribirse con el fin de obtener autorización para cultivar la mencionada planta con fines medicinales para sí o a través de otra persona o de una organización civil autorizada a esos efectos. La ley 27.350, si bien es un logro digno de elogiar, todavía tiene muchos puntos discutibles y en los que se debe trabajar para satisfacer la demanda de los/las usuarios/as de *Cannabis*. Cabe destacar que los animales no están considerados en dicha ley con lo cual médicos veterinarios y dueños de animales con diversas patologías todavía se encuentran en la ilegalidad, penalizados por la Ley 23737 junto con quienes no se pueden registrar en el REPROCANN.

Resoluciones que fueron surgiendo a partir de la ley 27.350 del año 2017:

- RESOLUCIÓN 258/2018 - Ministerio de seguridad: Resolución ministerial sobre *Cannabis*, predios e instalaciones, condiciones de habilitación en materia de seguridad.
- RESOLUCIÓN 59/2018 - Instituto nacional de semillas (INASE): Reglamento para la producción, difusión, manejo y acondicionamiento con *Cannabis* sp. en invernáculos y/o predios de seguridad

- DECRETO 883/2020 - Presidencia de la nación: reglamentación de la Ley 27350: “Investigación médica y científica del uso medicinal de la planta de *Cannabis* y sus derivados” (Derogando el Dec. 738/2017)
- RES 800/2021 - Ministerio de salud: Desarrollo del REPROCANN y términos para acceder al cultivo de *Cannabis* con fines medicinales en el ámbito personal
- RESOLUCIÓN CONJUNTA 05/2021 - Ministerio de salud - Instituto nacional de semillas: Registro de variedades de *Cannabis* nacionales y extranjeras.
- DISPOSICIÓN 8504/2021 - ANMAT: Autorización para producción de cosméticos con Cannabidiol (CBD)
- Ley 27.669. Establece el marco regulatorio de la industria del *Cannabis* medicinal y el Cáñamo industrial, a través del Decreto 266/2022.

7. Producción de *Cannabis sativa* L.

7.1 Taxonomía

División: Magnoliophyta

Orden: Urticales

Familia: Cannabaceae

Género: *Cannabis*

Especie: *Cannabis sativa* L.

Nombre vulgar: Marihuana, Cáñamo indiano, Cáñamo industrial, Hemp, Pango, Ganja, etc

Origen: Asia central

Cannabis sativa L. es una planta herbácea, anual, angiosperma, dicotiledónea, fue clasificada botánicamente por primera vez en 1753 por Carl Linnaeus. Posteriormente, en 1785, Jean Baptiste Lamarck descubre otra especie a la cual denomina *C. indica*. Actualmente, el Jardín Botánico de Missouri reconoce trece especies nombradas a continuación (López *et al.*, 2014):

- ★ *C. sativa*
- ★ *C. indica*
- ★ *C. americana*
- ★ *C. chinensis*
- ★ *C. erratica*
- ★ *C. faetens*
- ★ *C. generalis*
- ★ *C. gigantea*
- ★ *C. intersita*
- ★ *C. kafiristanica*
- ★ *C. lupulus*
- ★ *C. macrosperma*
- ★ *C. ruderalis*

Por lo general la planta se considera monoespecífica (*Cannabis sativa* L.), altamente polimórfica por lo cual se clasifica en variedades. El género incluye tres especies conocidas como:

- *Cannabis sativa* (= *Cannabis sativa* var. *sativa*)
- *Cannabis indica* (= *Cannabis sativa* var. *indica*)
- *Cannabis ruderalis* (= *Cannabis sativa* var. *spontanea*)

Sin embargo Mc Partland *et al.* (2000) corrige y agrega otra especie:

→ *Cannabis afghanica* (= *Cannabis sativa* var. *afghanica*), la cual es comúnmente confundida con *C. indica* por los productores (Fassio *et al.*, 2013).

Según la clasificación Quimiotaxonomica del *Cannabis* sp. de Hilling (2004), que relaciona la composición química y morfología con el tipo de uso de la planta, se describen los tipos siguientes:

- *Cannabis sativa* tipo fibra (Cáñamo/ Hemp) de Alto CBD. Ej: Futura 75.
- *Cannabis sativa* tipo droga BLD (hoja ancha) “broad leaflet drug”.
- *Cannabis sativa* tipo droga NLD (hoja angosta) “narrow leaflet drug”.

La clasificación por Quimiotipos utiliza números romanos que van del I al V y agrupa según la concentración de cannabinoides y es la más usada por los profesionales de la salud para tratar diversas patologías (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la planta de *Cannabis* sp. por quimiotipos (Bertone, 2021).

Quimiotipo	Características	Ejemplos de variedades comerciales
I	Presentan mayor proporción de THC	CAT 3 MGC 1003 MGC1007
II	Igual proporción de THC y CBD	Y griega CBD Lemon auto CBD Dance World
III	Mayor proporción de CBD	Charlotte’s Angel CBD Dinamed CBD CBD Jam EVA Futura 75
IV	CBG dominante (2,5 %)	Panakeia
V	No contiene cannabinoides. Tiene uso industrial. contenido total de cannabinoide <0,02%	

En cuanto al “*Cannabis* industrial” o Cáñamo, comprende diversas variedades obtenidas para usos agrícolas e industriales. Se caracteriza por su bajo contenido de THC y alta concentración de cannabidiol (CBD). En la mayoría de los países europeos, la concentración máxima permitida legalmente para el cultivo es del 0,2 % p/p de THC (0,3 % p/p en Canadá). 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 (Naciones Unidas, 2010).

En Argentina, a través de la Disposición N° 8504/2021 ANMAT establece que los productos cosméticos, para la higiene personal y perfumes que contengan el cannabinoide denominado Cannabidiol (CBD) puro de origen natural o CBD presente en extractos y aceites naturales de ciertas partes de la planta de *Cannabis sativa* L. con no más del **0,2 % p/p de THC**, podrán inscribirse bajo la clasificación grado 2 de acuerdo con lo establecido en la Disposición ANMAT N° 345/06.

La norma regula las actividades de elaboración, envasado, acondicionado, importación, exportación, depósito, así como la inscripción, rotulado y publicidad de estos productos.

7.2 Botánica

Es una planta dioica, esto significa que las estructuras sexuales masculinas y femeninas crecen en plantas de distinto pie. Las plantas estaminadas (masculinas) son más altas que las pistiladas (femeninas). 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 (Naciones Unidas, 2010). La arquitectura es un sistema ramificado jerárquico por lo que la planta adulta porta numerosas unidades modulares individuales repetitivas (fitómeros) que consisten en un entrenudo y un nodo (Teichmann y Muhr, 2015). El meristema apical extiende el eje de crecimiento primario, mientras que, en las axilas de las hojas, los meristemas laterales se diferencian para formar estructuras morfológicas de órdenes superiores (Bernstein *et al.*, 2019).

La reproducción de una planta de *Cannabis* puede ser sexual, es decir, por semillas o asexual por medio de esquejes o cultivo *in vitro*. Los esquejes tienen la ventaja de que se puede mantener la genética y los cannabinoides a través del tiempo.

7.2.1 Raíz

La raíz principal pivotante alcanza entre 30-40 cm de profundidad y a partir de ella se produce una masa abundante de raíces secundarias, sobre todo en los primeros 15- 20 cm. El peso de la raíz completa supone alrededor del 10 % del total de la planta (López, 2003, Hernandez, 2016).

7.2.2 Tallo

El tallo es recto, hueco o casi sólido, de forma cónica, circular, aunque en determinadas zonas presenta unas acanaladuras, el diámetro, mayor en la base, decrece en función de la altura, los entrenudos son largos y se acortan conforme se acercan al ápice.

La corteza está compuesta por un 65-70 % de celulosa, 10-15 % de hemicelulosa y 3-5 % de lignina. Los haces fibrosos del tallo se componen de fibras primarias y

secundarias. Las fibras primarias tienen una sección transversal irregular y una pared espesa que no consigue cerrar el lumen interno, su longitud varía de 5 a 40 mm y 20 a 50 mm de diámetro. La fibra secundaria tiene una sección transversal menos irregular y es más delgada, las paredes espesas llenan completamente el lumen interno y están fuertemente lignificadas, su longitud varía de 2 a 4 mm y el espesor es de 15 a 17 mm. Ambas fibras se entrelazan en atados a lo largo del tallo (López, 2003, Hernández, 2016).

7.2.3 Hojas

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 (palmada) y consta de 3 a 9 folíolos lanceolados de 3 a 15 cm x 0,2 a 1,7 cm. Los márgenes tienen forma 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 (Naciones Unidas, 2010).

7.2.4 Flores

Las flores masculinas son ramificadas, forman panículas axilares, presentan 5 sépalos de color amarillo o púrpura. Una vez madura la flor se abren dejando al aire 5 estambres (López, 2003), con sus correspondientes anteras, que una vez maduras son binoculares de dehiscencia longitudinal, colgantes y que generan una gran cantidad de polen (Acosta, 2001, Hernandez, 2016).

Las flores femeninas son frondosas, y cortas. Al estar muy agrupada tiene apariencia de una espiga, aunque son flores simples. Tienen un cáliz verde (hay autores que le llaman bráctea perigonal), delgado con una fisura en el costado que encierra el ovario y únicamente permite que salgan uno o dos estigmas. Cada flor contiene un ovario bilocular, que finalmente por aborto se convierte en unilocular, con un solo óvulo. Se considera a la inflorescencia (vulgarmente conocido como cogollo) como un racimo compuesto muy ramificado que se caracteriza por un crecimiento monopodial, con meristema apical persistente e inflorescencia axilares indeterminadas de órdenes superiores (Bernstein *et al.*, 2019).

