

---

# **CÁÑAMO**

## ***(Cannabis sativa L.)***

**Autores: Alberto Fassio\***  
**Marcelo J. Rodríguez\*\***  
**Sergio Ceretta\*\*\***

\* Ing. Agr., Programa Nacional de Investigación Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

\*\* Téc. en Lech., Programa Nacional de Investigación Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

\*\*\* Ing. Agr. M.Sc., Programa Nacional de Investigación Cultivos de Secano, INIA La Estanzuela.

---

Título: CÁÑAMO (*Cannabis Sativa* L.)

Autores: Alberto Fassio

Marcelo J. Rodríguez

Sergio Ceretta

Boletín de Divulgación N° 103

© 2013, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA  
Andes 1365, Piso 12. Montevideo, Uruguay.  
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

---

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

---

## Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente



D.M.V. Álvaro Bentancur

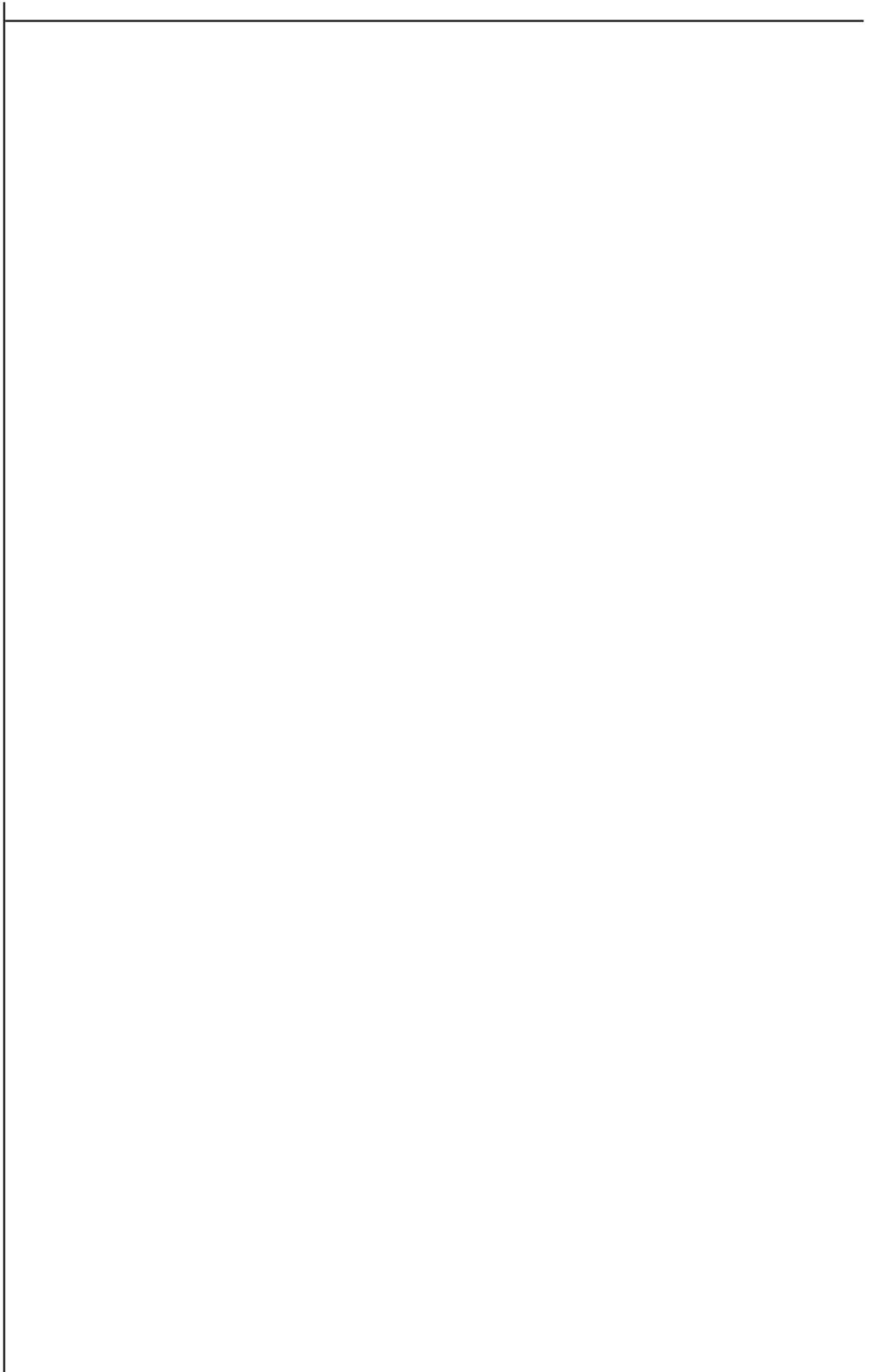
D.M.V., MSc. Pablo Zerbino



Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti





## TABLA DE CONTENIDO

### Capítulo I

<b>ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO</b> .....	1
<b>1. Introducción</b> .....	1
1.1. Taxonomía.....	1
1.2. Evolución histórica .....	3
1.3. Producción mundial.....	5
1.4. Mercado mundial .....	7
1.4.1. Exportaciones .....	7
1.4.2. Importaciones.....	9
1.5. Botánica .....	11
1.6. Naturaleza del cáñamo ( <i>Cannabis sativa L.</i> ) .....	12
1.7. Química del Cannabis.....	14
<b>2. Crecimiento y desarrollo del cultivo</b> .....	16
2.1. Fenología .....	16
2.2. Germinación y emergencia (código de estadio principal 0) .....	17
2.3. Estado vegetativo (código de estadio principal 1).....	17
2.4. Floración y formación de semilla (código de estadio principal 2).....	18
2.5. Senescencia (código de estadio principal 3).....	20
2.6. Estados de crecimiento de una población de plantas.....	20
<b>3. Requerimientos del cultivo</b> .....	21
3.1. Temperatura .....	21
3.2. Fotoperíodo.....	22
3.3. Agua.....	23
3.4. Atmósfera.....	24
3.5. Suelo y fertilización .....	24
<b>4. Siembra</b> .....	26
4.1. Preparación de la cama de siembra y distribución de las plantas .....	26
4.2. Densidad de siembra .....	26
4.3. Epocas de siembra .....	27
<b>5. Control de malezas</b> .....	28
5.1. Natural.....	28
