

## ANEXO I

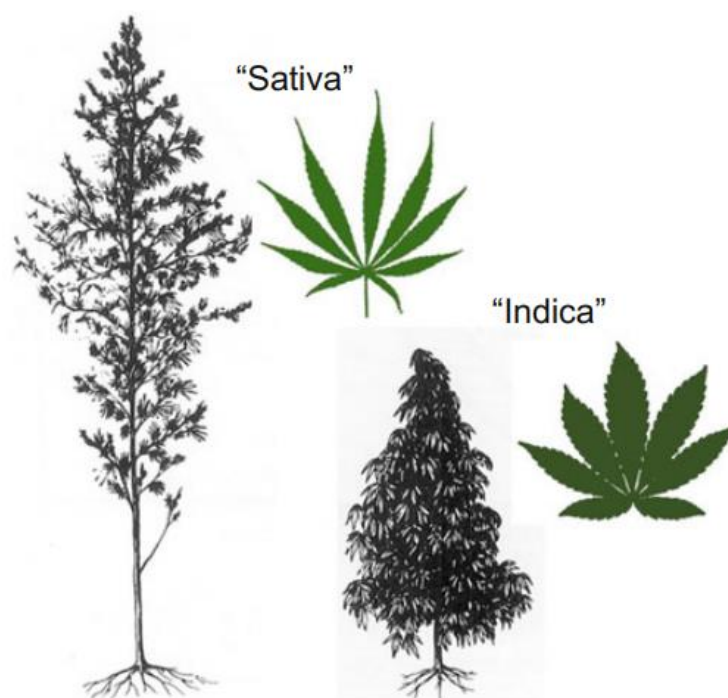
### PROTOCOLO PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Cannabis sativa* L. EN CONDICIONES DE INVERNADERO

#### RESUMEN

El cáñamo (*Cannabis sativa* L.) es un cultivo versátil del cual se pueden extraer una variedad de compuestos como el cannabidiol (CBD) con múltiples aplicaciones farmacológicas (Schilling et al., 2023). El rendimiento de un cultivo de *C. sativa* L. puede verse influenciado por la técnica de cultivo: al aire libre o en interior (Burgel et al., 2020). El cultivo en interiores tiene las ventajas de permitir el control de las condiciones de crecimiento, de esta manera se puede incrementar la calidad del material y garantizar la consistencia del rendimiento del cultivo (Potter, 2014). El presente documento es una guía para su propagación vegetativa con fines medicinales, y en esencia es una técnica de cultivo que garantiza el rendimiento y uniformidad del cultivo. Adicionalmente, se detallan las características botánicas y el ciclo de vida de la planta, así como las condiciones ideales para el éxito del cultivo.

#### INTRODUCCIÓN

*C. sativa* o cáñamo es una planta de floración dioica anual de la familia Cannabaceae, que tiene su origen en el noreste de Asia y que ha sido utilizada para fines medicinales desde hace más de 10.000 años (Farag & Kayser, 2015). La selección artificial ha dado como resultado que el *C. sativa* tenga enorme diversidad fenotípica y en consecuencia, su taxonomía aún está en evaluación; las tres subespecies que comúnmente reconocidas son: *C. sativa* subs *sativa*, *C. sativa* subs *indica* y *C. sativa* subs *ruderalis* (Langa et al., 2024). Las dos variedades más comunes son: *C. sativa* y *C. indica*, que se pueden diferenciar entre sí por la morfología de las hojas. *C. sativa* se refiere a plantas con folíolos estrechos, hábito alto y esbelto, y maduración tardía, mientras que *C. indica* se refiere a plantas con folíolos anchos, hábito compacto, y maduración temprana (Figura 1) (McPartland, 2017).



**Figura 1.** Diferencias morfológicas entre *C. sativa* y *C. indica*

El valor de esta especie está relacionado con la producción de fitocannabinoides, metabolitos secundarios de los cuales se han caracterizado alrededor de 150, entre los más prevalentes son el ácido cannabidiólico (CBDA), el ácido cannabigerólico (CBGA) y el ácido tetrahidrocannabinólico (THCA); este último, en su forma descarboxilada es responsable de efectos psicotrópicos de la planta (Trancoso et al., 2022). El cáñamo suele contener cannabinoides no psicoactivos como componentes principales como el CBD y CBG (Chandra et al., 2017). La biosíntesis de los cannabinoides tiene lugar en los tricomas glandulares que se encuentran en mayor abundancia en las inflorescencias femeninas (Rodziewicz & Kayser, 2020). Recientemente se han clasificado las diferentes variedades del *Cannabis* en función de las diferencias cuantitativas de la proporción de cannabinoides del (THC) y el CBD (Farag & Kayser, 2017).