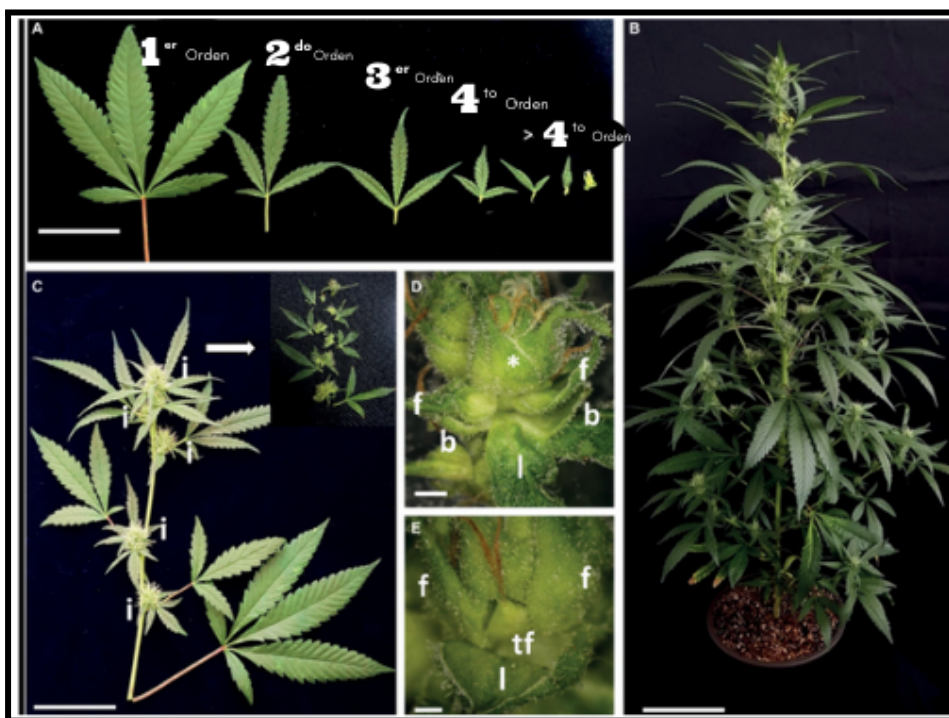


Figura 1

Figura 1. Arquitectura de la planta de *Cannabis* (A) Imagen representativa de hojas recolectadas de ramas de órdenes crecientes. Barra = 5 cm. (B) Planta en floración 22 días después de la transición en condiciones de fotoperíodo corto. Barra = 10 cm. (C) Imagen representativa de la rama de segundo orden, 22 días después de la transición en condiciones de fotoperíodo corto (12 hs de luz / 12 hs de oscuridad). Inserto = inflorescencia de tercer orden desmontada. Barra = 5 cm. (D) Fitómero de quinto orden. Barra = 2 mm. (E) Fitómero de sexto orden (marcado con * en D) con flor terminal y dos flores solitarias y hoja reducida. Barra = 1 mm. Significado de letras de las imágenes (D) y (E): l, hoja reducida; b, brácteas; f, flor solitaria (Obtenido de Bernstein *et al.*, 2019).

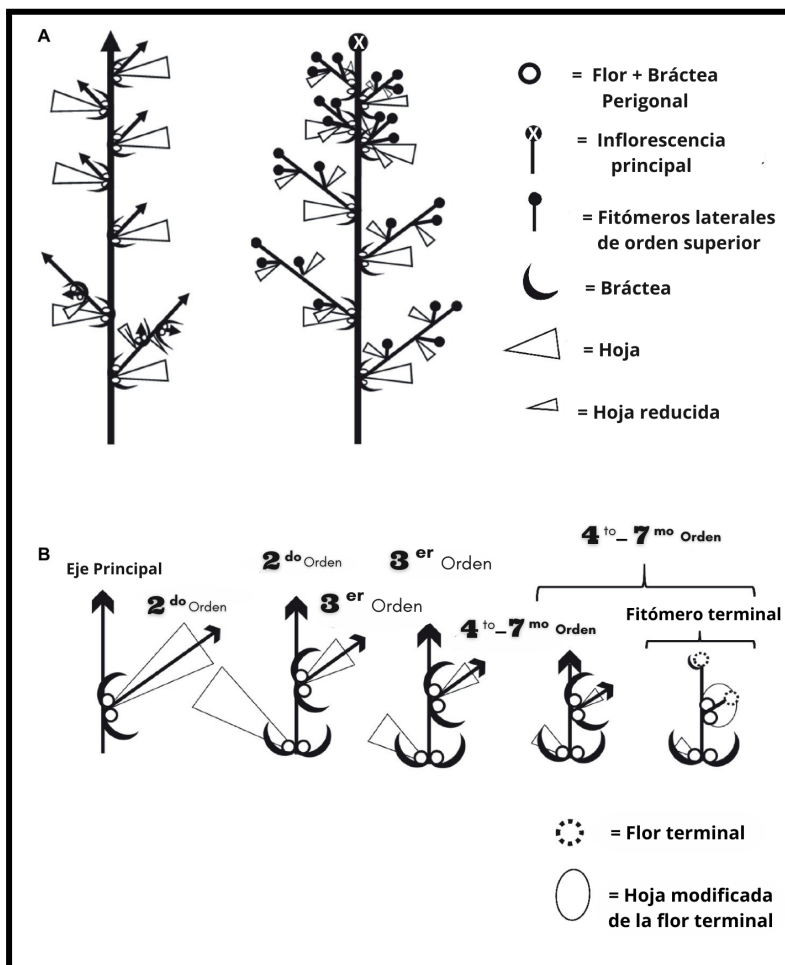


Figura 2

Figura 2. Diagramas esquemáticos de la arquitectura de plantas e inflorescencias de *Cannabis* obtenido de Bernstein *et al.* (2019). **(A)** Arquitectura de la planta bajo Fotoperiodo largo (izquierda) y Fotoperiodo corto (derecha). **(B)** Arquitectura de ramas y ramillas en orden creciente. En el fitómero terminal, la hoja se reduce drásticamente a una estructura que envuelve las dos flores solitarias y las flores terminales se desarrollan en lugar de un brote.

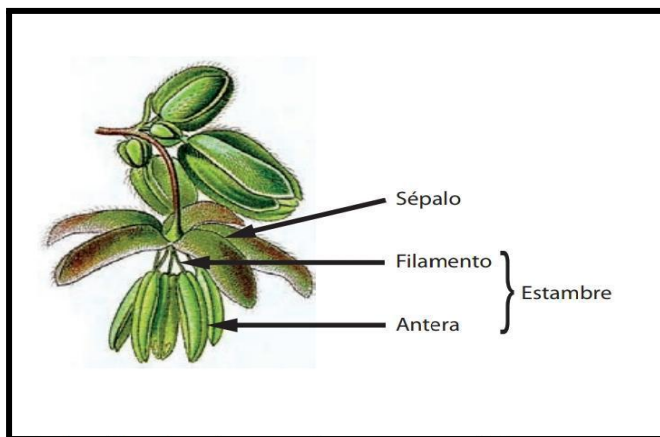


Figura 3. Esquema de Flor masculina (Obtenida de Naciones Unidas, 2010).

Cabe destacar que en el esquema de la flor masculina de la Figura 3 donde dice Sépalo, se debe considerar que para otros autores (tales como el grupo de cultivo de *Cannabis* medicinal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP) el término correcto es Tépalos, es decir, la flor masculina está compuesto de un perianto con 5 tépalos.

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 (Naciones Unidas, 2010).

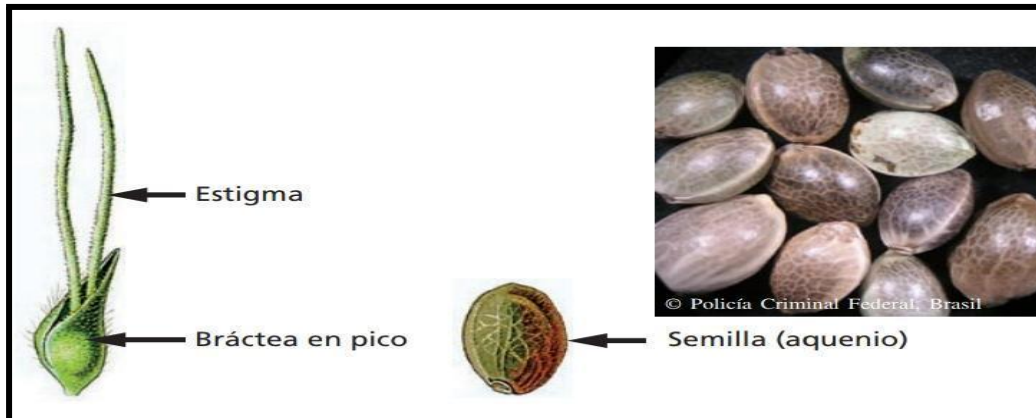


Figura 4. Flor femenina junto al fruto que es un Aquenio (llamado normalmente como semilla) (Naciones Unidas, 2010).

Los Tricomas

En las hojas y flores de la planta de *Cannabis* se pueden identificar distintos tipos de tricomas, los cuales pueden observarse con un microscopio binocular dotado de un factor de aumento de 40X. En principio se dividen en tricomas glandulares y no glandulares con sus respectivas subdivisiones que se detallarán a continuación.

Los Tricomas no glandulares (Figura 5) son abundantes, monocelulares, rígidos con forma de cabellos curvos, y un fino ápice puntiagudo. Estos tricomas a su vez se dividen en:

- Tricomas cistolíticos, se encuentran en la cara adaxial de las hojas pueden tener cristales de carbonato de calcio (cistolitos) apreciables en su base, y
- Tricomas no cistolíticos, se encuentran principalmente en la cara abaxial de las hojas, brácteas y bractéolas, y carecen de base agrandada.



Figura 5. Tricomatos no glandulares. Izq: Tricomatos cistolíticos; Der.: Tricomatos no cistolíticos (Obtenido de Naciones Unidas, 2010).

Tricomatos glandulares. Los tricomatos glandulares son las estructuras en las que se produce y almacena los cannabinoides, flavonoides y terpenos. Están relacionados principalmente con las estructuras de la flor femenina, aunque también se encuentran en la cara abaxial de las hojas y de forma ocasional en los tallos de las plantas jóvenes. Se presentan como glándulas sésiles, presentes por lo general en la parte inferior de la epidermis y tricomatos glandulares con pecíolos pluricelulares (o pedunculados) rodeando la flor (Naciones Unidas, 2010).

Los tricomatos glandulares con pecíolos pluricelulares son las estructuras que se deben observar para determinar el momento de cosecha cuando se quiere obtener la resina de las flores femeninas.