5.2. Cultural.....	29
5.3. Químico.....	29
<b>6. Cosecha y procesamiento de las fibras</b> .....	30
6.1. Momento de cosecha.....	30
6.2. Maquinaria .....	30
6.3. Enriado.....	31
6.4. Triturado o agramado.....	32
6.5. Espadillado.....	32
6.6. Rastrillado o peinado .....	32
6.7. Rendimientos .....	33

<b>7. Productos y usos</b> .....	35
7.1. Productos obtenidos a partir de la fibra .....	35
7.2. Productos obtenidos a partir de la semilla .....	37
<b>8. Plagas del cultivo</b> .....	39
8.1. Arañuelas .....	39
8.2. Áfidos .....	39
8.3. Moscas blancas .....	40
8.4. Barrenador europeo del maíz ( <i>Ostrinia nubilalis</i> ) .....	40
8.5. Barrenador del cáñamo ( <i>Grapholita delineana</i> ) .....	40
8.6. Otras orugas barrenadoras .....	41
8.7. Lagartas del cogollo .....	41
8.8. Orugas cortadoras y orugas militares .....	41
8.9. Orugas come-hojas .....	42
8.10. Trips .....	42
8.11. Escarabajos .....	43
8.12. Isocas .....	43
8.13. Gorgojos y picudos .....	44
8.14. Otros insectos plagas .....	45
8.15. Aves .....	46
<b>9. Principales enfermedades fúngicas</b> .....	47
9.1. Moho gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....	47
9.2. Cancro del cáñamo ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) .....	48
9.3. Marchitamiento fúngico ( <i>Damping off</i> ) .....	48
9.4. Septoriosis .....	49
9.5. Podredumbre de raíz y tallo ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) .....	50
9.6. Mancha marrón de la hoja y cancro del tallo .....	50
9.7. Mildiu .....	51
9.8. Cancro del tallo por <i>Fusarium</i> .....	52
9.9. Podredumbre radicular o del pie ( <i>Fusarium solani</i> ) .....	52
9.10. Marchitamiento por <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium oxysporum</i> ) .....	52
9.11. Mildiu polvoriento .....	53
9.12. Podredumbre carbonosa ( <i>Macrophomina phaseolina</i> ) .....	53
9.13. Mancha oliva de la hoja o <i>Cercosporiosis</i> .....	53
9.14. Tizón marrón o <i>Alternariosis</i> .....	54
9.15. Mancha de la hoja y el tallo por <i>Stemphylium</i> .....	54
9.16. Tizón sureño ( <i>Sclerotium rolfsii</i> ) .....	54
9.17. Tizón de la ramita .....	55
9.18. Otras enfermedades provocadas por hongos .....	55
<b>10. Enfermedades provocadas por nemátodos</b> .....	56
<b>11. Enfermedades provocadas por virus</b> .....	57