- Fenotipo I: Tetrahidrocannabinol (THC)  $>0,5\%$  y Cannabidol (CBD)  $<0,5\%$ ;
- Fenotipo II (tipo intermedio): CBD como cannabinoide principal, pero con el THC también presente en diversas concentraciones.
- Fenotipo III (tipo fibra o cáñamo): Con un contenido de THC especialmente bajo.

## CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

*C. sativa* es una hierba dioica de floración anual (es decir, que las flores masculinas y femeninas se encuentran en diferentes plantas) aunque existen casos en los que pueden ser monoicas (UNODC, 2013). Las plantas tienen ramas largas, y las inferiores se extienden desde el tallo central (Figura 2). (Hayward, 1938).

Con hojas palmadas de 3 a 9 lóbulos lanceolados donde los dos lóbulos inferiores son generalmente más pequeños que el resto, los peciolo pueden estar cubiertos con tricomas glandulares, las hojas tienen una tonalidad verde oscuro y márgenes serrados de puntas prominentes que apuntan al ápice, sin embargo, la forma y el color de los folíolos puede diferir según la variedad de la planta (Figura 3). (Farag & Kayser, 2017; Raman et al., 2017). El sistema radicular es axonomorfo y generalmente alcanza de 30 a 60 cm de profundidad (Farag & Kayser, 2015). Las semillas son de color marrón o beige con una cáscara dura (Figura 4) (Raman et al., 2017).



**Figura 2.** *C. sativa* en estado de floración (Farag & Kayser, 2017).



**Figura 3.** Hoja de *C. sativa* (Hesami et al., 2023).



**Figura 4.** Semillas (Raman et al., 2017).

Las inflorescencias son numerosas cabezas florales que se pueden encontrar en los tallos o en las axilas de las hojas (Farag & Kayser, 2017). Las plantas estaminadas suelen ser más altas, pero menos robustas que las pistiladas, las inflorescencias masculinas pueden distinguirse de las femeninas porque son panículas colgantes con cinco pétalos verdes o amarillos (Figura 5), mientras que las flores pistiladas consisten en un óvulo encerrado en una delgada bráctea verde con dos estigmas amarillos/blanquecinos que emergen de las brácteas cerradas (Monthony et al., 2021; Trancoso et al., 2022). (Figura 6). La porción del estigma en la flor pistilada puede llegar a medir de 2 mm a 8 mm, y los estilos suelen tener dos ramificaciones (Raman et al., 2017).

La parte aérea de la planta está cubierta de tricomas de origen epidérmico que crecen en grandes densidades cercanos a las flores y las brácteas (Collyer, 2021). Son las estructuras donde ocurre la síntesis y almacenamiento de los cannabinoides (Raman et al., 2017). (Figura 7). Las plantas femeninas tienen la mayor producción de fitocannabinoides debido a una mayor densidad de tricomas, además, las plantas masculinas y hermafroditas tienen una biomasa floral reducida y, por tanto, un rendimiento reducido de fitocannabinoides (Trancoso et al., 2022).

La propagación vegetativa o clonación es una técnica de comúnmente usada para el cultivo de *Cannabis*, se prefiere sobre la propagación por semilla porque mantiene la consistencia de rasgos genéticos a partir de plantas femeninas que han sido seleccionadas para este fin (Lata et al., 2019). Es un método de bajo costo que produce plantas con tasas de crecimiento consistentes (Caplan et al., 2018) y se ha demostrado que la clonación presenta un mayor éxito de enraizamiento y tiempos de desarrollo más rápidos, pues involucra la optimización de factores ambientales (Casillas, 2017). Para la producción de cannabinoides, se prefieren cultivos propagados exclusivamente a partir de plantas femeninas, pues las plantas masculinas producen menos cantidades de cannabinoides (Chandra et al., 2017). Por el motivo anterior, generalmente se opta por eliminar las plantas masculinas a medida que aparecen.

La elección del sitio de cultivo depende del producto final que se desee, por ejemplo, para de menor valor farmacéutico como fibras y aceites de semillas, se suele optar por cultivos al aire libre. Por otro lado, para maximizar la calidad y cantidad de un cultivo con fines medicinales se prefiere el cultivo en interiores (Simiyu et al., 2022).