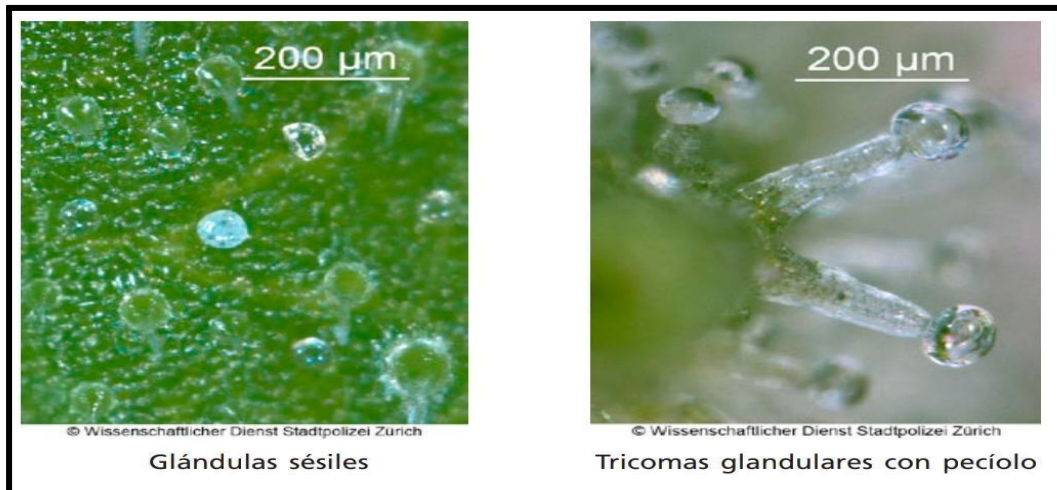


Figura 6. Tricomas glandulares. Izq: Tricomas sésiles; Der.: Tricomas con pecíolo. (Obtenido de Naciones Unidas, 2010).

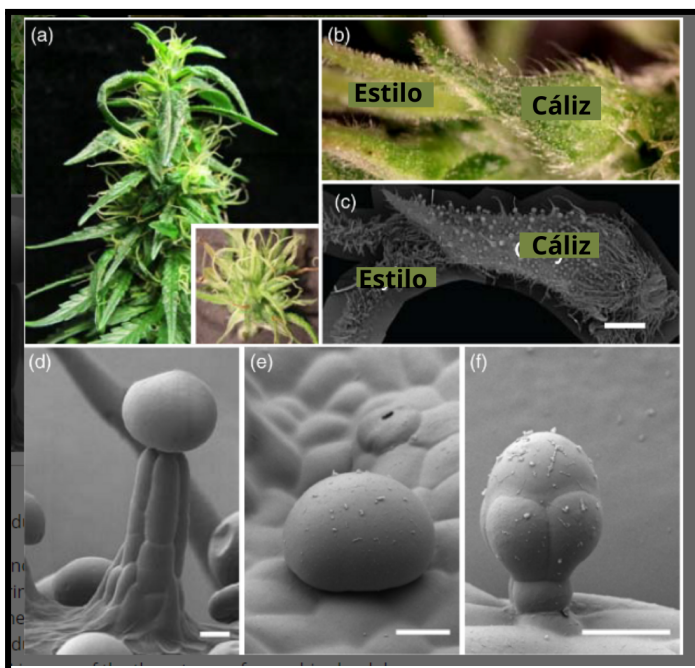


Figura 7. Imagen con los tres tipos de tricomas glandulares. (a) Planta en floración; recuadro: racimo floral aislado que contiene numerosos cálizos (para otros autores es una Bráctea perigonal) con tricomas glandulares densamente poblados. (b) Imagen de disección del cáliz y los estilos de una flor femenina individual. (c) Imagen del cáliz de una flor femenina individual utilizando microscopio electrónico de barrido (SEM) convencional; barra de escala 500 µm. (d – f) Imágenes crio-SEM de los tres

tipos de tricomas glandulares, clasificados como pedunculados (d), sésiles (e) y bulbosos (f); barras de escala 20 μm (Imagen obtenida de Livingston, 2019).

7.2.5 Semilla

La semilla se origina en el interior de un aquenio sin albumen que tiene de 3-6 mm de largo y 2,5-4 mm de ancho (López, 2003), tiene forma oval y un color pardo, grisáceo o moteado. Posee un pericarpio duro compuesto de dos valvas soldadas.

El peso de la semilla varía entre 3 y 60 mg, generalmente oscilan entre 15-20 mg (Clarke, 1999).

La polinización es anemófila, por lo que las flores femeninas son fertilizadas por polen masculino acarreado por el viento, luego de lo cual desarrollan semillas, las que maduran luego de 3 a 6 semanas. El peso de 1000 semillas va de 3 a 60 gramos dependiendo de la variedad (comúnmente entre 15-20 g) y las condiciones de crecimiento (Fassio *et al.*, 2013).

En el manual de Naciones Unidas (2010) describe de la siguiente manera 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.

8. Composición química

La planta de *Cannabis sativa* L. producen más de 66 cannabinoides conocidos (Pertwee, 2004; Lachenmeier y Walch, 2005) de los cuales encontramos a:

- ★ Tetrahidrocannabinol (THC)
- ★ Cannabidiol (CBD)
- ★ Cannabinol (CBN)

★ Cannabichromene (CBC)

★ Cannabigerol (CBG)

La concentración más alta de cannabinoides en la planta se encuentra en la resina , secretada por las glándulas de la epidermis (Small y Marcus, 2003); pero además se encuentran en todas las demás partes de la planta, salvo en las semillas (Lachenmeier y Walch, 2005), donde la concentración es nula (Fassio *et al.*, 2013).

El aroma de la planta proviene de monoterpenos y sesquiterpenos más volátiles (Lehmann 1995). Según Turner *et al.* (1980) se han identificado 58 monoterpenos y 38 sesquiterpenos en el Cáñamo. Mediante la destilación al vapor, es posible concentrar la mayoría de estos componentes en un aceite esencial. Se conocen muchos usos del aceite esencial de cáñamo que además imparten el aroma típico a productos tales como cosméticos, jabones, cremas, aceites, perfumes y también a los alimentos. Los posibles usos adicionales son para la aromaterapia y como un medio para la protección de las plantas. Según McPartland (1997), dos componentes esenciales del aceite de Cáñamo (limoneno y alfa-pineno) tienen un efecto repelente contra muchos insectos. La actividad bacteriostática del aceite esencial de Cáñamo ha sido reportada por Fournier *et al.* (1978). Aunque los primeros ensayos del aceite esencial de Cáñamo utilizado contra el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) no fueron prometedores (Krebs, 1996), no se puede descartar la actividad antifúngica de los cannabinoides (Mediavilla y Steinemann, 1997).

Cabe destacar que para el uso industrial de *Cannabis* se suelen utilizar tanto plantas monoicas como dioicas, ya que puede tener fines multipropósito (fibra, flores y fruto), teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, Meier *et al.* (1998) realizó un ensayo comparativo entre variedades monoicas y dioicas cuya conclusión fue que la

densidad de plantas e incluso la polinización pueden influir en el rendimiento de la inflorescencia y, por lo tanto, en el rendimiento del aceite esencial, además determinó que en las variedades monoicas fue posible aumentar los rendimientos de inflorescencia. Sin embargo, el rendimiento de aceite esencial de las variedades dioicas fue igual o superior al de las variedades monoicas y sugirió en su trabajo investigar la amplia variabilidad de los fenotipos terpenoides de *Cannabis sativa* L. ya que puede conducir al descubrimiento de nuevos olores que podrían ser de interés para la industria del perfume.

8.1 Distribución de los terpenos

Livingston (2019) publica en su ensayo que los cálices maduros (brácteas perigonales) y los tricomas glandulares pedunculados muestreados por microcapilares tienen perfiles de monoterpenos dominantes. Los niveles absolutos de monoterpenos y sesquiterpenos del desarrollo de cálices enteros sumergidos en solvente muestran aumentos en los monoterpenos a medida que los cálices maduran. La proporción de monoterpenos:sesquiterpenos es alta, tanto en cálices inmaduros, con tricomas pedunculados predominantemente prematuros, como en cálices maduros, con tricomas pedunculados. Las hojas que producen exclusivamente tricomas sésiles tienen más sesquiterpenos (Livingston, 2019).

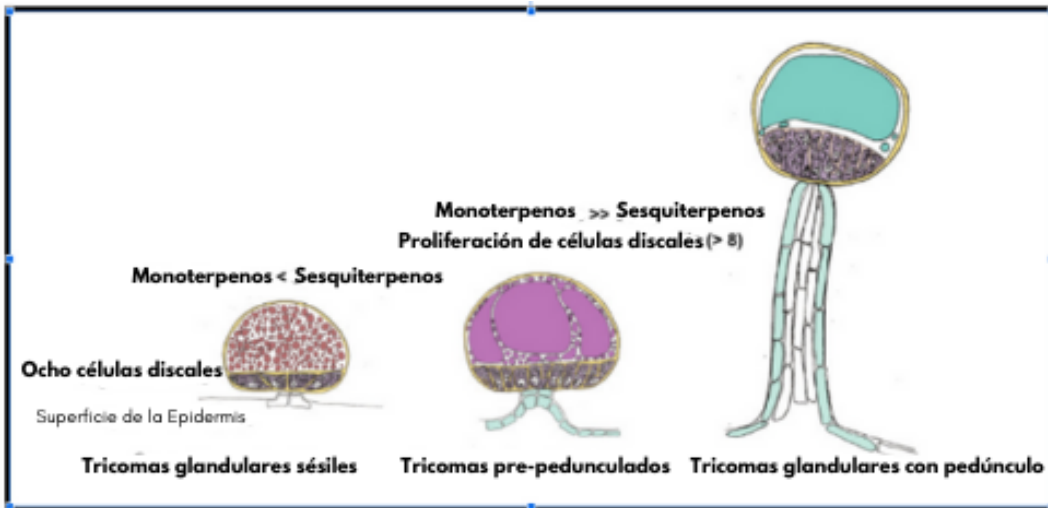


Figura 8. Características de los tricomas glandulares sésiles, con tallo y sin tallo. Mediante la espectrometría de fluorescencia se observaron tricomas glandulares sésiles con numerosas gotas pequeñas de fluorescencia intrínseca desplazada hacia el rojo, ocho células de disco que se asientan directamente sobre la superficie epidérmica. Los tricomas sésiles producen mayores cantidades de sesquiterpenos en relación con los monoterpenos. Los tricomas glandulares con pedúnculo se desarrollan a partir de tricomas previamente pedunculados. Tanto los tricomas pre-pedunculados (prestalked trichome) como los pedunculados tienen un mayor número de células discales y producen una mayor cantidad de monoterpenos en relación con los sesquiterpenos. A medida que el tallo multicelular eleva la cabeza del tricoma glandular por encima de la epidermis, la cavidad de almacenamiento extracelular se llena con una gran gota de fluorescencia intrínseca desplazada hacia el azul, que se correlaciona con un alto contenido de cannabinoides. El amarillo indica la cutícula y la pared celular que rodea las células del disco y la cavidad de almacenamiento (Livingston, 2019).

