

Trabajo Final de grado

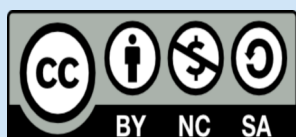
Biotti, Juan Martín

Usos industriales de Cannabis Sativa L. : Aceite fijo de semillas de cáñamo

Instituto de Ingeniería y Agronomía

2026

*Carrera: Licenciatura en Ciencias
Agrarias*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Biotti, J. M. (2026). Usos industriales de Cannabis Sativa L. : Aceite fijo de semillas de cáñamo [Trabajo Final de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3700>

UNIVERSIDAD NACIONAL ARTURO JAURETCHE

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRARIAS

INFORME DE TRABAJO FINAL

USOS INDUSTRIALES DE *Cannabis sativa* L:

ACEITE FIJO DE SEMILLAS DE CÁÑAMO

Juan Martín Biotti

Legajo N°56.208

juanmabiotti@gmail.com

Tutora: Dra. Ing. Agr. Mónica Ricci

Resumen

El presente trabajo analiza los usos no medicinales de *Cannabis sativa* L., con énfasis en las semillas de cáñamo y en el aceite vegetal obtenido mediante prensado en frío. Para ello, se desarrolla una revisión bibliográfica que integra aspectos botánicos, morfológicos, genéticos, agronómicos y legales, con el objetivo de ofrecer una visión actualizada y rigurosa del cultivo orientado a la producción de semillas en el cinturón hortícola de Florencio Varela, provincia de Buenos Aires.

Se describen las características taxonómicas y morfofisiológicas de *C. sativa*, y se analizan los procesos de floración y las implicancias productivas que estas presentan sobre el manejo agronómico y la obtención de semillas. Asimismo, se presentan las diferencias entre cannabis medicinal y cáñamo industrial, los fundamentos genéticos de la biosíntesis de los distintos tipos de cannabinoides, y las propiedades nutraceuticas de las semillas de *C. sativa* en la nutrición humana y animal. Se abordan además los métodos de obtención de los aceites de la semilla y los subproductos derivados de su procesamiento, así como una comparación con otros tipos de aceites comestibles.

Desde una perspectiva agronómica, se estudian los requerimientos edafoclimáticos, la densidad de siembra, el manejo nutricional y el ciclo fenológico del cultivar FINOLA. Se evalúa su adaptabilidad a las condiciones ambientales de Florencio Varela y se estiman fechas de siembra, floración y cosecha para su cultivo invernal, destacando la ventaja de evitar la coincidencia con la floración natural de otras poblaciones de cannabis de la región.

Finalmente, se analizan las regulaciones vigentes en Argentina para el cultivo de cáñamo industrial, con especial énfasis en los requisitos de la Ley 27.669 y su marco reglamentario. Se concluye que la producción de semillas de cáñamo y su aceite constituye una alternativa agrícola viable, sostenible y alineada con los nuevos desarrollos normativos y tecnológicos, ofreciendo oportunidades significativas para productores locales.

Palabras clave: cáñamo industrial; semillas oleaginosas; aceite vegetal; manejo agronómico; marco regulatorio.

Objetivos

En el contexto de un marco legal que regula el uso de ciertas variedades de la especie *Cannabis sativa* y restringe otras, resulta fundamental realizar un análisis exhaustivo de las posibilidades de explotación de los cultivos de cáñamo industrial. Este conocimiento es esencial para los productores florihortícolas locales que deseen incorporar esta especie en su esquema productivo, ya que el desconocimiento de las normativas vigentes podría derivar en la pérdida de oportunidades comerciales, especialmente en mercados internacionales donde los límites legales de los componentes del cáñamo pueden diferir de los establecidos a nivel local. Además, la falta de cumplimiento de estas regulaciones podría conllevar sanciones legales tanto a nivel nacional como internacional.

El presente trabajo de revisión bibliográfica tiene como objetivo principal investigar las propiedades y beneficios de las semillas de cáñamo y el aceite

derivado de estas, así como realizar un análisis de las condiciones de cultivo y producción en el cinturón hortícola de Florencio Varela. Asimismo, se busca discutir las implicancias de la incorporación del cáñamo industrial en las industrias de la salud y el bienestar, considerando las normativas legales vigentes y los desafíos que estas representan para los productores locales. Este enfoque integral busca ofrecer una guía actualizada y fundamentada que facilite la toma de decisiones estratégicas en el marco de un desarrollo agrícola sostenible y legalmente regulado.

Metodología

A lo largo de la historia, *Cannabis sativa* ha sido objeto de un interés científico amplio debido a sus propiedades botánicas, su versatilidad y sus amplias posibilidades productivas. Este cultivo se encuentra entre los más estudiados a nivel mundial, con una vasta cantidad de investigaciones que abordan diversos aspectos relacionados con su biología, genética, aplicaciones industriales y usos medicinales. La afirmación sobre su relevancia científica se sustenta en una amplia base de estudios disponibles en plataformas reconocidas por su rigor y diversidad.

Para la recopilación de información, se recurrió a fuentes científicas confiables y de prestigio internacional. A través de *Google Scholar* y *Research Gate* se accedió a literatura científica de alcance global, incluyendo investigaciones sobre la botánica, genética y potencial productivo del cannabis. La selección de los estudios se centró en aquellos que permitan un enfoque más actualizado y preciso de los conocimientos previos.

Por otro lado, se utilizaron plataformas de búsqueda científica como SciELO y Dialnet, que ofrecen acceso a investigaciones con un enfoque regional. Estas fuentes se utilizaron para analizar características locales, incluyendo investigaciones médicas, aspectos productivos y patrones de consumo. Este enfoque permitió una mayor contextualización de los hallazgos en relación con las condiciones específicas de cada entorno local.

La sensibilidad del cultivo a nivel legal, tanto local como internacionalmente, exigió la incorporación de trabajos de divulgación, manuales e informes provenientes de fuentes oficiales de alcance global, regional y nacional.

En todos los casos, la selección de los trabajos se basó en criterios rigurosos de relevancia, confiabilidad y actualidad, garantizando que la información recopilada sea pertinente y esté respaldada por evidencia científica sólida.

Introducción

El cultivo de *Cannabis sativa* ha adquirido una relevancia creciente a nivel global debido a la diversidad de aplicaciones industriales, nutricionales, medicinales y ambientales asociadas a sus distintos órganos y derivados. A lo largo de más de diez mil años de domesticación, esta especie ha sido utilizada como fuente de fibra, alimento, material industrial y sustancia de interés medicinal y ritual. En las últimas décadas, el renovado interés por su uso medicinal, junto con la expansión de marcos regulatorios específicos, ha impulsado investigaciones orientadas a optimizar su producción y a profundizar el conocimiento de su potencial económico y agronómico (Long, 2016; Hartsel et al., 2016; Pancaldi et al., 2025).