**Figura 5.** Flor estaminada (Dowling et al., 2021)



**Figura 6.** Flor pistilada (Dowling et al., 2021)



**Figura 7.** Tricoma (Potter, 2014)

## CICLO DE VIDA

**Germinación.** Durante la germinación la cubierta de las semillas se divide y emerge la primera raíz (radícula) a las 72 horas, los cotiledones emergen a los pocos días en búsqueda de luz y a partir de este momento inicial, el crecimiento celular acelerado (Cervantes, 2006).

**Plántula.** El estado de plántula inicia cuando aparecen las primeras hojas verdaderas después de los cotiledones, el sistema radicular crece rápidamente mientras que las estructuras aéreas retardan su crecimiento, esta etapa puede durar de 3 a 6 semanas (Thomas & ElSohly, 2016). (Figura 9).



**Figura 8.** Plántula con cotiledones con el primer par de hojas verdaderas.

**Etapas Vegetativa.** Las plántulas llegan a la etapa vegetativa entre las 4 a 6 después de la germinación, durante esta etapa el crecimiento foliar es acelerado y la planta crece hasta alcanzar el 90% de su altura máxima (Chandra et al., 2017). La ingesta de nutrientes y agua cambia durante el crecimiento vegetativo, la transpiración ocurre más rápidamente, por lo que la planta requerirá de más riego y altos niveles de nitrógeno para mantener el crecimiento (Cervantes, 2006). En la figura 9 se muestra un ejemplo de una planta adulta en estado vegetativo.



**Figura 9.** Planta de *C. sativa* en etapa vegetativa (Cervantes, 2006)

**Etapa Floración.** La etapa de floración o etapa reproductiva se puede inducir controlando el fotoperiodo al que están expuestas las plantas. Normalmente las plantas están listas para florecer después de cuatro semanas de crecimiento vegetativo (Chandra et al., 2017). Cuando la planta entra en estado de floración, la filotaxia cambia de ramificaciones simétricas a ramificaciones asimétricas (Cervantes, 2006). ((Figuras 10 -11). Las plantas se centran en la producción de flores más que en el crecimiento vegetativo, por lo que se requiere mucho más fósforo y potasio que nitrógeno (Lata et al., 2019).



**Figura 10.** Cambio en la filotaxia durante la etapa de floración de *C. sativa* (Cervantes, 2006).

## FACTORES ABIÓTICOS

El *Cannabis* es sensible a diversos factores ambientales, de los cuales los más importantes son la radiación y fotoperíodo, humedad, temperatura y nutrientes. El control adecuado de estas variables puede determinar el rendimiento del cultivo y la producción de cannabinoides (Rodziewicz & Kayser, 2020).

**Sustrato.** Los suelos deben mantenerse bien drenados, pues el estancamiento de agua puede provocar la pudrición de las raíces (Rodziewicz & Kayser, 2020). Se recomienda una humedad del suelo de alrededor del 75% durante la etapa juvenil y en el rango de 50-60% durante las etapas vegetativa y de floración y un pH que debe permanecer entre el rango de 5.5 y 6.5 (Caplan et al., 2017; Lata et al., 2019). La lana de roca, turba y fibra de coco son los sustratos más usados para cultivos en invernaderos, normalmente se suele usar una mezcla de estos para componer un sustrato ideal para la planta (Collyer, 2021), en la tabla 1 se exponen recomendaciones de composiciones de sustratos para *C. sativa*.

**Tabla 1.** Ejemplos de composición de sustratos.

FUENTE	SUSTRATO
(Burgel et al., 2020)	45% turba cortada de césped; 40% turba molida media; 15% fibra de turba.
(Caplan et al., 2018)	60% turba de musgo <i>sphagnum</i> ; 40% fibra de coco a granel
(Hesami et al., 2023)	87% Turba de musgo <i>sphagnum</i> ; 17% perlita
(Schilling et al., 2023)	33.3% Compost John Innes No. 2; 33.3% Vermiculita; 33.3% Perlita
(Thomas & elsohly, 2016)	Fibra de coco y una mezcla (1:1) de mezcla para jardinería estéril y fertiloma.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Radiación y fotoperíodo.** El *Cannabis* tiene una alta demanda de luz, requiere por lo menos 2500 lúmenes cuando se cultiva en condiciones de invernadero. Chandra et al. (2008) encontraron que la tasa de fotosíntesis se está en su punto más alto cuando la densidad de flujo de fotones fotosintética es de  $1500 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ . En general, los colores cálidos de luz (2000 K–3000 K) promueven la floración, mientras que los colores fríos (4500 K–6500 K) mejoran el crecimiento vegetativo, y la fuente de luz puede ser artificial por bombillos fluorescentes (principalmente para plantas jóvenes y esquejes),



diodos de luz LED o bombillos de inducción (Chandra et al., 2017). En caso de que las plantas se encuentren sobrecalentándose a causa de los bombillos de luz, pueden instalar extractores de aire caliente en el invernadero (Frag-Hussein, 2014).