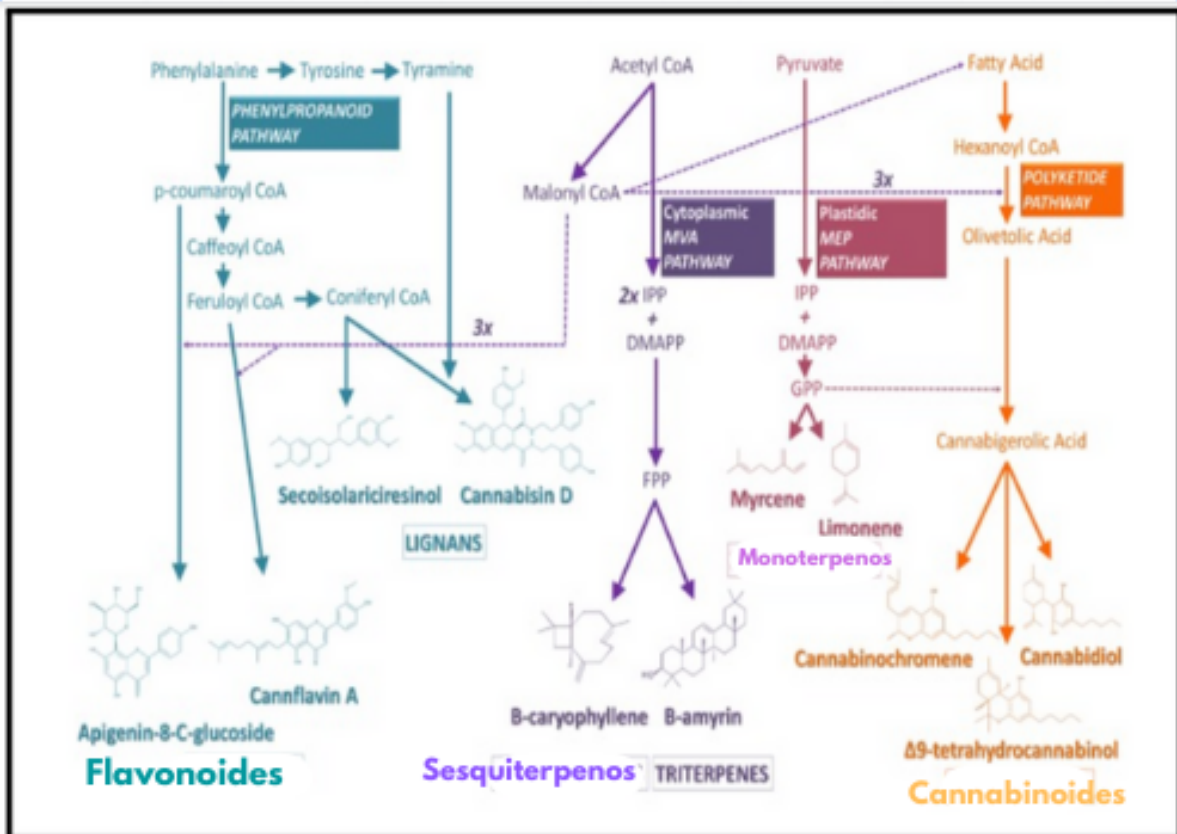


Figura 9. Esquema de la vía biosintética que conduce a los metabolitos secundarios de *Cannabis*. Abreviaturas utilizadas: IPP, difosfato de isopentilos; DMAPP, difosfato de dimetilalilo; GPP, difosfato de geranilo; FPP, difosfato de farnesilo; MVA, mevalonato; MEP, fosfato de metileritritol (Obtenida de Andre *et al.*, 2016).

9. Edafología

El cáñamo requiere suelos con buena humedad, bien drenados, profundos con buena fertilidad. El pH debe ser mayor a 5,0 (van der Werf, 1994) y menor a 7,5. Duke (1982) sugirió un pH 6,5 como óptimo. Puede prosperar en variedad de suelos (van der Werf, 1994; Ranalli, 1999), pero crece bien en suelos de estructura franco limosa, franco arcillosa o arcillo limosa (Robinson y Wright, 1941), y puede ser sensible a suelos de estructura pobre (Clarke, 1999a; Struik *et al.*, 2000; Fassio *et al.*, 2013).

10. Clima

Las plantas crecen mejor en climas templados cálidos y húmedos, sin embargo puede adaptarse a otros climas. La temperatura óptima para el crecimiento de la planta se sitúa en los 14,3 °C con un rango que va desde 5,6 °C hasta 27,5 °C (Hernández, 2016).

Para Mollinedo (2021) la temperatura óptima de crecimiento y emisión de nuevas hojas van de los 24 °C a 30 °C durante el día y de 18 a 25° C durante la noche.

11. Nutrientes

En cuanto a los nutrientes requeridos para la producción de *Cannabis sp.* existe una controversia en cuanto a que muchas recomendaciones están dadas en base a ensayos realizados en el cultivo de Cáñamo o *Cannabis* de uso industrial cuyo objetivo es por lo general la producción de fibra y no se tienen en cuenta los efectos en la producción de metabolitos secundarios como los cannabinoides (Bernstein, 2020).

Según Hernandez (2016), el Cáñamo es capaz de producir hasta 15 toneladas de materia seca por hectárea.

Tabla 2. Extracción de nutrientes por kg de materia seca de Cáñamo (Lopez, 2003) (Obtenido de Hernández, 2016)

N (Kg)	P ₂ O ₅ (Kg)	K ₂ O (Kg)	CaO	MgO
10- 15	3- 5	15 - 17	15	2- 3

El Nitrógeno (N) es importante en los primeros estadios del crecimiento y al final de la floración y el inicio de la maduración de la semilla en plantas femeninas. El fósforo (P) se absorbe mayormente al inicio de la floración, al igual que el potasio (K) (Hernández, 2016).

Según Kaparovsky (2020) los requerimientos nutricionales aumentan con la calidad de la luz, aunque no aclara los parámetros utilizados para diferenciar plantas con “poca” y “mucho” luz y los rendimientos esperados, tampoco aclara a que hace referencia con la calidad de luz.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales, tratamiento con poca luz (Kaparovsky, 2020).

	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Zn (ppm)	Mg (ppm)	B (ppm)
ETAPA						
Primeras 2 semanas	80	40	140	0,3	50	0,3
Crecimiento	300	60	215	0,3	60	0,3
Floración	100	70	200	0,3	60	0,3

Tabla 4. Requerimientos nutricionales, tratamiento con mucha luz (Kaparovsky, 2020).

	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Zn (ppm)	Mg (ppm)	B (ppm)
ETAPA						
Primeras 2 semanas	100	40	140	0,3	50	0,3
Crecimiento	350	60	215	0,3	60	0,3
Floración	110	70	200	0,3	60	0,3

Bernstein *et al.* (2019, 2020) en distintos ensayos determinó el nivel óptimo de N, P, K para el desarrollo y la función de la planta en la fase de crecimiento vegetativo.

- N: 160 ppm
- P: 30 ppm
- K: 60- 175 ppm (estos últimos no fueron claros ya que hubo variabilidad entre los genotipos utilizados)

En otro ensayo en donde se observó el impacto de la suplementación N, P, K y ácido húmico en el perfil químico del *Cannabis* medicinal concluyendo que dichos suplementos nutricionales redujeron la variabilidad de los cannabinoides en toda la

planta, lo que demuestra la importancia de desarrollar agrotécnicas para la estandarización del perfil químico en las inflorescencias de *Cannabis*. Los factores ambientales, incluida la nutrición mineral, regulan las concentraciones de metabolitos secundarios específicos en lugares definidos de la planta de *Cannabis* (Berstein, 2019).

12. Temperatura. Sumas térmicas

Cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y pasar a la fase siguiente. En efecto, la planta "mide" la temperatura cada día. Este total se llama tiempo térmico o suma de calor y las unidades térmicas son grados/días ($^{\circ}\text{Cd}$) se pueden calcular sumando las temperaturas medias de cada día durante la fase en cuestión. La temperatura media es: $(\text{máxima} + \text{mínima}) / 2$ (FAO, s/f).

La temperatura ideal para la germinación de las semillas es de 24°C , aunque según van der Werf *et al.* (1995) esta puede ocurrir con temperaturas de 0°C . Para que se produzca la germinación se requiere una suma térmica de 90°C con una temperatura umbral de 0°C (Merfield, 1999). A partir de la emergencia de la planta se produce el crecimiento y emisión de nuevas hojas cuando se acumulan aproximadamente 22°C con una temperatura umbral de $5,7^{\circ}\text{C}$ (Hernández, 2016). Para que se produzca una cobertura completa del terreno, además de la densidad, se requieren de 400°C de suma térmica con una temperatura umbral de 0°C (Struik *et al.* 2000). Mientras que para la producción de fibra el Cáñamo necesita de una suma térmica de 1000°C y para producir semillas 2000°C (Merfiel, 1999, Hernández, 2016).

Tabla 5. Sumas térmicas. Elaboración propia en base a los datos emitidos por Mollinedo (2021) y Hernandez (2016).

	GD (°C.día)	Temperatura base (°C)
Germinación	90- 100	0
Filocrono (intervalo entre la aparición de dos hojas)	22	1 a 2,5 5,7
Crecimiento	400	0
Producir fibra	1000	0
Semilla	2000	0

La duración del ciclo de desarrollo del Cáñamo es variable (Hernández, 2016):

- ★ Ciclos cortos o tempranos requieren entre 110-130 días desde que emerge la plántula hasta que florecen.
- ★ Ciclos largos o muy tardíos requieren entre 160-180 días.

13. Agua

Según Hernández (2016), el cultivo del Caamo tiene exigencia de agua desde la aparición del quinto par de hojas hasta el comienzo de la floración, después, es capaz de aguantar períodos moderados de sequía. Cuando se quiere obtener fibra resistente se recomienda dejar de regar 20 días antes de la cosecha. En cultivos para la obtención de semilla se debe regar al inicio de la floración para mejorar el cuaje. En la zona mediterránea se recomienda de entre 1.500 - 3.000 m³/ha de agua.

En un ensayo realizado por Borijov *et al.* (2018) que muestran el efecto del riego por goteo sobre el rendimiento y la evapotranspiración de fibra de Caamo en Serbia, tuvieron como resultado que el agua utilizada en la evapotranspiración en condiciones de riego fue de 470 mm mientras que en el control sin riego fue de 129 mm, con una evapotranspiración máxima diaria de 7,5 mm que varía durante el ciclo de cultivo.