Historia y domesticación de la especie

Cannabis sativa es una planta herbácea anual cuya domesticación se remonta a más de 10.000 años, con evidencia arqueobotánica que indica su uso temprano en Asia Central para la producción de fibra, semillas y resinas aromáticas. A lo largo de milenios, la especie se expandió hacia Europa, Medio Oriente, África y, posteriormente, América, adaptándose a una amplia gama de condiciones edafoclimáticas. Este proceso dio lugar a la diferenciación de grupos morfológicos y funcionales, asociados a distintos fines productivos: fibra, semillas (grano), aceite y resinas ricas en cannabinoides (Long, 2016; Pisanti & Bifulco, 2018; Rodziewicz & Kaiser, 2020).

Actualmente, *C. sativa* es considerada una de las especies agrícolas más versátiles del mundo, con más de 30.000 aplicaciones documentadas. Su relevancia contemporánea se vincula tanto a su potencial industrial como al creciente interés por sus propiedades nutricionales y bioquímicas (Callaway, 2004; Hartsel et al., 2016).

Sistemática clásica y moderna

Históricamente, la taxonomía del cannabis se apoyó en los trabajos de Carl Linnaeus y Jean-Baptiste Lamarck, quienes describieron a *Cannabis sativa* y *Cannabis indica* como especies separadas, basándose principalmente en diferencias morfológicas observables. *Cannabis sativa* se asociaba a plantas altas, de hojas estrechas y aptas para la producción de fibra, mientras que *Cannabis indica* se describía como plantas más bajas, de hojas anchas y con

mayor contenido de compuestos psicoactivos (McPartland & Guy, 2017; Rodziewicz & Kaiser, 2020).

Sin embargo, la sistemática moderna —apoyada en estudios genómicos y morfoanatómicos— indica que estas distinciones no representan especies biológicas diferenciadas, sino expresiones de variabilidad dentro de una única especie: *Cannabis sativa* L. Los altos niveles de hibridación, la selección artificial intensiva y el flujo génico entre poblaciones han generado una continuidad genética que impide sostener las antiguas categorías como entidades taxonómicas válidas. Por este motivo, la clasificación se basa actualmente en quimiotipos definidos por la relación THC/CBD y en características agronómicas, tales como el patrón de floración, la arquitectura de la planta, el sexo (dioico/monoico) y la orientación productiva (fibra, grano, resina) (McPartland & Guy, 2017; Petit, 2020; Rodziewicz & Kaiser, 2020; Lapierre et al., 2023).

Morfología general de la planta

Cannabis sativa presenta características morfológicas particulares que explican su amplia plasticidad productiva. El tallo es recto y estriado, con abundantes fibras de alto valor industrial. Presenta una elevada proporción de tejidos esclerénquimáticos en cultivares destinados a fibra, y su diámetro y elongación se encuentran fuertemente influenciados por la densidad de siembra (Arnall et al., 2019; Rodziewicz & Kaiser, 2020).

Las hojas son palmadas y cuentan con entre cinco y once folíolos dentados, con mayor número en plantas vigorosas y menor número ante condiciones de estrés

ambiental. Contienen tricomas no glandulares y pequeñas cantidades de compuestos aromáticos (Spitzer-Rimon et al., 2019; Rodziewicz & Kaiser, 2020).

La especie es predominantemente dioica, es decir, presenta plantas masculinas y femeninas separadas. Las inflorescencias femeninas presentan tricomas glandulares, responsables de la producción de cannabinoides y terpenos, mientras que las inflorescencias masculinas forman panículas más aéreas y dispersan polen en grandes cantidades (Spitzer-Rimon et al., 2019; Echeverry et al., 2021).

Entre los tricomas se distinguen cuatro tipos principales: glandulares capitados pedunculados, glandulares capitados sésiles, glandulares bulbosos y no glandulares (de cobertura o con cistolitos). Los cannabinoides se sintetizan exclusivamente en los tricomas glandulares, presentes principalmente en las flores femeninas (Raman et al., 2019; Echeverry et al., 2021).

La raíz es axonomorfa, con ramificaciones laterales, y contribuye a mejorar la estructura del suelo y reducir la compactación. El fruto es un aquenio, es decir un fruto seco indehisciente que contiene la semilla verdadera, la cual presenta un alto contenido de aceites vegetales y proteínas (Callaway, 2004; Rodziewicz & Kaiser, 2020).

La planta de *C. sativa* presenta cultivares dioicos y monoicos. Los cultivares dioicos, con plantas masculinas y femeninas separadas, predominan en poblaciones naturales y en materiales destinados a resina y fibra tradicional. En los cultivares monoicos, una misma planta presenta flores masculinas y femeninas separadas, lo que favorece rendimientos más estables en semilla al

asegurar la polinización interna. Estos materiales resultan adecuados para cultivos destinados a la producción de grano y aceite (Spitzer-Rimon et al., 2019; Petit, 2020).

La distinción entre cultivares dioicos y monoicos resulta fundamental en el cultivo del cáñamo, dado que determina las estrategias de siembra, la uniformidad del cultivo, el manejo del ciclo y el rendimiento final en semillas o fibra (Arnall et al., 2019; Mora, 2019).

Fotoperiodo en *C. sativa*

La mayoría de los cultivares de *Cannabis sativa* son plantas de día corto; es decir, inician la floración cuando las horas de oscuridad superan un umbral crítico. Este rasgo evolutivo determina las fechas de siembra, el riesgo de floración prematura, la sincronización con el clima local y el rendimiento final del cultivo. La sensibilidad al fotoperiodo condiciona la planificación agronómica, especialmente en regiones templadas, donde las variaciones estacionales en la duración del día influyen de manera directa sobre el ciclo reproductivo (Mediavilla, 1998; Spitzer-Rimon et al., 2019; Peterswald et al., 2023).

Variedades autoflorecientes derivadas de *C. ruderalis*

Cannabis ruderalis es un linaje de cannabis adaptado a regiones de alta latitud, caracterizado por una autofloración independiente del fotoperíodo, un ciclo de vida corto, menor porte y rápida madurez sexual. El cruzamiento con *C. ruderalis* ha permitido desarrollar cultivares autoflorecientes, como FINOLA, de uso extendido para la producción de grano, que florecen a los 25–30 días y completan su ciclo en 100–120 días. Estos materiales presentan una buena

adaptación a climas templados y evitan la coincidencia con floraciones regionales (FINOLA, 2019; Pancaldi et al., 2025).

Genética y bioquímica del cannabis: metabolitos secundarios

Las plantas de *C. sativa* producen una amplia variedad de metabolitos secundarios, entre los cuales se destacan los cannabinoides, los terpenos y los flavonoides. Estos compuestos no participan en funciones primarias como el crecimiento o la reproducción, pero desempeñan un papel esencial en la interacción de la planta con su entorno, especialmente en la defensa frente a herbívoros y frente a distintos tipos de estrés biótico y abiótico (Rodziewicz & Kaiser, 2020; Echeverry et al., 2021).