Para el periodo de germinación, plántula y crecimiento vegetativo se recomienda un periodo de luz de 18 horas o incluso de 24 de ser posible, y una radiación PAR de  $700 \pm 25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Frag Hussein, 2014). Por otro lado, para plantas en etapa de floración un fotoperiodo de 12 horas al día con una radiación PAR de  $500 \pm 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Caplan et al., 2017; Chandra et al., 2017).

**Temperatura.** La temperatura ideal para las plantas de *Cannabis* depende de su origen genético, sin embargo, se considera que la temperatura de crecimiento estándar para la mayoría de las variedades es de 25 a 30 °C a lo largo de todo el ciclo de vida (Chandra et al., 2017).

**Irrigación y humedad.** Durante la etapa de plántula y para los esquejes recién trasplantados es importante mantener el suelo con rangos de humedad del 75% y para las etapas vegetativas y de floración humedades del 60%, para lo anterior es común utilizar emisores de riego y sensores de humedad en el suelo (Cervantes, 2006). Se recomienda no fertilizar esquejes en propagación, semillas ni plántulas (Cervantes, 2006).

Según Caplan et al. (2017) durante la fase vegetativa puede considerarse la aplicación de fertilizante orgánico líquido (4,0 N:1,3 P:1,7 K) a razón de 389 mg de N L<sup>-1</sup>, mientras que, durante la fase de floración, la dosis ideal de este fertilizante orgánico es (2,0 N:0,87 P:3,3 K) 225 mg de N L<sup>-1</sup>. Regar las plantas siempre que el sustrato llegue a una humedad del 30%.

## RECOMENDACIONES GENERALES

1. Para evitar plagas y enfermedades, se debe trabajar bajo condiciones de buenas prácticas agrícolas como: trabajadores y visitantes deben ingresar a las instalaciones con ropa distinta a la que utilizan en el exterior, y es necesario remover la biomasa en descomposición.
2. Limpiar pisos y ventiladores de aire con regularidad.
3. Siempre que aparezcan plagas o enfermedades, las plantas afectadas deben ser eliminadas junto con el sustrato en el que se encontraban.
4. Mantener desinfectadas y afiladas las herramientas usadas para realizar el corte de los esquejes.

## PROPAGACIÓN POR SEMILLA

Las semillas maduras tienen un color marrón oscuro, mientras que las aun inmaduras son de color verde pálido (Cervantes, 2006). La vitalidad de las semillas puede disminuir por factores ambientales, procesamiento y almacenamiento y así reducir el rendimiento del cultivo (Langa et al., 2024). Las

semillas del *Cannabis sativa* son ortodoxas, es decir, que una vez que pierden humedad se pueden almacenar sin perder la capacidad de germinar una cuando se encuentren en las condiciones apropiadas, estudios anteriores sugieren que entre los 5 °C y 5–7 % de humedad relativa son las condiciones ideales para la preservación de la viabilidad de las semillas de *C. sativa* (Langa et al., 2024; Pérez-Nasser et al., 2019).

Las semillas del *C. sativa* solo necesitan humedad y temperaturas de entre 21 a 32 °C para germinar, temperaturas superiores a 32°C perjudican su germinación (Cervantes, 2006).

**Prueba de viabilidad de las semillas.** Antes de propagar una especie por semilla es muy importante conocer su viabilidad. Y son pruebas que se pueden llevar a cabo después de someter las semillas a condiciones de germinación apropiadas (Fernández-Osuna et al., 2016). Por lo general, las semillas del *C. sativa* no se hunden en el agua, por lo que es importante usar otros medios de segregación de semillas viables y no viables. Moon et al. (2020) recomiendan utilizar una solución de etanol al 70% para discernir entre semillas germinables, desechando las semillas que flotan en el medio de segregación, siendo esta la composición del medio y su procedimiento:

1. Preparar 500 mL de etanol al 70% para sumergir 10-15 semillas.
2. Sumergir las semillas en la solución de etanol, asegure que todas estén completamente inmersas.
3. Después de 10 minutos, desechar las semillas que flotan, pues se consideran no viables.
4. Enjuagar las semillas que se hundieron en la solución de etanol con abundante agua y dejarlas secando en toallas de papel.
5. Finalmente, proceder con las pruebas de germinación, como se indica a continuación.