Para Mollinedo (2021) los requerimientos de agua son de 700 mm por ciclo de cultivo (4 a 5 meses).

14. Aireación

La renovación del aire es importante según el criterio buscado, como por ejemplo controlar la temperatura y humedad relativa, pero hay un factor importante que influye en el crecimiento y es la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente donde se desarrolla el cultivo. La regla de **cubicación**, consiste en medir el lugar en m³ (ancho x largo x alto) y el resultado serán los metros cúbicos de aire que se debe renovar en un tiempo de 3 a 5 minutos (Mollinedo, 2021).

15. Cultivo hidropónico

La planta de *Cannabis* se adapta bien al cultivo hidropónico (o sin suelo o con sustrato inerte), requiere las mismas condiciones ambientales de un cultivo controlado y rigurosos controles de pH y conductividad eléctrica.

Conductividad eléctrica, según Mollinedo (2021):

- En las cuatro primeras semanas 0,400 mS a 0,800 mS, aumentando gradualmente hasta 1,100 mS a 1,200 mS
- En floración 1,200 mS a 1,300 mS, se debe aumentar gradualmente hasta llevarlo a 1,900 mS a 2,000 mS
- Durante las últimas 2 semanas de floración 0,000 mS a 0,400 mS

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 (Naciones unidas, 2010).

16. Crecimiento y desarrollo

16. 1 Fenología

Mediavilla *et al.* (1998) desarrollaron un código decimal de cuatro dígitos (Tabla 6), adaptado del código propuesto por Zadoks *et al.* (1974) para los cereales, y lo utilizaron para describir los diferentes estadios fenológicos de la planta de *Cannabis* sp. (Fassio *et al.*, 2013).

Tabla 6.1 . Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa*L. Estado Vegetativo (Obtenido de Mediavilla *et al.*, 1998).

Código	Definición	Observaciones
Germinación y Emergencia		
0000	Semilla seca	
0001	Radícula visible	
0002	Emergencia de hipocótilo	
0003	Cotiledones desplegados	
Estado vegetativo hace referencia al tallo principal. Las hojas se consideran desplegadas cuando los folíolos tienen al menos un cm de largo		
1002	1 ^{er} par de hojas	1 Folíolo
1004	2 ^{do} par de hojas	3 Folíolos
1006	3 ^{er} par de hojas	5 Folíolos
1008	4 ^{to} par de hojas	7 Folíolos
1010	5 ^{to} par de hojas	
-	-	-
-	-	-
10xx	n par de hojas	xx = 2 (n par de hojas)

Tabla 6.2. Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa*
L. Estado Reproductivo (Obtenido de Mediavilla *et al.*, 1998).

Código	Definición	Observaciones
Floración y formación de semillas se refiere al tallo principal incluyendo sus ramificaciones		
2000	Punto GV	Cambio de filotaxis en el tallo principal de opuesta a alternada. Distancia entre los pecíolos de hojas alternadas de al menos 0,5 cm
2001	Primordio floral	Sexo casi indistinguible

Tabla 6.3. Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa*
L. Estado Reproductivo, planta dioica. (Obtenido de Mediavilla *et al.*, 1998)

Código	Definición	Observaciones
Planta dioica		
Macho		
2100	Formación de flores	Primeras flores con estambres, cerradas
2101	Comienzo de floración	Primeras flores con estambres, abiertas
2102	Floración	50 % de flores con

		estambres, abiertas
2103	Fin de floración	95 % de flores con estambres, abiertas
Hembra		
2200	Formación de flores	Primeras flores con gineceo. Brácteas sin estilo
2201	Comienzo de floración	Estilos de las primeras flores femeninas
2202	Floración	50 % de las brácteas formadas
2203	Comienzo de madurez de semilla	Primeras semillas duras
2204	Madurez de semilla	50 % de semillas duras
2205	Fin de madurez de semilla	95 % de las semillas duras o partidas

Tabla 6.4. Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa*

L. Estado Reproductivo, planta monoica. (Obtenido de Mediavilla *et al.*, 1998)

Código	Definición	Observaciones
Planta Monoica		
2300	Formación de flores femeninas	Primeras flores con gineceo (pistilo). Brácteas perigonales sin gineceo
2301	Comienzo de floración femenina	Primeros gineceos visibles
2302	Floración femenina	50 % de brácteas formadas
2303	Formación de flores masculinas	Primeras flores con estambres, cerradas

2304	Floración masculina	La mayor parte de flores con estambres, a
2305	Comienzo de madurez de semilla	Primeras semillas duras
2306	Madurez de semilla	50 % de las semillas duras
2307	Fin de madurez de semilla	95 % de las semillas duras o partidas

Tabla 6.5. Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa* L. Senescencia (Obtenido de Mediavilla *et al.*, 1998).

Código	Definición	Observaciones
Senescencia		
3001	Desección de hojas	Las hojas se secan
3002	Desección de tallo	Las hojas se caen
3003	Descomposición de tallo	Liberación de fibras del floema

16.2 Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

La radiación luminosa o radiación visible ocupa una parte del espectro electromagnético, que va desde los 400 a los 700 nm, se sitúa entre las radiaciones ultravioletas (UV) y las infrarrojas (IR), y coincide con el rango de longitudes de onda de la Radiación fotosintéticamente activa (PAR). Mediante la fotosíntesis, las plantas son capaces de absorber y utilizar la energía luminosa, y requieren de cualquier fuente de luz visible para realizar dicho proceso (Azcón- Bieto y Talón, 2013).

En cultivo Indoor o mixto se utiliza la luz artificial como reemplazo o complemento de la luz del sol. Siguiendo esta línea debemos tener en cuenta los siguientes

conceptos explicados a continuación: PPF (Flujo Fotónico Fotosintético), PPFD (Densidad de Flujo Fotónico Fotosintético), LUMEN, LUX y DLI (Luz total diaria).

16.2.1 Luz artificial

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) se puede expresar en términos de energía ($W \cdot m^{-2}$) o de cuantos ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$). Cuando la PAR se expresa en “cuantos” recibe el nombre de densidad de flujo fotónico fotosintético (PPFD) y es la cantidad efectiva de luz en la fotosíntesis expresada en moles de cuantos (fotones) por metro cuadrado por segundo, sin embargo se ha sugerido que el término densidad no es adecuado y que la palabra “flujo” implica el concepto de densidad es por ello que se debe utilizar flujo fotónico fotosintético (FFF o PPF). No obstante, en la mayoría de las bibliografías consultadas referidas a *Cannabis* hacen referencia al PPF. La luz solar se encuentra en el intervalo micromolar con lo cual en un día despejado de verano equivale a 2000 y 2300 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (Taiz y Zeiger, 2006, Salisbury, 1994).

En cuanto a la iluminación artificial existen distintos tipos de lámparas y cada una tiene una determinada composición espectral comparada con la luz solar. La capacidad de la planta de *Cannabis* para detectar cambios en la proporción de los distintos espectros hace que la respuesta sea diferente en cada caso, es por ello que no todas las fuentes lumínicas tienen el mismo efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Generalmente se desconoce el flujo fotónico fotosintético de cada lámpara utilizada (PPFD) a menos que se cuente con un instrumento específico para tal fin o el fabricante lo especifique en el envase, en consecuencia, se deben estimar los

valores multiplicando por un factor de corrección los lux (medido con un luxómetro) correspondiente a cada lámpara utilizada en plantas de *Cannabis* (también se puede utilizar aplicaciones de celulares o páginas web).

Factores de corrección para convertir Lux a PPFd ($\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (Grupo cultivo *Cannabis* medicinal, 2021):

Fuente de Luz	Factor de Corrección (Fc)
Luz solar	0,0185
Tubo fluorescente Luz fría	0,0135
Lámpara de sodio de alta presión	0,0122
Lámpara de haluro metálico de cerámica	0,0154

El **lumen** es una unidad de medida de la luz visible que emite una lámpara. El **lux** son los lúmenes que llegan a una superficie (m^2). No todos los lúmenes son igual de útiles para las plantas a la hora de hacer la fotosíntesis (Gallego, 2021).

Tabla 7. Valores PPFd que se necesitan según la fase de cultivo ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) según bibliografía consultada (Gallego, 2021).

Fase de cultivo	PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
Enraizamiento de clones	100- 200
Germinación y plántulas jóvenes	200-400

Crecimiento	400- 600
Floración	600 - 1000

Si el cuarto de cultivo se **enriquece con CO₂**, los niveles de PPFD máximos suben hasta 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en crecimiento y 1500 $\mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$ en floración, siempre que las variedades lo resistan (Gallego, 2021).

16.2.2 Luz total diaria o Luz diaria integrada (DLI)

Las unidades de Lux proveen una intensidad de luz instantánea en el momento en que se está tomando la medición con lo cual no representaría la cantidad de luz que las plantas reciben durante el día ya que los niveles naturales de luz cambian continuamente. Es por ello que se utiliza otra medida que es el DLI (Luz total diaria).

La DLI es la cantidad total de luz que la planta recibe a lo largo de un día. También puede ser definida como la cantidad de PAR (Radiación fotosintéticamente activa) recibida cada día como función de la intensidad de luz (luz instantánea: $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) y duración (día o 24 horas). Esta unidad es expresada en moles de luz por metro cuadrado por día ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$) (Torres y Lopez, s/f).

En el exterior, la DLI oscila a lo largo del año desde 10-20 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ en un día de invierno hasta 50-60 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ en un día de verano. La mayoría de las plantas

cultivadas requieren entre 25 y 40 mol/m²/d. En indoor (o cultivo de interior), la DLI es mucho más fácil de calcular porque la intensidad de la luz es constante. En principio, cuanto más luz (aumento de la energía luminosa o PPFD) dará lugar a un aumento de la tasa fotosintética por lo que se recomienda que a partir de los 1000 $\mu\text{mol/s/m}^2$ elevar hasta 30 °C la temperatura, hasta 70 u 80 % la humedad y elevar el nivel de CO₂ hasta 1000-1200 ppm (Gallego, 2021).