Cannabinoides

Los cannabinoides son compuestos exclusivos de *C. sativa*, sintetizados en los tricomas glandulares presentes principalmente en las flores femeninas. Hasta la fecha se han identificado más de 200 cannabinoides diferentes, aunque solo algunos de ellos se encuentran en concentraciones relevantes. Las formas crudas presentes en la planta incluyen el ácido tetrahidrocannabinólico (THCA), el ácido cannabidiólico (CBDA) y el ácido cannabigerólico (CBGA). Sus formas neutras y activas se generan como resultado de la descarboxilación inducida por la acción de la luz o el calor: THC (tetrahidrocannabinol), CBD (cannabidiol) y CBG (cannabigerol). El contenido de THC constituye el parámetro más relevante a la hora de enmarcar legalmente a cada cultivar, debido a su conocido efecto psicoactivo (Hartsel et al., 2016; Golombek et al., 2020; Echeverry et al., 2021).

Los terpenos, como el β -cariofileno, el limoneno y el mirceno, aportan el aroma característico de la planta y poseen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Su interacción con los cannabinoides contribuye al denominado “efecto séquito”, aumentando la complejidad farmacológica de la especie (Hartsel et al., 2016; Sommano et al., 2020).

Compuestos flavonoides, como la canflavina A y la apigenina, exhiben actividad antioxidante y antiinflamatoria y contribuyen al perfil sensorial y a la coloración de las partes aéreas (Echeverry et al., 2021; Haddou et al., 2023).

Biosíntesis de cannabinoides

La biosíntesis de cannabinoides depende de dos enzimas clave: la THC sintasa (THCAS) y la CBD sintasa (CBDAS). Ambas enzimas actúan sobre el precursor común, el ácido cannabigerólico (CBGA), dando origen al ácido tetrahidrocannabinólico (THCA) y al ácido cannabidiólico (CBDA). Estas moléculas se encuentran, en más del 90%, en estado ácido en la planta viva. La conversión a las formas neutras THC y CBD ocurre por exposición al calor, ya sea durante procesos de secado, horneado o combustión/vaporización (Hartsel et al., 2016; Golombek et al., 2020; Echeverry et al., 2021).

Bases genéticas del contenido de THC y CBD

El perfil químico de una planta de cannabis se encuentra determinado genéticamente. Los genes THCAS y CBDAS se localizan en loci específicos del cromosoma 7. La presencia y funcionalidad relativa de cada uno de estos genes define el quimiotipo.

Plantas tipo droga (quimiotipo I – $\text{THC/CBD} > 1$): cannabis con alta actividad de THCAS y predominio de THCA/THC, asociado a usos recreativos y a determinados usos medicinales específicos.

Plantas mixtas (quimiotipo II - $\text{THC/CBD} \approx 1$): combinación equilibrada, utilizada en formulaciones terapéuticas que buscan efecto conjunto.

Plantas tipo fibra (quimiotipo III): cannabis con alta actividad de CBDAS y predominio de CBDA/CBD. Este grupo incluye a los cultivares de cáñamo industrial caracterizados por un contenido legalmente permitido de THC y un predominio de CBD (McPartland & Guy, 2017; Rodziewicz & Kaiser, 2020; Petit, 2020).

La proporción relativa THC/CBD se mantiene estable frente a variaciones ambientales, aunque el contenido absoluto de cannabinoides puede verse modificado por la intensidad lumínica, la disponibilidad de nutrientes, el estrés hídrico y la temperatura. (Petit, 2020; Echeverry et al., 2021; Peterswald et al., 2023).

Comprender la genética y bioquímica del cannabis permite seleccionar variedades compatibles con los límites legales de THC, identificar cultivares aptos para producción de semillas y diseñar esquemas de manejo agronómico que optimicen la calidad del grano. (Mora, 2019; López & Gómez Roca, 2020; Sorlino, 2023).

Cáñamo industrial y sus usos

El cáñamo industrial comprende un conjunto de cultivares de *Cannabis sativa* L. caracterizados por su bajo contenido de tetrahidrocannabinol (THC) y por su

orientación productiva hacia la fibra, las semillas y sus derivados. A diferencia de las variedades destinadas a la producción de flores con altos niveles de resina, los cultivares de cáñamo han sido seleccionados para maximizar atributos agronómicos, tales como el porte elevado, la estructura fibrosa del tallo o el rendimiento en aquenios, según la finalidad industrial prevista. Esta categoría no constituye una entidad taxonómica distinta, sino una clasificación regulatoria y agronómica basada en criterios químicos y de uso (McPartland & Guy, 2017; Rodziewicz & Kaiser, 2020; Sorlino, 2023).

Diferenciación entre cáñamo y cannabis medicinal y recreativo

La principal diferencia entre el cáñamo industrial y el cannabis recreativo y medicinal radica en la concentración de cannabinoides, especialmente THC, y en la orientación productiva. Mientras que las variedades destinadas a usos recreativos y medicinales presentan niveles de THC que pueden alcanzar el 20–30 % del peso seco de las flores, el cáñamo industrial se define por mantener concentraciones muy bajas, generalmente inferiores a los límites normativos establecidos por cada país. En Argentina, la Ley 27.669 fija un contenido máximo del 1% de THC para considerar un cultivo como cáñamo industrial (Rodziewicz & Kaiser, 2020; BORA, 2022; Sorlino, 2023).

Desde el punto de vista agronómico y morfológico, el cáñamo destinado a fibra suele presentar plantas altas, con entrenudos largos y escasa ramificación, rasgos que se ven favorecidos por densidades de siembra muy elevadas, propias de sistemas productivos con hasta 200 plantas por metro cuadrado. En contraste, los cultivares destinados a la producción de flores ricas en cannabinoides para

la industria farmacéutica requieren mayor espaciamiento, un desarrollo lateral más pronunciado y una arquitectura favorable a la formación de inflorescencias, utilizándose densidades cercanas a 1 planta por metro cuadrado, como en los sistemas de producción de cannabis medicinal (Arnall et al., 2019; Spitzer-Rimon et al., 2019; Pancaldi et al., 2025).

Los cultivares destinados a la producción de semillas y aceites vegetales constituyen otro grupo dentro del cáñamo industrial. Estos cultivares se seleccionan por su capacidad de producir aquenios con alto contenido de aceite y proteínas, y suelen cultivarse en densidades intermedias con el fin de favorecer la ramificación y el desarrollo de inflorescencias femeninas fértiles (Callaway, 2004; Cattaneo et al., 2023).

El sistema de producción de doble propósito permite cosechar en una misma planta la fibra y el grano, o bien la fibra y la inflorescencia. Este enfoque permite agregar valor económico al cultivo de fibra, dado que los aceites ricos en CBD se encuentran en creciente demanda. Al considerar las diferencias de manejo entre los órganos cosechados, debe tenerse en cuenta que la fibra, el grano y la inflorescencia optimizan su producción cuando constituyen el único propósito del cultivo. No obstante, aun cuando la cantidad de CBD producida por planta sea menor, el cultivo extensivo con doble propósito permite incorporar a la producción de fibra grandes volúmenes de inflorescencias destinadas al cannabis medicinal (Arnall et al., 2019; Sorlino, 2023; Pancaldi et al., 2025).