<b>12. Enfermedades provocadas por bacterias y fitoplasmas</b> .....	57
12.1 Tizón bacteriano ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>cannabina</i> ).....	57
12.2 Striatura Ulcerosa ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>mori</i> ).....	57
12.3. Tizón por <i>Xanthomonas</i> ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>cannabis</i> ) ...	58
12.4. Fuego salvaje y Mancha foliar de Wisconsin .....	58
12.5. Agalla de la corona ( <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ) .....	58
12.6. Marchitez bacteriana ( <i>Erwinia tracheiphila</i> ) .....	58
12.7. Fitoplasmas.....	58

**Capítulo II**  
**CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL PAÍS**

1. Temperatura del Aire .....	61
2. Precipitaciones.....	62
3. Humedad relativa .....	64
4. Heliofanía real .....	65
5. Fotoperíodo.....	66
6. Heladas agrometeorológicas .....	67
7. Adaptación del Cannabis al clima del Uruguay.....	69

**Capítulo III**  
**CONSIDERACIONES FINALES**

1. Antecedentes en el país.....	75
2. Desmitificando el cultivo.....	75

<b>Referencias bibliográficas</b> .....	77
---	----

## PREFACIO

El cáñamo (*Cannabis sativa L.*) es uno de los productos agrícolas más versátiles de la naturaleza y según reportes, es utilizado para producir más de 25.000 productos y subproductos, entre los que se encuentran por ejemplo: papel, textiles, cosméticos, pinturas, ropa, alimentos, materiales aislantes, etc.

El siguiente trabajo es una revisión bibliográfica de su cultivo realizada en el marco del convenio INIA - Latin American Hemp Trading SRL (LAHT) cuyo objetivo es estudiar la factibilidad del cultivo en Uruguay mediante la evaluación de la adaptación de algunos cultivares específicos suministrados por la empresa, el ajuste de ciertas prácticas básicas de manejo (población, distribución y épocas de siembra) y la determinación del potencial productivo. Materiales bien adaptados a la región, con buen mercado internacional, podrían llenar “nichos” específicos de producción, e incluso integrarse al actual sistema de rotaciones.

El cultivo no tiene antecedentes reportados a nivel nacional, por lo que se consideró fundamental realizar primeramente una revisión del tema.

Desde que inició el convenio hasta la fecha, se han recabado datos de 3 años de trabajos de campo e invernáculo y valiosa experiencia en el manejo del cultivo.

Entre los productos que ofrece esta especie, las fibras naturales extraídas de los tallos tienen particular importancia industrial; y el mercado de esas fibras de alta calidad muestra un crecimiento acentuado. La humanidad ha utilizado esas fibras desde tiempos muy remotos, y han sido de gran importancia estratégica.

Otro producto de alto valor industrial que brinda la planta, son sus semillas, de las que se extrae uno de los mejores aceites de la naturaleza, también con un mercado creciente.