16.3 VPD o déficit de presión de vapor (Relación entre la temperatura y humedad relativa ambiente)

La transpiración de las plantas viene determinada principalmente por el déficit de humedad y la temperatura. Si la temperatura dentro del indoor es más alta de lo ideal, se pueden contrarrestar sus efectos subiendo la humedad para reducir la transpiración, pero siempre hay que tener en cuenta que esto aumenta el riesgo de que aparezcan hongos. Cuando la humedad relativa es baja y las plantas transpiran mucho, su metabolismo se acelera. Esto es factible si la planta es fuerte y está sana, porque aumenta la velocidad de crecimiento y desarrollo, pero puede ser contraproducente en una planta débil, enferma o demasiado joven, ya que supone un estrés. Las plantas suelen preferir valores entre **0,4 y 1,6 kPa** (VPD) según la fase del cultivo (Gallego, 2021).

16.4 Estado vegetativo

Este estado se caracteriza por el crecimiento del tallo y las hojas, siendo lento al principio, se forman hasta cinco pares de hojas verdaderas y sus entrenudos son cortos. Más tarde el tallo crece rápidamente, y los espacios entrenudos aumentan. Durante el estado vegetativo, la planta forma entre siete y hasta doce pares de

hojas. El primer par de hojas tiene un solo foliolo, el segundo tiene tres, el tercero cinco y así sucesivamente. Una hoja se considera desplegada cuando sus folíolos tienen al menos un cm de largo (Fassio *et al.*, 2013).

La planta se adapta a condiciones climáticas templadas y frescas, y crece mejor en suelos bien drenados, fértiles, especialmente franco limoso, franco arcilloso y arcillas limosas. Sin embargo, requiere de un espacio libre de malezas perennes y otros contaminantes que garantice un buen ambiente físico para el crecimiento de las plantas y éstas tengan suficiente movimiento de capilaridad del agua hacia la superficie (Prade, 2011).

16.4.1 Germinación y emergencia

Luego de que la semilla se embebe en agua, la radícula se hace visible, emerge el hipocótilo y los cotiledones se despliegan por encima de la superficie.

La temperatura óptima de germinación es de 24 °C, la mínima es de 0 °C.

El proceso dura entre 3 a 7 días dependiendo de la temperatura (Fassio *et al.*, 2013).

16.4.2 Periodo de latencia

En el hemisferio sur y en cultivo de exterior, las semillas maduran en los cogollos en otoño, las recién cosechadas no germinan bien ya que tienen un periodo de latencia. Durante este tiempo se producen cambios fisiológicos en el interior de las semillas hasta que se alcanza un equilibrio hormonal que facilita la germinación, la semilla tiene mayor capacidad germinativa 3 meses después de madurar.

En cultivo de exterior, la siembra generalmente se lleva a cabo en el suelo preparado a una profundidad de 2-3 cm. La densidad de siembra óptima del *Cannabis sp.*

industrial, que tiene por objetivo un mayor rendimiento de biomasa, es de aproximadamente 20 kg de semillas por hectárea, lo que resulta en una densidad de plantas de aproximadamente 100 plantas por metro cuadrado para la producción de fibra que busca la máxima calidad del tallo. Por el contrario, si se tiene por objetivo la producción de semillas y flores la densidad de plantas va de entre 1 a 4 plantas por metro cuadrado (Prade, 2011). La distancia entre filas varía de 7 a 20 cm.

Plantas madre

Una vez definido el sexo de la planta, se seleccionan plantas fuertes y sanas para que sean madres. Estas plantas reciben entre 18 a 24 horas de luz al día para que permanezcan en fase de crecimiento vegetativo. De las plantas madres se obtienen clones o esquejes.

16.5 Estado reproductivo

Pre Floración

El cultivo iniciado a partir de semilla empieza a mostrar sus preflores tras la cuarta semana de desarrollo vegetativo. Por lo general, estas aparecen entre el cuarto y el sexto nudo desde la base de la planta. En esta etapa no influye el fotoperiodo, varía con la temperatura y la genética. En plantas macho aparecen en la tercera a cuarta semana desde germinación y en las hembras tras las cuarta y sexta semana. A posteriori se descarta la planta macho, en el caso de que el objetivo sea la obtención de resina, porque tienen bajos niveles de cannabinoides y puede polinizar a las plantas hembras bajando su rendimiento, ya que la planta gasta energía en la formación de las semillas. También se descartan las plantas monoicas, ya que la

producción de flores machos produce gasto energético y por lo tanto merma en el rendimiento.

Floración

La inducción a floración se produce cuando los días se van acortando (noche más largas) condición que se produce naturalmente en el otoño. En cultivo indoor se puede inducir la floración a las plantas fotoperiódicas cambiando la cantidad de horas de luz a 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, y como medida de manejo en el caso de no saber el sexo de la planta (mayormente se consigue en el mercado irregular genéticas no estabilizadas con variabilidad de sexo), una vez determinado el sexo se debe volver a la fase vegetativa nuevamente cambiando a 18 horas de luz y 6 horas de oscuridad. Cabe aclarar que no todas las variedades pueden volver a la fase vegetativa.

Al florecer, las funciones de las plantas cambian, el desarrollo del follaje se ralentiza y comienzan a formarse las flores. Las flores se forman durante la última etapa de desarrollo. Si se dejan sin polinizar, las flores femeninas se desarrollarán sin semillas.

Por el contrario, cuando se fertilizan con polen, los cogollos desarrollarán semillas.

Las flores femeninas sin polinizar continúan hinchándose y produciendo más resina.

En el caso de que esté el macho presente, éste muere después de liberar todo su polen. Las semillas se forman y crecen dentro de las flores femeninas. A medida que las semillas maduran, la planta muere lentamente, luego caen al suelo y germinan de forma natural o serán cosechadas.

17. Cosecha en plantas de uso terapéutico

Hernando (2021), cuando se acerca el tiempo de cosecha de las flores aconseja utilizar los siguientes criterios para decidir cuándo cortar las plantas: observar la coloración de los pistilos, los tricomas y la genética.

Tricomas: La glándula debe estar desarrollada, donde se distinga claramente la cabeza del tallo. Según el efecto que se desea obtener, se va a cosechar observando la coloración de los tricomas, de blanco lechoso o con la mitad de los tricomas color ámbar.

Bulbos y pistilos: El cáliz debe encontrarse hinchado en comparación al resto de la floración. En condiciones ambientales ideales coincidirá con el amarronamiento de los pistilos.

Genética: Sabiendo la genética se puede estimar el tiempo de cosecha.

Cabe destacar que donde dice "pistilos" el autor hace referencia a los estigmas de las flores femeninas y el cáliz hace referencia a la bráctea perigonal.

El grupo de Cultivo de *Cannabis* medicinal de la UNLP (2022) ordena de una manera sencilla las observaciones que se deben realizar a la hora de cosechar aplicando el término índice de cosecha.

Índice de cosecha:

- Morfológicos

1. Color de los estigmas. 60 a 80 % de los estigmas de color ámbar.
2. Color de los tricomas glandulares. Es el método más preciso, y consiste en observar con una lupa de 60X los tricomas. El momento de cosecha va a

variar según distintos autores, pero tienen en común en que la planta se puede cosechar a partir de que los tricomas viran a color blanco lechoso, en la figura 10 se puede observar, según el criterio de la revista Piranha (2020), que hay 3 momentos de cosecha: 100 % Blanco lechoso; 50 % lechoso / 50 % ámbar y más de 80 % ámbar.

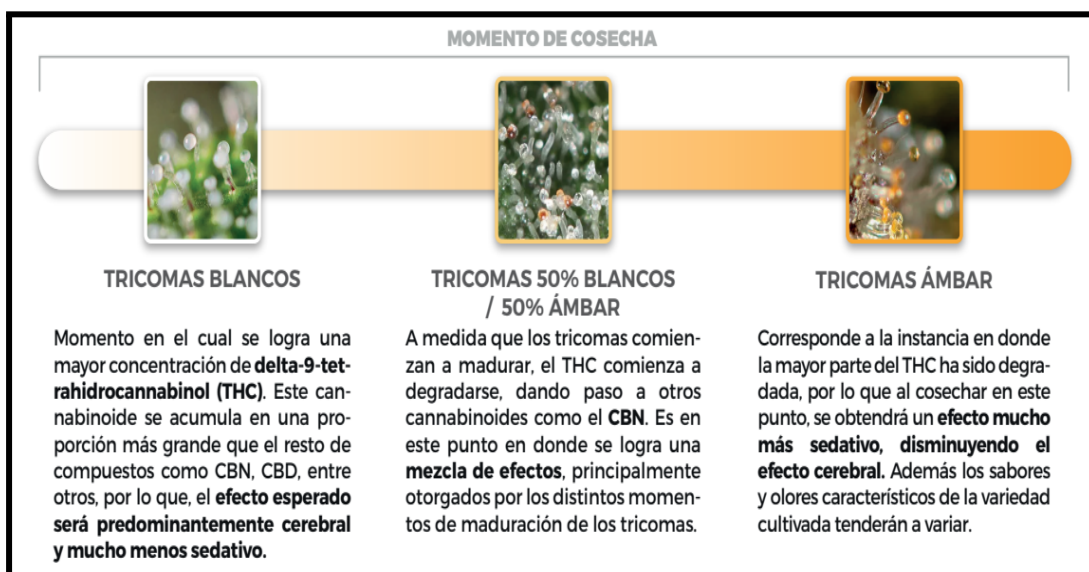


Figura 10. Momentos de Cosecha (Piranha, 2020).

3. Olor. A medida que avanza la floración, el olor se hace más intenso.
4. Firmeza de la inflorescencia.
5. Amarillamiento de las hojas.

La cosecha propiamente dicha consiste en cortar a la planta, generalmente suele ser manual pero también puede ser mecánica.

18. Postcosecha

En este apartado se hablará de la postcosecha en cuanto al uso terapéutico de la planta de *Cannabis*.

18.1 Manicurado

Consiste en reducir el tejido verde que tiene humedad, dejando solo las flores, favoreciendo el posterior secado y curado. Además, se le da forma y aspecto que repercute en la calidad (Grupo cultivo *Cannabis* medicinal, 2022). Puede hacerse manual con una tijera filosa o mecanizada.

18.2 Secado

Es el proceso por el cual se quita la mayor parte de la humedad de la planta.

Métodos de secado:

- 1) Aire: Dura entre 7- 15 días. Temperatura de 15- 20 °C, Humedad relativa 40-60 %, Ventilación leve, Oscuridad. Punto final: hasta 10 % de contenido de agua (aW: 0,55 a 0,60)
- 2) Calor: Por microondas u horno (Afecta la composición).
- 3) Frío por liofilización.

18.3 Curado

Es el proceso que se realiza para conservar a lo largo del tiempo las características de la variedad cultivada (Piranha, 2020).