**Germinación de las semillas.** Según el protocolo de germinación propuesto por Moon et al. (2020), establece colocar de 5 a 6 semillas en cajas de Petri con un papel filtro de Whatman No. 2 embebido en 10 mL de agua destilada. Cubrir las cajas de Petri con *parafilm* e incubar a 25°C durante 48 horas.

Cuando aparece la radícula se puede introducir la semilla en sustrato de lana de roca, con la punta de la raíz apuntando hacia abajo a aproximadamente 1 cm de profundidad (Cervantes, 2006).

La presencia de las primeras hojas verdaderas se considera el inicio de la etapa de plántula que dura de 3 a 6 semanas. Las plántulas de *Cannabis* recién germinadas se pueden mantener bajo luz fluorescente fría con un fotoperiodo de 18 horas, hasta que sean lo suficientemente grandes como para trasplantarlas en macetas donde iniciarán la etapa vegetativa (Chandra et al., 2017). Dependiendo de las condiciones de humedad de las instalaciones, se pueden instalar “mini invernaderos” o campanas de germinación sobre el cultivo para alcanzar valores de humedad del 90% (Thomas & ElSohly, 2016).

## PROPAGACIÓN VEGETATIVA

La propagación vegetativa es una técnica de reproducción asexual que produce plantas genéticamente idénticas, asegurando la consistencia en la calidad del cultivo. En esta sección se detallarán los métodos para iniciar la propagación vegetativa de un cultivo de *C. sativa*.

### Materiales

1. Tijeras de jardinería o navajas
2. Macetas de 10x10 cm
3. Macetas para capacidad de 10L
4. Cubos de propagación de lana de roca
5. Campanas o “mini invernaderos”
6. Atomizador de agua
7. 10 Kg turba negra
8. 30 Kg de fibra de coco

### Reactivos

1. 300 mL Etanol al 70%
2. 500 mL de solución de ácido indol-3-butírico al 0.2%
3. 500 mL de solución de agua destilada con un pH de 5,5

### Procedimiento

1. Desinfectar manos, herramientas y superficies de trabajo para evitar que los esquejes se contaminen de hongos o bacterias. Las tijeras de jardinería o navajas que sean utilizadas deben estar bien afiladas para hacer cortes limpios, a continuación, se muestran algunos ejemplos de herramientas útiles para el trabajo (Figura 11).
2. Preparar la solución de enraizamiento disolviendo 1g de ácido indol-3-butírico en 50mL de etanol al 70%, y completar con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 500mL.

3. Todos los suministros de clonación (cubos de enraizamiento, hormonas, navajas o tijeras, “mini invernaderos”, etc.) deben estar al alcance antes de comenzar.
4. Seleccionar una planta femenina en estado vegetativo de 10 a 12 semanas de edad, que no se encuentre en condiciones de estrés (por ejemplo, evitar plantas con hojas marchitas) y que tenga entre 20 y 25 nudos. En la figura 12 se muestra un ejemplo de plantas madre listas para ser propagadas.



**Figura 11.** Herramientas de trabajo para realización de cortes de esquejes para propagación (Fernández-Osuna et al., 2016).

5. De la planta madre, seleccionar un segmento nodal de 10 a 13 cm de largo que contenga 3 o 4 hojas (Caplan et al., 2018). Realizar un corte de 45° por debajo del nudo para exponer la mayor superficie del meristemo y favorecer el enraizamiento (Cervantes, 2006). Las ramas ubicadas en la parte más apical y lateral primaria de la planta producen los clones más uniformes (Casillas, 2017). Los clones pequeños y con pocas hojas crecerán mejor que los clones con muchas hojas, pues la demanda energética y la pérdida de agua es menor cuando la superficie de área de la hoja disminuye (Chandra et al., 2017).
6. Recorte dos o tres conjuntos de hojas de crecimiento de la parte inferior del esqueje para que el tallo pueda enterrarse en el suelo, los esquejes deben verse como se muestra a continuación (Figura 13).



**Figura 12.** Conjunto de plantas madre listas para ser propagadas (Lata et al., 2019).

7. Sumergir el tallo en solución de enraizamiento (solución de 0.2% ácido indol-3-butírico) durante 30 segundos y plantar en sustrato de lana de roca inmediatamente.
8. Los cubos de propagación de lana de roca se deben acondicionar dejándolos en remojo 24 horas en una solución de agua destilada con un pH de 5,5 (Casillas, 2017).
9. Al momento de plantar el esqueje, debe haber al menos 2 juegos de hojas por encima de la línea del suelo y 1 o 2 juegos de nudos recortados debajo del suelo a una profundidad de 1 a 2 cm (Burgel et al., 2020).
10. Eliminar aproximadamente un tercio de las puntas de las hojas del esqueje como se muestra en la figura 14 (Caplan et al., 2018).