El género *Cannabis* contiene varias especies, algunas de ellas utilizadas principalmente para la producción de sustancias psicoactivas, con fines recreativos y medicinales. Los cultivares de esas especies, mejorados durante décadas para la producción de marihuana, hachís y medicamentos, alcanzan elevadas concentraciones (3 a 25%) de delta-9 tetrahidrocannabinol (THC) en sus órganos y resina. El cáñamo, por su parte, produce menores niveles de THC y es común en los países productores, exigir a quienes lo cultivan utilizar variedades cuya concentración de THC no supere el 1% (0,3% en la Unión Europea y Canadá).

# I. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Taxonomía

En 1753, el famoso botánico suizo y padre de la taxonomía Carl Linnæus reconoció y nombró la especie *Cannabis sativa* (*C. sativa*) como un cultivo, en su trabajo llamado *Systema Naturae* (Matthews, 1999; Iverson, 2000). La taxonomía oficial utilizada hoy día es *Cannabis sativa* L., donde L. hace referencia al propio Linnæus. El género *Cannabis* es un miembro de la familia Cannabaceae, junto con el lúpulo (Roulac, 1997; Clarke, 1999a). Según Clarke (1999a), en la ciencia moderna la asignación de las especies de *Cannabis* permanece poco clara entre los botánicos, y la confusión se agrava por la semántica y las legalidades.

Luego de un análisis taxonómico numérico sobre más de 2000 plantas individuales, Small et al. (1976) proclamó que todas las plantas del género pertenecían a la especie sativa; en oposición a lo expresado por Schultes et al. (1974) y Emboden (1974) acerca de que se trataba de un género politépico.

Actualmente parece generalmente aceptado que el género incluye tres especies, conocidas como *Cannabis sativa* (= *Cannabis sativa* var. *sativa*), *Cannabis indica* (= *Cannabis sativa* var. *indica*) y *Cannabis ruderalis* (= *Cannabis sativa* var. *spontanea*) (Clarke, 1999a; Matthews, 1999), sin embargo Mc Partland et al. (2000) corrigen esta afirmación agregando otra especie: *Cannabis afghanica* (= *Cannabis sativa* var. *afghanica*), la cual es comúnmente confundida con *C. indica* por los productores de marihuana.

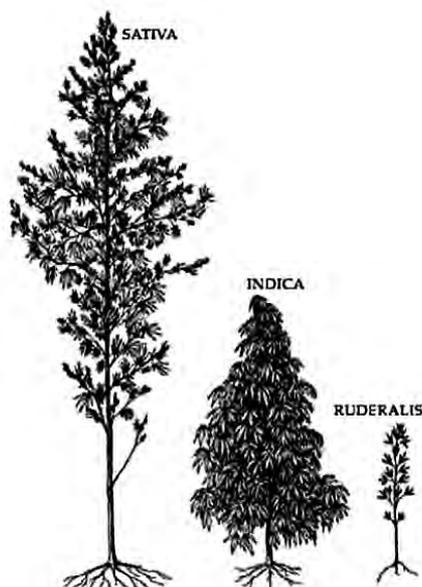


Fig. 1. Morfología de tres especies de *Cannabis*. *C. sativa*; *C. indica* y *C. ruderalis*.

Asimismo estos autores adaptaron una clave morfológica de los trabajos antes mencionados y diferenciaron cuatro segregados de Cannabis a partir de características morfológicas:

1. *Cannabis sativa* (= *Cannabis sativa* var. *sativa*):

Plantas altas (hasta 6 m), tallos suaves y huecos, enramado débil con largos internodos; pecíolos cortos, usualmente 5 a 9 folíolos por hoja, folíolos lanceolados, los más largos promediando 136 mm (relación largo/ancho=7.5); racimos con internodos largos, y aquenios parcialmente expuestos; aquenios (semillas) usualmente >3.7 mm de largo, en forma de lente con una base roma, superficie opaca verde claro a oscuro y usualmente no veteada, semillas usualmente adheridas a las plantas cuando maduras. Cultivada para fibras (cañamo), aceite, y a veces para la producción de sustancias psicoactivas.