Por lo general se realiza en frascos de vidrios, se debe colocar el mismo en oscuridad con temperaturas de 18 a 20 °C y 60 % de humedad relativa en un periodo de 1 mes aproximadamente (Grupo cultivo *Cannabis* medicinal, 2022).

19. Sistemas de cultivo

Dependiendo del producto que se desea obtener, la producción de *Cannabis* se puede realizar:

- Exterior
- Invernáculo
- Indoor

19.1 Producción en el exterior (a campo)

La producción en exterior puede ser con fines medicinales, industriales y/o mixtos.

Tiene la ventaja de tener cosechas abundantes, es más económica su producción, pero las cosechas son estacionales.

El Cáñamo industrial es sugerido por Fassio *et al.* (2013) como un cultivo clave en las rotaciones (Ranalli, 2004; Roulac, 1997) con otros cultivos, sobre todo alimenticios. Se basan en las habilidades del Cáñamo para competir con las malezas (Heuser, 1927; Tarasov, 1975; Lotz *et al.*, 1991), suprimir patógenos (Kok *et al.* 1994) y dejar una buena cama de siembra, con buenas características estructurales.

Según Duke (1983), antes de sembrar, durante el otoño, la tierra debe ser laboreada varias veces a una profundidad de 20 a 23 cm, y repetidamente afinada con rastra; luego en primavera, se debe realizar otra pasada de rastra y por último pasar un rodillo, para formar una fina capa en la superficie del suelo. Sin embargo, el autor

aclara que también se obtienen buenos resultados utilizando un sistema de siembra directa, el que puede presentar mayor variabilidad en la emergencia, dependiendo de las condiciones de la zafra. Los rendimientos de Cáñamo por hectárea dependen de las condiciones climáticas, la variedad cultivada, el suelo y la nutrición, y el espaciamiento de las plantas en el campo (párr. 9). El peso de los tallos secos por hectárea suele oscilar entre 4,5 y 7,5 Tn, con un rendimiento de fibra de alrededor del 25 % de los tallos secos. Por lo general, cuanto más alta sea la planta, más larga será la fibra con un mayor rendimiento por planta. En algunas zonas, los rendimientos de fibra varían de 850-1700 kg/ha en comparación con 1300-1700 kg/ha de semillas y 30 kg de ganja (o marihuana).

19.2 Producción en interior (Indoor)

Tiene la ventaja de que se pueden controlar los factores ambientales como la luz, temperatura y humedad y se puede tener cosechas en cualquier época del año, y tiene como desventaja el alto consumo de la electricidad.

Por lo general se utilizan macetas con sustrato liviano o sustrato inerte si se quiere producir en hidroponia. Con respecto a la conductividad eléctrica del sustrato se recomienda que sea baja, menor a 1 dS/m (1 dS/m = 1 mS/cm), evitando así problemas de fitotoxicidad.

Los productos de cultivo indoor se destinan generalmente a fines medicinales y/o recreativos.

20. Productos de *Cannabis* sp.

Las Naciones Unidas (2010) clasifica a los productos de *Cannabis* en:

- Productos lícitos, donde se encuentran la semilla, el aceite de semilla y el aceite esencial.
- Productos ilícitos, en donde se distingue tres categorías principales: la hierba, la resina y el *Cannabis* líquido (aceite o de hachís).

20.1 Productos obtenidos a partir de la fibra

Según Fassio *et al.* (2013), del total de fibras obtenidas del cultivo, las fibras del floema representan alrededor de un 30 %, el 70 % restante está formado por fibras cortas de la médula denominadas cañamiza, que resultan muy absorbentes. Las fibras finas de alta calidad son utilizadas para la confección de telas, jeans, uniformes de trabajo, medias, zapatos, y carteras de mano. Las fibras de baja calidad son utilizadas para construir sogas, redes, alfombras, lonas o geotextiles. Por tener características antimicrobianas las fibras medias (estopa) son usadas en la confección de textiles de uso médico. Las plantas completas, las fibras de baja calidad o la cañamiza, por sí solas pueden ser usadas como biomasa para proporcionar calefacción, electricidad o como combustibles.

20.2 Productos obtenidos a partir de la semilla

Las semillas de Cáñamo requieren para ser consumidas de la limpieza para remover cualquier contaminante, especialmente restos de planta que puedan contener residuos de THC. En algunos casos también se quita el tegumento o se aplastan. El subproducto que queda luego que las semillas han sido prensadas en frío para la extracción de su aceite se denomina harina o torta de Cáñamo el mismo mantiene

altos contenidos de proteína y conserva algo de aceite. Puede ser usada para alimentación animal y humana (Fassio *et al.*, 2013).

Las semillas del Cáñamo están compuestas de aproximadamente entre el 29 y el 34 % de aceite en peso. Se extrae de las semillas mediante el prensado en frío, a temperaturas entre 45 y 50 °C. Cien gramos de aceite de semilla contienen aproximadamente 19 g de ácido α -linolénico, que a su vez se compone en un 80 % de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que se encuentran varios ácidos grasos esenciales. La proporción aproximada es de 3:1 entre los ácidos grasos Ω -6 a Ω -3.

Los productos fabricados con aceite de Cáñamo son utilizados en cosméticos, cuidado personal, uso industrial, biodiesel, alimentación y medicina. Sus usos industriales incluyen tinta, pintura, barniz, selladores, limpiadores y lubricantes (Vantreese, 1997; Rawson, 2005; Naciones Unidas, 2010).

En cuanto a su conservación, no debe ser expuesto al calor ni a la luz, y debe ser refrigerado, pues su contenido de ácidos grasos poliinsaturados lo hace muy sensible a la oxidación. No es apto para freír, ya que al ser expuesto a altas temperaturas, se forman ácidos grasos trans, nocivos para la salud. El color del aceite es amarillo claro (Callaway, 2004; Naciones Unidas, 2010).

21. Discusión

En cuanto a la fisiología de la planta, Eichhorn Bilodeau *et al.* (2019) concluye en su trabajo, entre otras cosas, que hace falta determinar el efecto de las condiciones ambientales como la temperatura y humedad en las diferentes etapas de desarrollo de *Cannabis*, el efecto del microclima y los diferentes tipos de iluminación, etc. Bernstein *et al.* (2019) indican en su trabajo que las investigaciones en profundidad sobre la “*florogénesis*” del *Cannabis* son limitadas, además aclara que, si bien la nomenclatura de las flores femeninas se presenta abundantemente en los sitios web no científicos, la terminología utilizada suele ser controvertida y confusa.

Con respecto a la sanidad de la planta, el grupo de cultivo de *Cannabis* medicinal que está integrado por ingenieros/ras de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP hicieron hincapié en la necesidad de evaluar los insumos utilizados en el cultivo con respecto a la calidad, periodo de carencia, residualidad, etc, ya que la mayoría de los productos utilizados no están debidamente registrados, y además son insumos destinados a otros cultivos que no es de *Cannabis*. Otro punto a tener en cuenta es la falta de información con respecto a la influencia de plagas y enfermedades en el rendimiento del cultivo por lo que sería recomendable poder hacer un relevamiento y un seguimiento de los mismos.

Se desconoce cuáles son las variedades que se adaptan en distintos ambientes de nuestra región, densidades de siembra, etc, solo se puede estimar en base a ensayos en otros países en donde el cultivo y la investigación está permitido en grandes extensiones, pero con la salvedad de que en algunos lugares se permiten variedades con bajo contenido de THC (el mínimo varía según la legislación de cada región), haciendo que no se pueda utilizar todas las variedades que existen.

Ponessa y Mercado (2021) del Instituto de Morfología Vegetal (Fundación Miguel Lillo, Argentina), consideran importante la caracterización botánica (morfología y micrografía), genética y química de especies vegetales utilizadas con fines terapéutico, el desarrollo de cepas de interés comercial, regionalizando según su adaptación a diferentes condiciones de cultivos, además agregan la importancia de la estandarización de aspectos técnicos del cultivo para lograr reproducir cantidad y calidad de compuestos activos y de esta forma un producto de trazabilidad.

En un estudio realizado por Marquez *et al.* (2021) remarcan que la tendencia actual dentro de las industrias y la medicina es clasificar las variedades de *Cannabis* en quimiovariedades (o quimiotipos) según el contenido de cannabinoides y terpenos. Sin embargo, su caracterización bioquímica lleva tiempo y dinero, es por ello que realizaron un ensayo que consistió en evaluar la variación de la forma del aquenio en variedades de *Cannabis* con concentraciones de cannabinoides contrastantes, como una identificación alternativa de quimiovariedades, llegando a la conclusión de que el escaneo de los aquenios de *Cannabis* mediante un software morfogeométrico representa una técnica rápida que podría aplicarse al decidir los tipos de quimiovariedades a obtener o conservar, durante la producción y estabilización de nuevas cepas, no obstante, se deben realizar más estudios para evaluar si las variaciones morfogeométricas observadas están correlacionadas con el contenido de cannabinoides, terpenos, y/o con otros rasgos genéticos o bioquímicos.

En su tesis "*Aptitud agroclimática del territorio argentino para el cultivo de Cáñamo (Cannabis sativa) y la producción de principios activos de interés medicinal*", el Ingeniero Agrónomo Mora (2019) reflexiona sobre la necesidad de evaluar los resultados de su trabajo de tesis en base a la teoría a través de ensayos *in situ* a lo

largo del territorio argentino, además de realizar la zonificación con vistas a la producción los metabolitos secundarios que no tiene precedente.

Por último quiero traer a discusión, en cuanto a una práctica comúnmente utilizada, que es el lavado de raíces antes de la cosecha, quiero dejar en claro que no lo puse en el presente trabajo por considerar una práctica que no sirve, a menos que sea una técnica para mejorar las características químicas del suelo y no así como una forma de que la planta deje de absorber nutrientes, pero es mi opinión personal que en un futuro podré respaldar o no mediante los ensayos pertinentes.

22. Conclusiones

Existe mucho material referido al cultivo de la planta de *Cannabis sativa* L., sin embargo, existe discrepancia en las recomendaciones de los distintos autores, la información no siempre es completa y en cuanto a los ensayos realizados no son suficientes para sacar una conclusión certera. Todavía falta mucho por aprender ya que si bien existe mucho conocimiento empírico, es necesario realizar un estudio más profundo de la planta de manera interdisciplinaria abordando conocimientos específicamente agronómicos como la botánica, fisiología, edafología, genética, protección vegetal, etc. que en conjunto con la experiencia existente se pueda mejorar la producción de *Cannabis*, siendo además eficientes en el uso de los recursos naturales.