**Figura 13.** Ejemplo de esqueje de *C. sativa* listo para ser plantado (Chandra et al., 2017).

11. Coloque los cubos de propagación en macetas de 10x10 y déjelos en una bandeja.
12. Dependiendo de las condiciones del invernadero, es recomendable cubrir los clones con una campana “mini invernaderos” y rociarlos con agua con regularidad para mantener una humedad relativa del 90% hasta que ocurra el enraizamiento (Burgel et al., 2020).
13. Mantenga a los propágulos en ciclos de luz de 18 horas con una PAR de  $250 \pm 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  con bombillos de luz fluorescente (Cervantes, 2006).
14. Revisar diariamente los cubos de germinación por señales de enraizamiento a partir del día 7 del trasplante como se muestra en las figura 15 y 16 (Caplan et al., 2018).



**Figura 14.** Esqueje plantado en cubo de propagación (Chandra et al., 2017).



**Figura 15.** Esqueje que ha enraizado adecuadamente (Cervantes, 2006).

15. Después de 15 días en las mismas condiciones de alta humedad y luz, las raíces de los propágulos emergerán por la parte inferior del cubo de propagación y estarán listos para ser trasplantados a macetas de capacidad para 10L con sustrato compuesto de 60% turba negra, 40% fibra de coco.
16. Mantener las plantas en estado vegetativo por 4 semanas como mínimo o hasta que alcancen 50 cm de altura para hacer uso más eficiente de la luz, pues el follaje que este sombreado recibe menos luz y puede disminuir las tasas de crecimiento (Cervantes, 2006).
17. Cuando se desee inducir la etapa de floración, debe exponer las plantas a un fotoperiodo de 12 horas, si las condiciones son apropiadas, las flores pistiladas empezaran a aparecer después de 7 a 14 días.

Es beneficioso podar las plantas con regularidad, esta práctica puede promover el desarrollo de las ramas al modificar la distribución de hormonas en el cuerpo de la planta. En cultivos de *Cannabis* es habitual hacer “*topping*” que es la eliminación del meristemo apical que estimula el crecimiento lateral de la planta (Trancoso et al., 2022). Otra técnica común es la eliminación de todas las hojas y ramas secundarias del tercio inferior de la planta, esto tiene el propósito de dirigir todos los recursos vegetales hacia la parte apical de la planta, mejorar la circulación del aire en el invernadero y ayuda al manejo de plagas.

## COSECHA Y PROCESAMIENTO

Las plantas estarán listas para cosecharse de 6 a 12 semanas después de que la floración haya sido inducida, los pistilos de la flor cambiarán de color blanco a marrón cuando la planta se acerque a la madurez (Cervantes, 2006). Se requiere de una inspección diaria de los tricomas, que se hincharán y tendrán a un color oscuro y serán más prominentes por la acumulación de cannabinoides (Figura 16) (Al Ubeed et al., 2022).

Para cosechar los cogollos debe parar la fertirrigación por lo menos 15 días antes y regar solo con agua (Farag & Kayser, 2015). 24 horas antes de la cosecha, deje las plantas en completa oscuridad. Retirar las hojas grandes y secas del cogollo maduro, deje los cogollos en secado en un horno a 40°C durante 12 horas, cuando el material esté seco frote los cogollos suavemente para separar los tallos y semillas (Cervantes, 2006). (Figura 17).