2. *Cannabis indica* (= *Cannabis sativa* var. *indica*):

Plantas más cortas (menos de 3 m), tallos suaves y casi sólidos, enramado fuerte con internodos más cortos; pecíolos más cortos, usualmente 7 a 11 folíolos por hoja, folíolos angostos y lanceolados, los más largos promediando 92 mm (relación largo/ancho=10); aquenios (semillas) promediando 3.7 mm de largo, con menos forma de lente y una base más redondeada, superficie verde-marrón y con o sin vetas, con o sin una lámina de abscisión. Cultivada principalmente para drogas pero también usada para fibras y aceite.

3. *Cannabis ruderalis* (= *Cannabis sativa* var. *spontanea*):

Plantas pequeñas (usualmente menos de 0.5 m), tallos suaves y huecos, ocasionalmente sin ramas; pecíolos cortos, usualmente 5 a 7 folíolos por hoja, folíolos elípticos, los más largos promediando 60 mm (relación largo/ancho=6); aquenios pequeños con una estructura de abscisión pronunciada en la base; superficie opaca verde y veteada, lámina de abscisión carnosa con células productoras de aceite, semillas fácilmente liberadas de las plantas. No cultivada.

4. *Cannabis afghanica* (= *Cannabis sativa* var. *afghanica*):

Plantas bajas (menos de 1.5 m), tallos corrugados y casi sólidos, fuerte enramado con internodos cortos; pecíolos largos, usualmente 7 a 11 folíolos por hoja, folíolos verdes oscuros y oblanceolados, los más largos promediando 130 mm (relación largo/ancho=5); racimos con internodos cortos, y aquenios no expuestos; anidados, a veces produce brácteas compuestas; aquenios usualmente <3.0mm de largo, casi redondos con una base roma, superficie gris brillante y veteada. Cultivada exclusivamente para producir sustancias psicoactivas, principalmente a partir de la resina de la planta (hachís).

## 1.2. Evolución histórica

El cáñamo ha sido cultivado por el Hombre en el mundo para cubrir infinidad de necesidades, durante miles de años. Los primeros cultivadores se cree fueron originarios de China, y comenzaron la producción para la fabricación de cuerdas y redes de pesca alrededor del año 4000 a. C. (Clarke y Lu, 1995); de manera continua hasta que se expandió fuera de fronteras en el siglo III a. C. (Roulac, 1997).

Allí, en China, fue donde se originó además el arte de la fabricación de papel, y una de las materias primas principales utilizadas fue la fibra reciclada de cáñamo (Roulac, 1997). Además de ser utilizada su fibra, los Chinos antiguos consideraban la semilla como uno de los cinco granos principales para su alimentación (Iverson, 2000), y también poseía connotaciones religiosas, siendo un símbolo de pureza y fertilidad (Roulac, 1997). Esto último queda ilustrado en la leyenda de Buddha, donde se cuenta que Siddhartha sólo se alimentó de semillas de cáñamo durante seis años, antes de anunciar sus verdades y llegar a ser Buddha en el siglo 5to. a. C. (Iverson, 2000).

El cáñamo ingresó a Europa, al igual que las especias, por las rutas tradicionales del comercio. La industrialización de papel en Europa, a partir de fibras de cáñamo, se remonta al año 1150 d. C., cuando los Moros españoles construyeron la primera fábrica de papel (Roulac, 1997).

A partir de ese momento, la fabricación de papel de cáñamo en Europa se fue perfeccionando durante 500 años, llegando a producir los lienzos en los que se crearon las obras del renacimiento, como así también las pinturas de aceite de cáñamo que se utilizaban comúnmente (Roulac, 1997).

El primer registro de una textil europea data de alrededor del año 400 a. C. en Alemania (Roulac, 1997). Por aquel entonces la producción se localizaba en el centro de Europa, y comenzaba a expandirse.