Usos industriales del cáñamo

El cáñamo industrial presenta una amplia gama de aplicaciones, derivadas de los distintos órganos de la planta.

Fibra. El tallo del cáñamo contiene fibras de alta resistencia, tradicionalmente empleadas en la fabricación de cuerdas, telas, biocompuestos, aislantes y materiales de construcción, como el denominado *hempcrete*. La fibra larga se utiliza en textiles y papel de alta resistencia, mientras que la fibra corta se integra en bioplásticos y materiales reforzados (Callaway & Pate, 2008; Sorlino, 2023; Pancaldi et al., 2025).

Semillas. Las semillas (aquenios) constituyen una fuente valiosa de proteínas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales. Son utilizadas en la elaboración de alimentos funcionales, harinas enriquecidas, barras energéticas y suplementos nutricionales. Al no contener cannabinoides, pueden comercializarse libremente en mercados alimentarios (Callaway, 2004; Cattaneo et al., 2023; Haddou et al., 2023).

Aceite de semillas de cáñamo. El aceite obtenido por prensado en frío es rico en ácidos grasos esenciales (omega-6 y omega-3), vitamina E y antioxidantes. Su composición lo convierte en un ingrediente de alto valor para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. Se utiliza en aderezos, productos dermatológicos, formulaciones antiinflamatorias y suplementos dietarios. La torta o harina residual, resultante del prensado, es rica en proteínas y puede emplearse como ingrediente en alimentos para animales o en productos enriquecidos, mientras que las cáscaras se utilizan como suplemento de fibra en

alimentos funcionales (Callaway, 2004; Haddou et al., 2023; Cattaneo et al., 2023).

Impacto ambiental

El cáñamo industrial se caracteriza por ser un cultivo de bajo requerimiento de insumos y reducido impacto ambiental, con una elevada capacidad de captura de carbono y un destacado potencial para la producción de biomasa con fines energéticos. Asimismo, presenta una notable aptitud para la fitorremediación y el tratamiento de suelos y aguas contaminadas, debido a la capacidad de sus fibras para adsorber metales pesados y diversos compuestos orgánicos. Estas propiedades posicionan al cáñamo como una alternativa agrícola sostenible, particularmente relevante para zonas periurbanas afectadas por actividades industriales, al contribuir simultáneamente a la recuperación ambiental y al desarrollo de esquemas de economía circular (Haddou et al., 2023; Sorlino, 2023; Dogbe, 2023; Pancaldi et al., 2025).

Relevancia del cáñamo industrial para Argentina

El desarrollo del cáñamo industrial en Argentina cobra relevancia a partir de la existencia de un marco legal específico que habilita su cultivo y procesamiento bajo criterios técnicos y normativos definidos. Las condiciones agroecológicas del país, en particular en regiones de clima templado como la Pampa Húmeda, junto con la disponibilidad de suelos fértiles y experiencia productiva, favorecen su incorporación en sistemas agrícolas diversificados. En este contexto, la producción de semillas y aceite de cáñamo representa una oportunidad concreta para la generación de valor agregado, la diversificación productiva y la inserción

en mercados emergentes vinculados a alimentos funcionales, cosmética y productos sustentables. (Mora, 2019; Sorlino, 2023).

Por otro lado, la demanda internacional de proteínas vegetales, aceites funcionales y productos sostenibles abre oportunidades para la inserción de productores locales en mercados emergentes. La posibilidad de obtener rendimientos elevados en ciclos cortos, especialmente mediante el uso de cultivares autoflorecientes, refuerza el potencial del cáñamo como cultivo estratégico dentro de sistemas de rotación diversificados. (Dogbe, 2023; Pancaldi et al., 2025).

Morfología del aquenio y estructura de la semilla

El fruto de *Cannabis sativa* es un aquenio, es decir, un fruto seco indehiscente que contiene en su interior una única semilla verdadera, rodeada por una cáscara lignificada. Esta cáscara actúa como una barrera protectora frente a la deshidratación, la luz y el ataque de patógenos, contribuyendo a la elevada viabilidad de las semillas y a su aptitud para el almacenamiento prolongado (Callaway, 2004; Cattaneo et al., 2023).

En el interior del aquenio, la semilla está compuesta por el embrión, responsable de la germinación y portador del material genético, y por tejidos de reserva ricos en aceites vegetales, proteínas y carbohidratos, además de una cubierta seminal delgada y adherida al embrión (FINOLA, 2020; Haddou et al., 2023).

Es importante señalar que las semillas carecen de tricomas glandulares, por lo que no contienen cannabinoides ni resina. En este sentido, resulta fundamental diferenciar el aceite fijo vegetal obtenido por prensado de las semillas del

denominado “aceite esencial de cáñamo”, el cual se obtiene mediante destilación al vapor de hojas y flores, y no de los aquenios (Rodziewicz & Kaiser, 2020; Echeverry et al., 2021).

Composición nutricional de las semillas de cáñamo

Las semillas de cáñamo poseen un perfil nutricional de alta calidad, reconocido a nivel internacional por su valor para la salud humana. Su composición incluye proteínas, con un contenido promedio de entre 25 y 35 %, que presentan todos los aminoácidos esenciales y una elevada digestibilidad, con una calidad proteica comparable a la de la soja. El contenido de lípidos varía entre el 28 y el 35 % según el cultivar, con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados. Las semillas presentan una proporción omega-6: omega-3 cercana a 3:1, considerada óptima para la nutrición humana. Asimismo, se verifica la presencia de ácido gamma-linolénico (GLA), un ácido graso omega-6 con propiedades antiinflamatorias. (Callaway, 2004; Cattaneo et al., 2023; Haddou et al., 2023).

Esta composición respalda su creciente uso en alimentos funcionales, que, además de su valor nutricional, ofrecen beneficios asociados a la prevención de enfermedades o a la mejora de funciones específicas del organismo. Asimismo, resultan adecuadas para dietas vegetarianas o veganas basadas en proteínas vegetales. (Callaway, 2004; Cattaneo et al., 2023; Haddou et al., 2023).

Métodos de extracción del aceite fijo de semillas de cáñamo

El prensado en frío es el método preferido para producir aceite fijo de grado alimentario y cosmético. Consiste en aplicar presión mecánica sobre las semillas sin aporte de calor externo, lo que permite preservar ácidos grasos

poliinsaturados, antioxidantes naturales, vitaminas liposolubles y las propiedades organolépticas del aceite. El producto obtenido es un aceite virgen de color verde claro, con un sabor levemente a nuez (Callaway, 2004; FINOLA, 2020; Haddou et al., 2023).

La extracción con solventes utiliza hexano para disolver el aceite. Si bien permite obtener mayores rendimientos, puede dejar residuos indeseables y se destina principalmente a usos técnicos, como biocombustibles y lubricantes, o a procesos que incluyen una refinación intensiva. (Dunford, 2020; Haddou et al., 2023).