**Figura 16.** Pubescencia de tricomas en la superficie de una hoja de *C. sativa* (Potter, 2014).

## REFERENCIAS

- Al Ubeed, H. M. S., Wills, R. B. H., & Chandrapala, J. (2022). Post-Harvest Operations to Generate High-Quality Medicinal Cannabis Products: A Systemic Review. *Molecules*, 27(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/molecules27051719>
- Burgel, L., Hartung, J., & Graeff-Hönninger, S. (2020). Impact of Different Growing Substrates on Growth, Yield and Cannabinoid Content of Two Cannabis sativa L. Genotypes in a Pot Culture. *Horticulturae*, 6(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040062>
- Caplan, D., Dixon, M., & Zheng, Y. (2017). *Optimal Rate of Organic Fertilizer during the Vegetative-stage for Cannabis Grown in Two Coir-based Substrates*. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11903-17>
- Caplan, D., Stemeroff, J., Dixon, M., & Zheng, Y. (2018). Vegetative propagation of cannabis by stem cuttings: Effects of leaf number, cutting position, rooting hormone, and leaf tip removal. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(5), 1126–1132. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0038>
- Casillas, A. (2017). Propagation of *Cannabis sativa* for commercial production. *Acta Horticulturae*, 1174, 157–158. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1174.29>
- Cervantes, J. (2006). *Marijuana Horticulture: The Indoor/outdoor Medical Grower's Bible*. Van Patten Publishing.
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2008). Photosynthetic response of Cannabis sativa L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO2 conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants: An International Journal of Functional Plant Biology*, 14(4), 299–306. <https://doi.org/10.1007/s12298-008-0027-x>



- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). *Cannabis sativa* L.: Botany and Horticulture. In S. Chandra, H. Lata, & M. A. ElSohly (Eds.), *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 79–100). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_3)
- Collyer, D. (2021). *A Tissue Culture Method for Propagation of Plantlets of Cannabis sativa* L. Simon Fraser University.
- Dowling, C. A., Melzer, R., & Schilling, S. (2021). Timing is everything: The genetics of flowering time in *Cannabis sativa*. *The Biochemist*, 43(3), 34–38. [https://doi.org/10.1042/bio\\_2021\\_138](https://doi.org/10.1042/bio_2021_138)
- Farag-Hussein, S. H. (2014). *Cannabinoids production in Cannabis sativa* L.: An in vitro approach. Technischen Universität Dortmund genehmigte.
- Farag, S., & Kayser, O. (2015). Cultivation and Breeding of *Cannabis sativa* L. for Preparation of Standardized Extracts for Medicinal Purposes. In Á. Máthé (Ed.), *Medicinal and Aromatic Plants of the World: Scientific, Production, Commercial and Utilization Aspects* (pp. 165–186). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9810-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9810-5_9)
- Farag, S., & Kayser, O. (2017). Chapter 1—The Cannabis Plant: Botanical Aspects. In *Handbook of Cannabis and Related Pathologies*. (pp. 3–12). ElSevier.
- Fernandez-Osuna, H. R., Fernandez Osuna, A. M. O., & Alvarez, A. F. (2016). *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hayward, H. E. (1938). *The structure of economic plants*. The Macmillan Co. <https://digital.library.cornell.edu/catalog/chla3146234>
- Hesami, M., Pepe, M., & Jones, A. M. P. (2023). Morphological Characterization of *Cannabis sativa* L. Throughout Its Complete Life Cycle. *Plants*, 12(20), 3646. <https://doi.org/10.3390/plants12203646>
- Langa, S., Magwaza, L. S., Mditshwa, A., & Tesfay, S. Z. (2024). Characterization of cannabis varieties and the intrinsic and extrinsic factors affecting cannabis germination and seedling establishment: A descriptive review. *Industrial Crops and Products*, 208, 117861. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117861>
- Lata, H., Chandra, S., Uchendu, E. E., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2019). Cultivating Research Grade Cannabis for the Development of Phytopharmaceuticals. In N. Joshee, S. A. Dhekney, & P. Parajuli (Eds.), *Medicinal Plants: From Farm to Pharmacy* (pp. 169–186). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31269-5_8)
- McPartland, J. M. (2017). *Cannabis sativa* and *Cannabis indica* versus “Sativa” and “Indica.” In S. Chandra, H. Lata, & M. A. ElSohly (Eds.), *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 101–121). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_4)
- Monthony, A. S., Page, S. R., Hesami, M., & P. Jones, A. M. (2021). The Past, Present and Future of *Cannabis sativa* Tissue Culture. *Plants*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/plants10010185>

Moon, Y., Cha, Y., Lee, J., Kim, K., Kwon, D., & Kang, Y. (2020). Investigation of suitable seed sizes, segregation of ripe seeds, and improved germination rate for the commercial production of hemp sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7), 2819–2827. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10294>

Pérez-Nasser, N., Martínez Cruz, J., & Iñando Cisneros, R. (2019). *Manual de prácticas de propagación de especies nativas*. Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia.