Durante siglos el cáñamo y el lino dominaron los cultivos para fibra en Europa, Asia y Norte América; siendo el cáñamo universalmente utilizado para la fabricación de las velas y las cuerdas de los barcos que permitieron la colonización y el posterior comercio con el Nuevo Mundo; o con propósitos militares (Roulac, 1997). Esto fue así hasta que los avances tecnológicos, como los motores a vapor o petróleo, hicieron que la demanda principal de cáñamo para velas y cuerdas decayera. El cáñamo continuó siendo un cultivo muy demandante de mano de obra, debido en gran medida al proceso de enriado con rocío (ver 6.3), y a la falta de un método mecanizado de cosecha (Roulac, 1997). Por estos motivos no pudo competir económicamente con el algodón, a partir de 1793 cuando Eli Whitney inventó la cotton gin (Roulac, 1997), una máquina capaz de separar la fibra del algodón de sus semillas, algo que hasta ese momento debía realizarse manualmente.

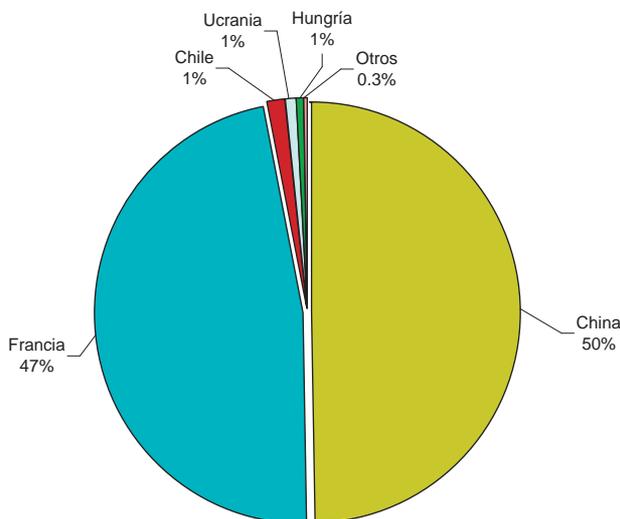
La invención del descortezador de cáñamo en 1916, hizo la separación de fibras cortas y largas mucho más rápida que la forma manual (Roulac, 1997); a pesar de ello, la fabricación de papel a partir de pulpa de madera fue favorecida.

En Norte América, durante los años treinta, el concepto de chemurgy (química - agricultura) se hizo popular, apoyado por Henry Ford y Thomas Edison (Roulac, 1997). Se basaba en la idea de que cualquier producto “que puede ser hecho de un hidrocarburo puede ser hecho de un carbohidrato” (Roulac, 1997, p.41). Henry Ford estaba convencido de que la agricultura podía sustentar a la industria moderna y trató de demostrarlo construyendo un auto que incluía fibras de cáñamo (Roulac, 1997). Este impulso se vio detenido cuando en 1937 el gobierno de Estados Unidos promulgó la Ley de Tributación de la Marihuana, que ilegalizó y criminalizó la marihuana, la variedad de *Cannabis sativa L.* que produce altos niveles de tetrahidrocannabinol (THC). El cáñamo fue asociado con la marihuana y su cultivo eventualmente cayó bajo el control de la Agencia de Administración de Drogas de los Estados Unidos (DEA) (Roulac, 1997). Cultivar cáñamo no fue declarado ilegal, pero los permisos y requerimientos que solicitaba la DEA a los productores, hizo que muchos dejaran de cultivarlo (Roulac, 1997), hasta que finalmente en el año 1958 la DEA dejó de emitir permisos para su producción (Wool y Khot, 2001). Canadá rápidamente siguió los pasos de los Estados Unidos al ilegalizar la variedad en su Ley de Control de Opio y Narcóticos, en 1938 (Blade et al., 1999). Muchas naciones coloniales y Europeas también ilegalizaron el cultivo de cáñamo luego de la Segunda Guerra Mundial (Merfield, 1999).