Un método más moderno es la extracción con CO₂ supercrítico, que resulta altamente eficiente y libre de solventes. Permite obtener aceites de elevada pureza, aptos para la industria cosmética o farmacéutica. Sin embargo, su costo operativo es elevado, por lo que se utiliza principalmente en nichos de alto valor agregado. (Suárez-Jacobo et al., 2023; Haddou et al., 2023).

Refinación y control de calidad del aceite

Los principales pasos incluyen el filtrado, que remueve partículas sólidas y sedimentos inmediatamente después del prensado; el desgomado, que elimina fosfolípidos y otros compuestos que pueden provocar turbidez o acelerar la oxidación; y la desodorización, que reduce olores intensos mediante métodos físicos, mejorando la aceptabilidad sensorial. En el caso de aceites culinarios o cosméticos de alta calidad, el refinado se mantiene limitado con el fin de preservar los compuestos bioactivos. En cambio, los aceites destinados a usos

técnicos pueden someterse a una refinación más extensa (Callaway, 2004; Dunford, 2020; Haddou et al., 2023).

Subproductos del procesamiento de semillas

El proceso de extracción genera diversos subproductos de valor. La torta de prensado es rica en proteínas (30–40 %) y fibra, y se utiliza en alimentos balanceados, suplementos nutricionales y harinas enriquecidas. La harina de cáñamo se obtiene a partir de la molienda de la torta y contiene proteínas, minerales y fibra. Se emplea en panificados, barras energéticas y bebidas vegetales, y es apta para su consumo en dietas para celíacos. La cáscara del aquenio aporta fibra insoluble y es utilizada como ingrediente en suplementos dietarios o como aditivo funcional. El aceite residual presenta una menor concentración de lípidos y es apto para cosmética y biocombustibles (Callaway, 2004; Haddou et al., 2023; Cattaneo et al., 2023; Ramos-Sánchez et al., 2025).

Importancia del aceite de semillas en el marco del cáñamo industrial

El aceite de semillas de cáñamo se destaca por su elevada calidad nutricional, su compatibilidad con la regulación vigente y la posibilidad de integrarlo en cadenas de valor de alto crecimiento. Su producción constituye una alternativa estratégica para regiones con sistemas agrícolas diversificados, como el cinturón hortícola de Florencio Varela, donde los cultivares autoflorecientes permiten ciclos cortos, un menor riesgo de polinización no deseada y una planificación flexible del manejo estacional (Callaway, 2004; Mora, 2019; Sorlino, 2023).

Agronomía del cáñamo para producción de semillas

La producción de semillas de cáñamo requiere un enfoque agronómico diferenciado respecto de los sistemas orientados a la producción de fibra o de flores. En los cultivos destinados a semilla, el objetivo es maximizar la formación y el llenado del aquenio, lo cual depende de la correcta sincronización de la floración, de un manejo nutricional e hídrico adecuado y de una densidad de siembra que favorezca el desarrollo de ramas fértiles y la aireación del canopeo. Estos factores influyen de manera directa en el rendimiento final y en la calidad del grano obtenido. (Arnall et al., 2019; Sorlino, 2023).

Requerimientos edáficos y climáticos

Para lograr rendimientos estables en semilla se requiere un suelo bien drenado, con buen contenido de materia orgánica y un pH cercano a neutro o ligeramente alcalino. La disponibilidad equilibrada de nutrientes, particularmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), resulta clave para sostener el crecimiento vegetativo y el llenado de la semilla. El riego debe acompañar la demanda del cultivo, evitando tanto déficit en etapas sensibles como el exceso de humedad, que favorece el desarrollo de enfermedades (Arnall et al., 2019; Mora, 2019; FINOLA, 2020).

En términos ambientales, el cultivo responde fuertemente al régimen térmico y a la dinámica de la floración (fotoperiodo vs. autofloración). Para siembras planificadas en zonas templadas, la elección del cultivar condiciona el manejo de las fechas y el riesgo de desfasajes fenológicos (Mediavilla, 1998; Peterswald et al., 2023).

Densidad de siembra

La densidad de siembra constituye una variable estructurante del sistema. Para producción de semillas, se utilizan densidades menores que en fibra, con el propósito de permitir mayor ramificación y mayor número de sitios reproductivos. El rango típico para la producción de semillas es de 30 a 50 plantas/m² a la cosecha para semilla. En contraste, para la producción de fibra se utilizan densidades más altas, de hasta 200 plantas por metro cuadrado, destinadas a promover tallos largos y rectos, un criterio que no maximiza el rendimiento de aquenios. La densidad se define en función del cultivar, del ambiente y del destino industrial. En la producción de semilla, un mayor espaciamiento mejora la circulación de aire, reduce la humedad relativa dentro del canopeo y contribuye a disminuir el riesgo de enfermedades (Arnall et al., 2019; FINOLA, 2020; Sorlino, 2023).

Sanidad: plagas y enfermedades

El cultivo de cáñamo presenta una buena rusticidad; sin embargo, bajo condiciones húmedas se incrementa el riesgo de enfermedades fúngicas, destacándose la aparición de *Sclerotinia sclerotiorum* y *Botrytis cinerea*, cuya incidencia aumenta con una elevada humedad ambiental y del canopeo. (Arnall et al., 2019; FINOLA, 2020; Sorlino, 2023).

Cosecha y postcosecha de semillas

La cosecha debe realizarse cuando las semillas alcanzan madurez fisiológica y presentan un contenido de humedad adecuado. Se establece como referencia un rango de humedad de entre el 8 y el 10 %, y se indica que tanto las cosechas

prematuras como las tardías pueden afectar la calidad final. Posteriormente, se requiere una etapa de limpieza para remover impurezas (tierra, restos vegetales y partículas), considerada crítica para asegurar la calidad del lote y evitar la contaminación del producto destinado a la extracción. (Mora, 2019; Arnall et al., 2019; FINOLA, 2020; Sorlino, 2023).

Perfil nutricional y beneficios

El aceite de semillas de cáñamo se destaca por su elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), entre los que se encuentran el ácido linoleico (omega-6), el ácido alfa-linolénico (omega-3) y el ácido gamma-linolénico (GLA), este último reconocido por sus propiedades antiinflamatorias. (Callaway, 2004; Dunford, 2020; Haddou et al., 2023).

Gracias a esta composición, el aceite de cáñamo contribuye al equilibrio entre omega-3 y omega-6, lo que resulta relevante para la salud cardiovascular y metabólica. Asimismo, la presencia de GLA favorece la regulación de procesos inflamatorios y apoya la respuesta inmunológica. (Hartsel et al., 2016; Haddou et al., 2023).