Potter, D. J. (2014). A review of the cultivation and processing of cannabis (*Cannabis sativa* L.) for production of prescription medicines in the UK. *Drug Testing and Analysis*, 6(1–2), 31–38. <https://doi.org/10.1002/dta.1531>

Raman, V., Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). Morpho-Anatomy of Marijuana (*Cannabis sativa* L.). In S. Chandra, H. Lata, & M. A. ElSohly (Eds.), *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 123–136). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_5)

Rodziewicz, P., & Kayser, O. (2020). Cannabis sativa L. –Cannabis. In J. Novak & W.-D. Blüthner (Eds.), *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants* (pp. 233–264). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_3)

Schilling, S., Melzer, R., Dowling A., C., Shi, J., Muldoon, S., & McCabe, P. F. (2023). A protocol for rapid generation cycling speed breeding of hemp Cannabis sativa. *The Plant Journal*, 113, 437–445.

Simiyu, D. C., Jang, J. H., & Lee, O. R. (2022). Understanding Cannabis sativa L.: Current Status of Propagation, Use, Legalization, and Haploid-Inducer-Mediated Genetic Engineering. *Plants*, 11(9), 1236. <https://doi.org/10.3390/plants11091236>

Thomas, B. F., & ElSohly, M. A. (2016). The Botany of Cannabis sativa L. In *The Analytical Chemistry of Cannabis* (pp. 1–26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804646-3.00001-1>

Trancoso, I., de Souza, G. A. R., dos Santos, P. R., dos Santos, K. D., de Miranda, R. M. dos S. N., da Silva, A. L. P. M., Santos, D. Z., García-Tejero, I. F., & Campostrini, E. (2022). Cannabis sativa L.: Crop Management and Abiotic Factors That Affect Phytocannabinoid Production. *Agronomy*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071492>

UNODC. (2013). *Recommended Methods for the Identification and Analysis of Cannabis and Cannabis Products*. United Nations Office on Drugs and Crime. <https://doi.org/10.18356/1e8e4f16-en>

## GLOSARIO

- **Axila.** Punto de inserción de una hoja al tallo.
- **Axonomorfo.** Forma de crecimiento de la raíz, en la que hay una estructura radicular principal que crece verticalmente de la cual brotan raíces secundarias lateralmente.
- **CBD.** Cannabidol
- **CGB.** Cannabigerol
- **Clonación.** Técnica de propagación asexual (Thomas & ElSohly, 2016).
- **Cotiledón.** Primer órgano fotosintético de origen embrionario.
- **Decusada.** Disposición de las hojas de una planta en forma de cruz.
- **Esqueje.** Segmento o unidad reproductora que proviene de una planta madre que contenga zonas meristemáticas – nudos o entrenudos, que son capaces de formar un nuevo individuo (Fernández-Osuna et al., 2016).
- **Estigma.** Parte de la flor pistilada que recibe el polen.
- **Estilos.** Prolongación del ovario de la cual nace el estigma.
- **Filotaxia.** Disposición de las hojas u otros órganos alrededor del tallo
- **Fitocannabinoides.** Conjunto de metabolitos secundarios producidos en abundancia por las plantas del género *Cannabis* sp. (Trancoso et al., 2022).
- **Flor estaminada.** Flor con órganos reproductivos masculinos en plantas dioicas.
- **Flor pistilada.** Flor con órganos reproductivos femeninos en plantas masculinas.
- **Foliolo.** Cada una de las hojuelas que conforman una hoja compuesta.
- **Lanceoladas.** Hojas que poseen forma de punta o lanza.
- **Nudo.** Lugar donde se insertan las hojas en el tallo de una planta.
- **Panículas.** Tipo de inflorescencia compuesta de racimos que decrecen de tamaño hacia el ápice.
- **PAR** Photosynthetically active radiation
- **Peciol.** Estructura que une cada una de las hojas al tallo de la planta.
- **Pistilo.** Órgano reproductor femenino conformado por el estigma, estilo y ovario.

- **Propágulo.** Unidad de propagación de origen asexual; Parte de una planta que pueda dar origen a un nuevo individuo.
- **Radícula.** Raíz embrionaria que emerge de la semilla.
- **Semillas ortodoxas.** Semillas que pueden soportar periodos de desecación durante su almacenamiento.
- **Sinsemilla.** Cultivos de *Cannabis* que han sido propagados por clonación (Farag & Kayser, 2015).
- **THC.** Tetrahidrocannabinol.
- **Tricomas glandulares:** Estructuras para la síntesis y almacenamiento de cannabinoides (Raman et al., 2017).
- **Tricomas.** Estructuras que se encuentran en la superficie de las plantas de *Cannabis* y que desempeñan un papel fundamental en la biosíntesis y acumulación de compuestos bioactivos (Hesami et al., 2023).