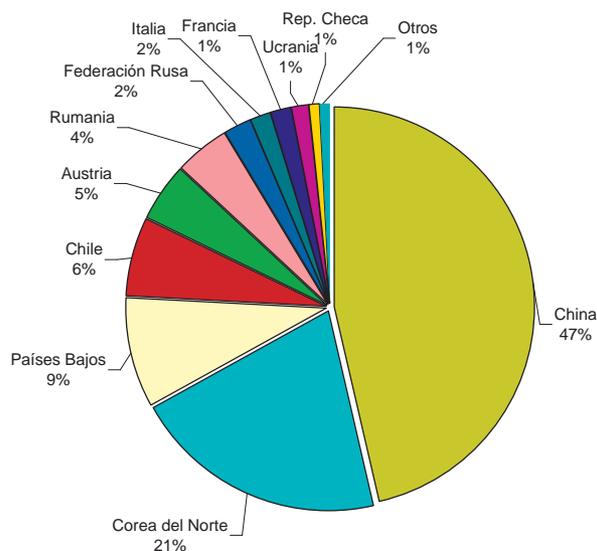
Durante los últimos años, sin embargo, varias naciones desarrolladas (p.ej. Canadá, Alemania, Gran Bretaña, Australia y Nueva Zelanda) han levantado la prohibición al cultivo de cáñamo, aunque aún existe una prohibición sobre el consumo de productos alimentarios de cáñamo en Nueva Zelanda y Australia.

### 1.3. Producción mundial<sup>1</sup>

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reportó que en el año 2011 la producción mundial de semilla de cáñamo fue de 94.065 toneladas. China produjo la mayor parte (46.800 ton), seguida por Francia (44.425 ton), Chile (1.300 ton), Ucrania (800 ton) y Hungría (500 ton).



**Fig. 2.** Distribución de la producción mundial de semilla de cáñamo (2011). Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.



**Fig. 3.** Distribución de la producción mundial de fibra y estopa de cáñamo (2011). Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

<sup>1</sup> Además de fibras y semillas, el cáñamo produce cañamiza o estopa. La cañamiza es la parte interna leñosa del tallo (médula) de la planta de cáñamo, que se fragmenta y separa de la fibra durante el procesamiento, y se utiliza para obtener lechos para animales de granja (95%) y en la construcción (5%). La relación cañamiza/fibras varía entre 1,5 y 2,0, dependiendo del residuo de cañamiza en las fibras obtenidas.

También estimó para ese año, una producción mundial de fibra y estopa de 68.125 toneladas. También China fue el mayor productor (31.604 ton), seguida por Korea del Norte (14.000 ton), Países Bajos (6.100 ton) y Chile (4.385 ton), entre los más importantes. Ese año el área cosechada a nivel mundial fue de 27.591 ha para semilla y de 42.023 ha para fibra.