“Las opiniones expresadas por los autores de este Trabajo no representan necesariamente los criterios de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora”

23. Bibliografía

- Agnese, O., Sueiro López, R., Taito Vicenti, I., Franco, J. (2019). *Cannabis medicinal en Argentina: perspectiva desde la salud pública. Evidencia, actualización en la práctica Ambulatoria* 22(1), e001119.
- Andre, C. M., Hausman, J. F., & Guerriero, G. (2016). *Cannabis sativa: The plant of the thousand and one molecules*. *Frontiers in plant science*, 7, 19.
Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Azcón- Bieto J., Talón M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2da edición. Ed: McGraw Hill Interamericana de España, S.L.
- Baca Paunero, M. (2022). *Cannabis medicinal y el Cáñamo industrial: se promulgó la ley*. Facultad de derecho. UNLZ. Buenos Aires. Argentina.
Recuperado de:
<https://www.derecho.unlz.edu.ar/web2017/marco-regulatorio-para-el-desarrollo-de-la-industria-del-cannabis-medicinal-y-el-canamo-industria/>
- Bernstein, N., Spitzer-Rimon, B., Duchin, S. y Kamenetzky, R. (2019). *Architecture and florogenesis in female Cannabis sativa plants*. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00350>
- Bernstein, N., Saloner, A. (2020). *Response of medical Cannabis (Cannabis sativa L.) to nitrogen supply under long photoperiod*. *Frontiers in Plant Sciences* 11:572293.
Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.572293>
- Bernstein, N., Shiponi, S. (2020). *Response of medical Cannabis (Cannabis sativa L.) genotypes to P supply under long photoperiod: Functional phenotyping and the ionome*. Elsevier B. V. ISSN 0926-6690.
Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113154>

- Bernstein, N., Saloner, A., Sacks, M. (2019). *Response of medical Cannabis (Cannabis sativa L.) genotypes to K supply under long photoperiod*. *Frontiers in Plant Sciences* 10:1369. Recuperado de:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01369>
- Bernstein, N., Gorelick, J., Zerahia, R., Koch, S. (2019). *Impact of N, P, K, and Humic Acid Supplementation on the Chemical Profile of Medical Cannabis (Cannabis sativa L.)*. *Frontiers in Plant Sciences* 10:736. Recuperado de:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00736>
- Bertone, D. (2021). *Avances en las propiedades botánicas de la planta*. Ponencia virtual presentada en la Diplomatura Cannabis Medicinal. Módulo 1. UNAJ. Buenos Aires. Argentina.
- Callaway, J.C. (2004). *Hempseed as a nutritional resource: An overview*. *Euphytica* 140(1), 65-72. Recuperado de:
<https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Chandra S., Hemant L., ElSohly M., Walker L., Potter D. (2016). *Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product*. *Epilepsy & Behavior*, 70, 302-312.
- Corbelle, F. (2016). *Dar la cara como "usuario responsable". El activismo político de los usuarios de drogas: De la clandestinidad al congreso nacional*. (Tesis de Doctorado). UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Corda, A. (2018) *Cannabis en Argentina: de los afrodescendientes en la colonia al movimiento cannábico*. 1ra ed. CABA. Buenos Aires. Argentina. Ed: Intercambios Asociación Civil.

Aclaración: no se incluirán los datos de Bertone, Armada y Bewley-Taylor pues la obra consultada fue la de Corda.

- Duke, J. A. (1983). *Handbook of Energy Crops*. Purdue University. Recuperado de:
https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Cannabis_sativa.html
- Eichhorn Bilodeau, S., Wu, B.S., Ruffyikiri, A. S., MacPherson, S. y Lefsrud, M. (2019). *An update on plant photobiology and implications for Cannabis production*. *Frontiers in plant science* 10:296.
- FAO. (S/F). Sección 6. *Explicaciones sobre el desarrollo de la planta*.
- Frank, M. (2017). *The nomenclature of female flowers*. *Cannabis business times*. Recuperado de:
<https://www.cannabisbusinesstimes.com/article/the-nomenclature-of-female-flowers/>
- Fassio, A., Rodriguez M., Ceretta S. (2013). *Cáñamo*. INIA. Boletín de Divulgación N° 103. Uruguay.
Aclaración: no se incluirán Mc Partland (2000), Ranalli, Roulac, Heuser, Tarasov, Lotz, Kok, Zadoks, Duke, Jordanvan der, Ranalli, Robinson, Werf y Wright ya que la obra consultada es de Fassio.
- Gallego, J. (2021). *Iluminación para maestros del cultivo: PAR, PPF, DLI y otras siglas útiles*. *Cáñamo, la revista de la cultura del Cannabis*. Recuperado de:
<https://canamo.net/cultivo/interior/iluminacion-para-maestros-del-cultivo-par-ppfd-ldi-y-otras-siglas-utiles>
- Gallego, J. (2021). *¿Qué es el VPD y para qué sirve?*. *Cáñamo, la revista de la cultura del Cannabis*. Recuperado de:
<https://canamo.net/cultivo/interior/que-es-el-vpd-y-para-que-sirve>

- Grupo cultivo *Cannabis* medicinal, (2021). *Cosecha y postcosecha de Cannabis*. Ponencia virtual presentada en el curso de extensión 2021-2022, primera parte. UNLP.
- Grupo cultivo *Cannabis* medicinal, (2022). *Cosecha y postcosecha de Cannabis*. Ponencia virtual presentada en el curso de extensión 2021-2022, segunda parte. UNLP.
- Hernando, E. (2021). *Los últimos días*. Revista THC. p 45. CABA. Argentina.
- Hernández, J. (2016). *Ensayo de variedades de Cáñamo en la Vega Baja del Segura*. UMH.
- International Drug Policy Consortium Publication (IDPC).(2018). *Políticas y prácticas sobre cannabis medicinal en el mundo*.
- Joy, J. E., Stanley, J., Watson Jr, S.J., Benson Jr, J.A. (1999). *Marijuana and medicine: assessing the science base*. Division of Neuroscience and Behavioral Health, Institute of Medicine. National Academies Press. Washington DC.
- Kaparovsky, A. (2020). *Manejo de los nutrientes*. Recuperado de: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/nutrient-management-cannabis/>
- Livingston (2019). *The plant journal Cannabis glandular trichomes alter morphology and metabolite content during flower*. The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology, 101(1):37-56. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/tpj.14516>.
- López, A. (2021). *La cadena de valor del cannabis: situación y tendencias internacionales, y oportunidades para la argentina*. Documentos de Trabajo del CCE N° 1. Consejo para el Cambio Estructural. Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

- Márquez, F., Lozada, M., Idaszkin, Y., González, J. R., Bigatti, G. (2021). *Las variedades de Cannabis pueden distinguirse por la forma de las semillas*. 2do Congreso argentino de Cannabis y salud. 3er Encuentro americano de profesionales expertos en fitocannabinoides.
- Mc Partland, J. M. (1997). *Cannabis as repellent and pesticide*. [El cannabis como repelente y pesticida]. Recuperado de:
<https://druglibrary.org/olsen/hemp/IHA/jiha4210.html>
- Mediavilla, V. y Steinemann, S. (1997). Essential oil of *Cannabis sativa* L. strains. *Journal of the International Hemp Association* 4(2): 80 - 82.
Recuperado de: <https://druglibrary.org/olsen/hemp/IHA/jiha4208.html>

Aclaración: no se incluirán Turner, McPartland, Fournier y Krebs, ya que la obra consultada fue de Mediavilla, V. y Steinemann S.

- Meier, C. y Mediavilla, V. (1998). *Factors influencing the yield and the quality of hemp (Cannabis sativa L.) essential oil*. Recuperado de:
<https://druglibrary.org/olsen/hemp/IHA/jiha5107.html>
- Mercado, M. I. y Ponessa, G. (2021). *Caracterización y control de calidad botánica de Cannabis sativa*. Ponencia presentada en el congreso argentino cannamericano de *Cannabis*.
Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=b7n-6nsGe-4>
- Mollinedo, V. (2021). *Cultivo de cannabis con fines medicinales: Diferentes abordajes de producción*. Ponencia virtual presentada en el primer congreso integral de *Cannabis* medicinal, Módulo 2. Trapiche, San Luis. Argentina.

- Mora, F. (2019). *Aptitud agroclimática del territorio argentino para el cultivo de cáñamo (Cannabis sativa) y la producción de principios activos de interés medicinal*. UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Naciones Unidas (2010). *Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis*. Recuperado de: https://www.unodc.org/documents/scientific/Cannabis_manual-Sp.pdf
- Naciones Unidas (2018). *La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. ISBN: 978-92-1-058643-6. Ed: CEPAL
- Piranha (2020). *Cosecha, secado y curado. Puntos determinantes en la calidad de Cannabis sativa*. Chile. Recuperado de : <https://piranha.cl/blog/ciencia/cosecha-secado-y-curado>
- Prade, T. (2011). *Industrial hemp (Cannabis sativa L.) a high yielding energy crop*. Horticulture and Agricultural Science. Departamento de Agrosystems Alnarp. Facultad de Landscape Planning
- Rawson, J.M. (2005). *Hemp as an agricultural commodity*. Congressional Research Service Report for Congress. Washington, DC.
- Rodriguez, B. C. (2019). *Producción de Cannabis medicinal como mecanismo de desarrollo económico y social de los campesinos e indígenas*. Trabajo de grado. Universidad nacional abierta y a distancia, escuela de ciencias administrativas, contables, económicas y de negocios, especialización en gestión de proyectos. Colombia.
Recuperado de:
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/30709/1/cballesterosro.pdf>

- Romero, M. C. *et al.* (2021). *Cannabis medicinal: La guía completa*. 1ª Ed. Ed: THC. CABA. Buenos Aires. Argentina
- Salisbury, F. B. (1992). *Fisiología Vegetal*. Ed: Grupo editorial Iberoamérica.
- Soriano, F. (2017). *Marihuana. La Historia de Manuel Belgrano a las copas cannábicas*. Ed: Planeta.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. Volumen 1. Ed: Universitat Jaume I.
- Torres, A., Lopez, R. (s/f). *Producción comercial de cultivos bajo invernadero y viveros*. Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas Verdes. Purdue University.
- Vantreese, V. L. (1997). *Industrial hemp: global markets and prices*. University of Kentucky, Department of Agricultural Economics. Lexington. USA.

“Las opiniones expresadas por los autores de este Trabajo no representan necesariamente los criterios de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Lomas de Zamora”