Comparación con otros aceites vegetales

El aceite de cáñamo se distingue por su equilibrio particular de ácidos grasos y por la presencia de ácido gamma-linolénico (GLA). A diferencia del aceite de oliva, rico en ácido oleico, pero con una menor proporción de ácidos grasos poliinsaturados, el cáñamo aporta cantidades significativas de omega-3 y omega-6. Frente al aceite de girasol, que concentra principalmente omega-6 y carece de omega-3, el cáñamo ofrece un perfil lipídico más equilibrado. En

comparación con el aceite de linaza, muy rico en omega-3 pero sin GLA, el cáñamo combina ambos nutrientes y añade este componente distintivo (Schwab et al., 2006; Haddou et al., 2023).

Caso de estudio: FINOLA

El cultivar FINOLA constituye uno de los materiales genéticos más relevantes para la producción de semillas dentro del cáñamo industrial. Su desarrollo se orientó a maximizar el rendimiento de aquenios en climas templados y fríos, con un ciclo de crecimiento breve y una notable adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (FINOLA, 2016, 2019, 2020).

FINOLA es un cultivar desarrollado en Finlandia para la producción de semillas, caracterizado por ser un material dioico, autoflorecente y de rápido crecimiento. Presenta una elevada proporción de CBD respecto del THC, cumpliendo con los límites legales de cáñamo industrial. Su fenología está fuertemente influenciada por su herencia de *Cannabis ruderalis*, lo que explica su independencia del fotoperiodo. Esta característica resulta estratégica para regiones de latitudes medias, donde las variaciones en la duración del día afectan a los cultivares fotoperiódicos. La autofloración permite ciclos productivos cortos y predecibles (FINOLA, 2016, 2019, 2020; Peterswald et al., 2023).

FINOLA presenta un porte bajo en comparación con las variedades productoras de fibra, con una altura promedio cercana a 1,5 m. Completa su ciclo entre 100 y 120 días desde la siembra. Presenta una floración temprana, iniciada entre los 25 y 30 días posteriores a la emergencia y destaca por su alta producción de ramas fértiles, favorecidas por densidades moderadas de siembra. Su

arquitectura compacta facilita el manejo del cultivo y permite la cosecha mecanizada sin requerir equipamiento especializado (FINOLA, 2016, 2019, 2020).

La autofloración es uno de los rasgos distintivos de FINOLA. A diferencia de la mayoría de los cultivares dependientes del fotoperiodo, cuya floración se induce únicamente cuando la duración de la noche supera un umbral crítico (12 horas), FINOLA ingresa en la fase reproductiva según su edad fisiológica. Esto permite el cultivo invernal en zonas templadas, reducir el riesgo de floración no deseada, evitar la coincidencia con floraciones regionales de cannabis en verano y garantizar ciclos más predecibles, incluso en años de alta variabilidad climática. En Florencio Varela, estas ventajas resultan particularmente relevantes dado el patrón de floración natural de las poblaciones locales hacia febrero. FINOLA completa su ciclo mucho antes, reduciendo la probabilidad de contaminación genética (FINOLA, 2016, 2019; Mora, 2019; Peterswald et al., 2023).

En cuanto a los requerimientos edafoclimáticos, FINOLA requiere suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, y con un pH de entre 6,0 y 6,5. Se deben evitar suelos arcillosos o compactados. Para la siembra se recomiendan temperaturas del suelo superiores a 15°C, lo que coincide con las condiciones presentes en el Conurbano bonaerense hacia el mes de mayo. Su tolerancia a heladas de hasta -5°C y resistencia a sequía lo hacen apropiado para el invierno pampeano (Mora, 2019; FINOLA, 2020; Sorlino, 2023).

FINOLA se siembra a una densidad de 100 plantas por metro cuadrado, algo superior al promedio mencionado para la producción de semilla, utilizando entre

25 y 30 kg/ha de semilla. Su manejo nutricional es comparable al de la colza, con un 15% adicional de nitrógeno, lo que refleja la demanda asociada al desarrollo rápido del cultivo. FINOLA presenta una baja susceptibilidad a plagas, aunque requiere monitoreo en ambientes húmedos por posible presencia de enfermedades fúngicas (FINOLA, 2016; Arnall et al., 2019).

La latitud del cultivo impacta sobre la producción. FINOLA presenta rendimientos estimados que varían entre 1.000 kg/ha en climas marítimos cercanos a 60°N, 2.000 kg/ha en climas continentales a 50°N y 3000 kg/ha en climas marítimos con riego adecuado. Las latitudes más bajas, entre 30°N y 30°S, tienden a presentar rendimientos inferiores debido a la menor altura y desarrollo de las plantas en estas regiones más calurosas. (FINOLA, 2016, 2020).

Adaptación al clima de Florencio Varela

FINOLA presenta características que permiten un desempeño apropiado como cultivo de invierno en el sudeste bonaerense. Su ciclo se alinea con las temperaturas moderadas del otoño y evita las altas temperaturas de la primavera tardía, que podrían afectar la calidad del grano. Además, su floración independiente del fotoperiodo lo hace adecuado para latitudes templadas. Su resistencia a heladas ligeras permite un estable crecimiento invernal, y su ciclo corto es compatible con rotaciones hortícolas e intersembras (FINOLA, 2016; 2019; 2020; Sorlino, 2023).

Calendario estimado de cultivo para Florencio Varela

Se pueden proponer estas fechas para el cultivo invernal de FINOLA:

Siembra: primera quincena de mayo.

Emergencia: 5–7 días después (mediados de mayo).

Floración: días 25–30 posteriores a la emergencia (mediados de junio).

Polinización: días 30–50 del ciclo (finales de junio a principios de julio).

Formación de semillas: alrededor del día 55 (mediados de julio).

Madurez fisiológica: días 90–100 del ciclo (finales de agosto).

Cosecha: días 100–120 del ciclo (inicio de septiembre).

Este calendario permite completar el ciclo antes del aumento de las temperaturas en primavera y de la floración natural del cannabis en la región (Mora, 2019; FINOLA, 2016, 2020; Sorlino, 2023).

Marco legal

La regulación del cáñamo industrial establece los límites y las condiciones bajo los cuales pueden desarrollarse actividades vinculadas a *C. sativa* con usos no médicos ni recreativos. Dado que la clasificación entre cáñamo y cannabis medicinal depende del contenido de tetrahidrocannabinol (THC), los marcos normativos nacionales e internacionales determinan los umbrales químicos que diferencian a los cultivos destinados a fibra, semillas y usos industriales de aquellos orientados a la obtención de flores con altos niveles de resina (López & Gómez Roca, 2020; UNODC, 2022).

Regulaciones internacionales

A nivel global, la Convención Única de Estupefacientes de 1961 establece que Cannabis y sus derivados psicoactivos están sujetos a fiscalización internacional.

Dentro de este marco, los países regulan de manera particular el contenido de THC permitido en cultivares considerados no psicoactivos. En la Unión Europea, el límite legal de THC para cáñamo industrial es 0,2% en peso seco. Algunos países adoptan valores propios, como Suiza, que estipula hasta un 1% de THC para clasificar un producto como cáñamo. En Estados Unidos, la normativa depende de cada estado. En Colombia y Uruguay, el límite legal para el cáñamo industrial es del 1% de THC. Uruguay también ha habilitado un límite para el cannabis recreativo del 15%. Estas diferencias legislativas condicionan fuertemente los requisitos de trazabilidad, certificación genética y controles analíticos para la exportación e importación (López & Gómez Roca, 2020; EMCDDA, 2022; UNODC, 2022).

Regulación en Argentina

En Argentina, el cáñamo industrial se encuentra regulado por la Ley 27.669 y su Decreto Reglamentario 405/2023, que establecen el marco regulatorio para la industria del cannabis medicinal y el cáñamo industrial. Dicha normativa establece que los cultivares son considerados cáñamo industrial cuando presentan un contenido de THC inferior al 1% en peso seco, criterio que se alinea con los estándares de países como Uruguay o Suiza. Si bien se dispuso que la autoridad de aplicación es la Agencia Regulatoria de la Industria del Cáñamo y del Cannabis Medicinal (ARICCAME), organismo encargado de emitir licencias, supervisar el desarrollo productivo y controlar el cumplimiento de los límites de THC, en 2025 el organismo fue disuelto mediante el Decreto 462/2025, y sus competencias con respecto al cáñamo industrial se han trasladado al ANMAT y el Ministerio de Economía. (BORA, 2025). Aun así, el marco legal habilita la

incorporación formal del cáñamo industrial dentro de los sistemas productivos nacionales, abriendo oportunidades para su integración en cadenas agroindustriales.

Conclusiones

El análisis integral del cáñamo industrial y de la producción de aceite de semillas de *Cannabis sativa* permite afirmar que esta especie constituye una alternativa agrícola viable, con un alto potencial para su incorporación en sistemas productivos diversificados, particularmente en regiones templadas como el cinturón hortícola de Florencio Varela. La revisión desarrollada evidencia que la comprensión de la botánica, la sistemática, la morfología y la genética de la especie resulta fundamental para diferenciar con precisión los usos medicinales y recreativos del cannabis, evitando confusiones conceptuales y estableciendo bases técnicas sólidas para un aprovechamiento seguro y regulado.

Las semillas de cáñamo representan un recurso alimentario y cosmético de alto valor nutricional y funcional, con un perfil lipídico equilibrado, un elevado contenido de proteínas y la presencia de antioxidantes naturales como la vitamina E. Su aceite, obtenido principalmente mediante prensado en frío, presenta propiedades beneficiosas para la salud humana y aplicaciones diversas en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. La existencia de subproductos de alto valor agregado —como harina, torta proteica y cáscaras ricas en fibra— contribuye, además, a la sustentabilidad económica del procesamiento.

Desde una perspectiva agronómica, se concluye que la producción de semillas requiere condiciones específicas de manejo, entre las que destacan la densidad adecuada de siembra, la disponibilidad equilibrada de nutrientes, el control de la humedad y la identificación de momentos críticos del ciclo reproductivo. En este contexto, el cultivar FINOLA surge como una opción particularmente apropiada, debido a su ciclo corto, su carácter autoflorecente, su adaptabilidad a climas fríos y su rendimiento destacado en la producción de aquenios con una alta concentración de aceites vegetales y proteínas.

Asimismo, el análisis del marco normativo vigente en Argentina evidencia que la Ley 27.669 y su reglamentación establecen condiciones favorables para la expansión del cáñamo industrial, al fijar límites claros de THC y habilitar su cultivo, procesamiento y comercialización bajo estándares específicos de fiscalización. Este marco legal posibilita que los productores locales incorporen cultivares certificados y desarrollen nuevas cadenas de valor orientadas a alimentos funcionales, cosmética natural y bioproductos.

En síntesis, el cáñamo industrial, y particularmente la producción de aceite de semillas, constituye una alternativa estratégica para la diversificación y el desarrollo agrícola sostenible en el cinturón hortícola de Florencio Varela. La articulación entre un manejo agronómico adecuado y un marco normativo claro permite su incorporación responsable en los sistemas productivos locales, con potencial para generar valor agregado y contribuir a la diversificación económica regional.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnall, B., Bushong, J., & Lofton, J. (2019). *Agronomic considerations for industrial hemp production* (Fact Sheet PSS-2921). Oklahoma State University Extension. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/agronomic-considerations-for-industrial-hemp-production.html>
- Callaway, J. C. (2004). *Hempseed as a nutritional resource: An overview*. *Euphytica*, 140(1–2), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Cattaneo, C., Givonetti, A., & Cavaletto, M. (2023). *Protein mass fingerprinting and antioxidant power of hemp seeds in relation to plant cultivar and environment*. *Plants*, 12(4), 782. <https://doi.org/10.3390/plants12040782>
- Dogbe, W., & Revoredo-Giha, C. (2022). *Current and Potential Market Opportunities for Hempseed and Fibre in Scotland*. SEFARI Fellowship with The Scottish Hemp Association and Scottish Agricultural Organisation Society Ltd. Rowett Institute, University of Aberdeen. <https://www.researchgate.net/publication/388191482> An analysis of the current and potential market opportunities for hempseed and fibre the case of Scotland
- Dunford, N. T. (2020). *Hemp Seed Oil Properties* (FAPC-235). Oklahoma State University Extension. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/hemp-seed-oil-properties.html>
- Echeverry, J., Montes, F., & Restrepo, S. (2021). *Constituyentes químicos y propiedades medicinales de Cannabis sativa*. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1234, 45–67. <https://www.researchgate.net/publication/349010144> Constituents of Cannabis sativa
- Golombek, P., Müller, M., Barthlott, I., Sproll, C., & Lachenmeier, D. W. (2020). *Conversion of cannabidiol (CBD) into psychotropic cannabinoids including tetrahydrocannabinol (THC): A controversy in the scientific literature*. *Toxics*, 8(2), 41. <https://doi.org/10.3390/toxics8020041>
- Haddou, S., Mounime, K., Loukili, E. H., Ou-yahia, D., Hbika, A., Yahyaoui Idrissi, M., ... Chahine, A. (2023). *Investigating the biological activities of Moroccan Cannabis sativa L. seed extracts: Antimicrobial, anti-inflammatory, and antioxidant effects with molecular docking analysis*. *Moroccan Journal of Chemistry*, 11(4), 1116–1136. <https://revues.imist.ma/index.php/morjchem/article/view/42100>

Hartsel, J. A., Eades, J., Hickory, B., & Makriyannis, A. (2016). *Cannabis sativa and Hemp*. *Advances in Pharmacology*, 80, 285–313.
<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B978012802147700053X>

Lapierre, É., Monthony, A. S., & Torkamaneh, D. (2023). *Genomics-based taxonomy to clarify cannabis classification*. *Genome*, 66(8), 487–503.
<https://doi.org/10.1139/gen-2023-0005>

Long, T., Wagner, M., Demske, D., Leipe, C., & Tarasov, P. E. (2017). *Cannabis in Eurasia: Origin of human use and Bronze Age trans-continental connections*. *Vegetation History and Archaeobotany*, 26, 245–258.
<https://doi.org/10.1007/s00334-016-0579-6>

López, A. y Gómez Roca, S. *La cadena de valor del cannabis: situación y tendencias internacionales y oportunidades para la Argentina*. Policy paper – Consejo para el Cambio Estructural MDP, diciembre 2020. Ministerio de Desarrollo Productivo.
https://www.researchgate.net/publication/352357511_La_cadena_de_valor_del_cannabis_situacion_y_tendencias_internacionales_y_oportunidades_para_la_Argentina

McPartland, J. M., & Guy, G. W. (2017). *Models of Cannabis taxonomy, cultural bias, and conflicts between scientific and vernacular names*. *The Botanical Review*, 83(4), 327–381. <https://doi.org/10.1007/s12229-017-9187-0>

Mediavilla, V. et al. (1998). *Decimal Code for Growth Stages of Hemp (Cannabis sativa L.)*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 17(3), 123–134.
https://www.researchgate.net/publication/228540733_Decimal_code_for_growth_stages_of_hemp_Cannabis_sativa_L

Mora, F. (2019). *Aptitud agroclimática para el cultivo de cáñamo (Cannabis sativa L.) en Argentina*. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad de Buenos Aires.
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6888_Mora.pdf

Pancaldi, F., Salentijn, E. M. J., & Trindade, L. M. (2025). *From fibers to flowering to metabolites: Unlocking hemp (Cannabis sativa) potential with the guidance of novel discoveries and tools*. *Journal of Experimental Botany*, 76(1), 109–123. <https://doi.org/10.1093/jxb/erae405>

Peterswald, T., Mieog, J., Azman, R., Magner, N., Trebilco, A. & Kretschmar, T. & Purdy, S. (2023). *Moving Away from 12:12; the Effect of Different Photoperiods on Biomass Yield and Cannabinoids in Medicinal Cannabis*. *Plants* **2023**, 12(5), 1061. <https://doi.org/10.3390/plants12051061>

Petit, J., Salentijn, E. M. J., Paulo, M. J., Denneboom, C., van Loo, E. N., & Trindade, L. M. (2020). *Genetic Architecture of Flowering Time and Sex Determination in Hemp (Cannabis sativa L.): A Genome-Wide Association Study*. *Frontiers in Plant Science*, 11, 507.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33250906/>

Pisanti, S., & Bifulco, M. (2019). *Medical cannabis: A plurimillennial history of an evergreen*. *Journal of Cellular Physiology*, 234(6), 8342–8351.

<https://doi.org/10.1002/jcp.27725>

Raman, V., Budel, J. M., Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2019, July). *Identification of Cannabis sativa using morpho-anatomical and microscopic characteristics*. XIIth Brazilian Symposium of Pharmacognosy & XVIIth Latin American Symposium on Pharmacobotany (resumen).

<https://www.researchgate.net/publication/333993017> Identification of Cannabis sativa using morpho-anatomical and microscopic characteristics

Ramos-Sanchez, R., Hayward, N. J., Henderson, D., Duncan, G. J., Russell, W. R., Duncan, S. H., & Neacsu, M. (2025). *Hemp seed-based foods and processing by-products are sustainable rich sources of nutrients and plant metabolites supporting dietary biodiversity, health, and nutritional needs*. *Foods*, 14(5), 875. <https://doi.org/10.3390/foods14050875>

Rodziewicz, P., Kayser, O. (2020). *Cannabis sativa L. –Cannabis*. In: Novak, J., Blüthner, WD. (eds) *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants. Handbook of Plant Breeding*, vol 12. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_3

Schwab, U. et al. (2006). *Comparison of the effects of hempseed oil and flaxseed oil on serum lipid profiles and other metabolic parameters in healthy individuals*. *European Journal of Nutrition*, 45(8), 470–477.

<https://www.researchgate.net/publication/6694732> Effects of hempseed and flaxseed oil on the profile of serum lipids serum total and lipoprotein lipid concentrations and haemostatic factors

Sommano, S. R., Chittasupho, C., Ruksiriwanich, W., & Jantrawut, P. (2020). *The cannabis terpenes*. *Molecules*, 25(24), 5792.

<https://doi.org/10.3390/molecules25245792>

Sorlino, M. (2023). *Qué variedades de cáñamo industrial se usarán en la Argentina*. *Revista de Agricultura y Cultivos Sustentables*, 12(3), 45–67.

<https://revistasns.senasa.gob.ar/ojs/index.php/RevistaSNS/article/view/12>

Spitzer-Rimon, B., Duchin, S., Bernstein, N., & Kamenetsky, R. (2019). *Architecture and Florogenesis in Female Cannabis sativa Plants*. *Frontiers in Plant Science*, 10, 350. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00350>

Suárez-Jacobo, Á., Díaz Pacheco, A., Bonales-Alatorre, E., Castillo-Herrera, G. A., & García-Fajardo, J. A. (2023). *Cannabis Extraction Technologies: Impact of Research and Value Addition in Latin America*. *Molecules*, 28(7), 2895. <https://doi.org/10.3390/molecules28072895>

MATERIAL FINOLA

FINOLA (2016). *FINOLA Check List 2016* (guía técnica). [https://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/FINOLA Check List 2016.pdf](https://finola.fi/wp-content/uploads/2017/10/FINOLA_Check_List_2016.pdf)

FINOLA (2019). *Developmental Morphology* [finola.fi/wp-content/uploads/2019/12/Finola Development and Morphology.pdf](https://finola.fi/wp-content/uploads/2019/12/Finola_Development_and_Morphology.pdf)

FINOLA (2020). *Basic farming info* (guía técnica). [https://finola.fi/wp-content/uploads/2020/02/FINOLA basic farming info.pdf](https://finola.fi/wp-content/uploads/2020/02/FINOLA_basic_farming_info.pdf)

MATERIAL OFICIAL, LEYES NACIONALES E INTERNACIONALES

Boletín oficial República Argentina (BORA). *Ley 27.669/2022. Marco regulatorio para el desarrollo de la industria del cannabis medicinal y el cáñamo industrial*. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/263212/20220526>

Boletín oficial República Argentina (BORA). *Decreto 405/2023 (Reglamentación Ley 27.669)*. <https://www.boletinoficial.gov.ar/detalleAviso/primera/291621/20230807>

Boletín oficial República Argentina (BORA). *Decreto 462/2025 (disolución ARICCAME)*. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/328017/20250708>

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (2023), *Cannabis laws in Europe: questions and answers for policymaking*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2810/151113>

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), 2022. *Recommended Methods for Identification and Analysis of Cannabis*. United Nations Office on Drugs and Crime. [unodc.org/documents/scientific/Recommended methods for the Identification and Analysis of Cannabis and Cannabis products.pdf](https://unodc.org/documents/scientific/Recommended_methods_for_the_Identification_and_Analysis_of_Cannabis_and_Cannabis_products.pdf)