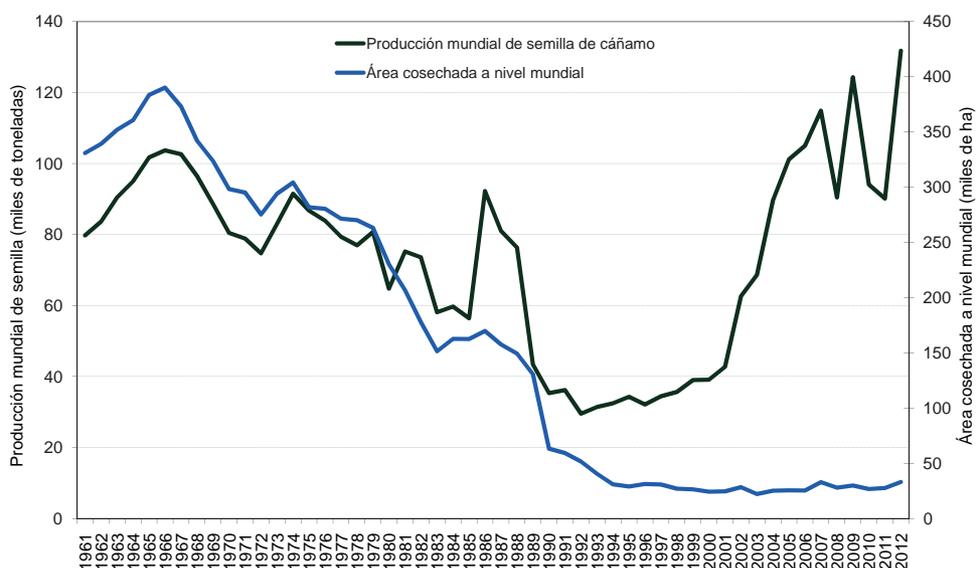


Fig. 4. Producción mundial de semilla de cáñamo y área mundial cosechada desde 1961 hasta 2012. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

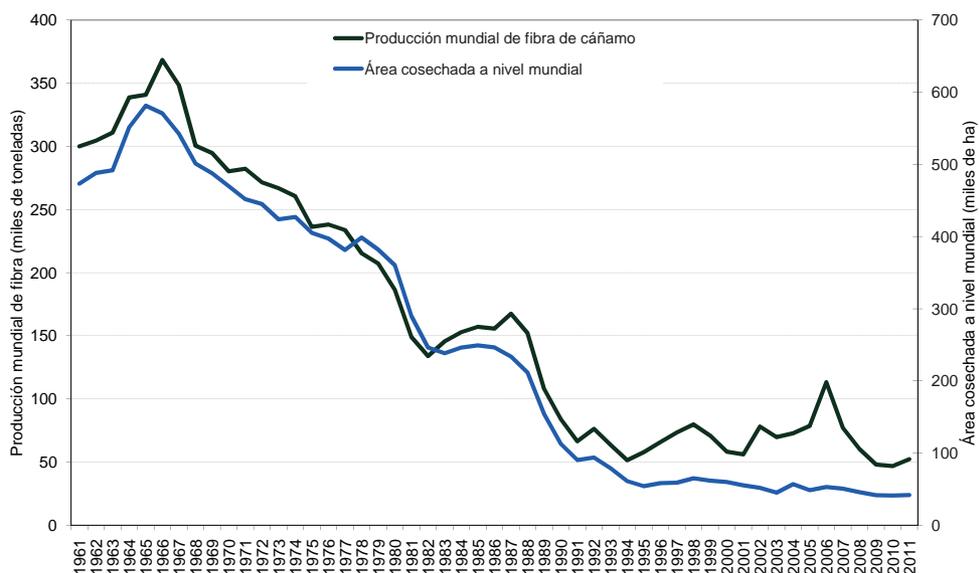


Fig. 5. Producción mundial de fibra y estopa de cáñamo y área mundial cosechada desde 1961 hasta 2011. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

### 1.4. Mercado mundial

#### 1.4.1. Exportaciones

##### Fibras

El mercado de las fibras del cáñamo se compone de diversos sectores. El principal es el de las pulpas especiales para papeles de cigarrillo y aplicaciones técnicas, con el 70 - 80% del mercado (llegó a ser del 95% hace unos años). Siendo Francia el principal consumidor de la fibra de cáñamo en el sector de las pulpas especiales. Otro sector muy importante es el de la industria del automóvil, el cual ascendió hasta cerca de 15% del mercado (menos de 1% en 1996). Aproximadamente 25.000 toneladas de fibras naturales se utilizaron en la industria automovilística europea en el año 2002. Esta tendencia de crecimiento continuará en los años próximos como consecuencia del establecimiento de nuevas técnicas de producción. El sector de la construcción (materiales aislantes) consume el 5% de las fibras de cáñamo. Otros sectores de aplicación representan aproximadamente el 1% incluyendo calzados y lechos de animales, entre otros. Los usos tradicionales de la fibra de cáñamo, tales como textiles, no desempeñan un papel importante en la producción de fibra de cáñamo en Europa.

Uno de los principales exportadores de estas fibras en el mundo es China, donde el cultivo nunca fue ilegal y los costos de mano de obra para cosecha y procesado son bajos. Si bien la producción se ha mantenido constante, las exportaciones de fibra han aumentado en los últimos años.

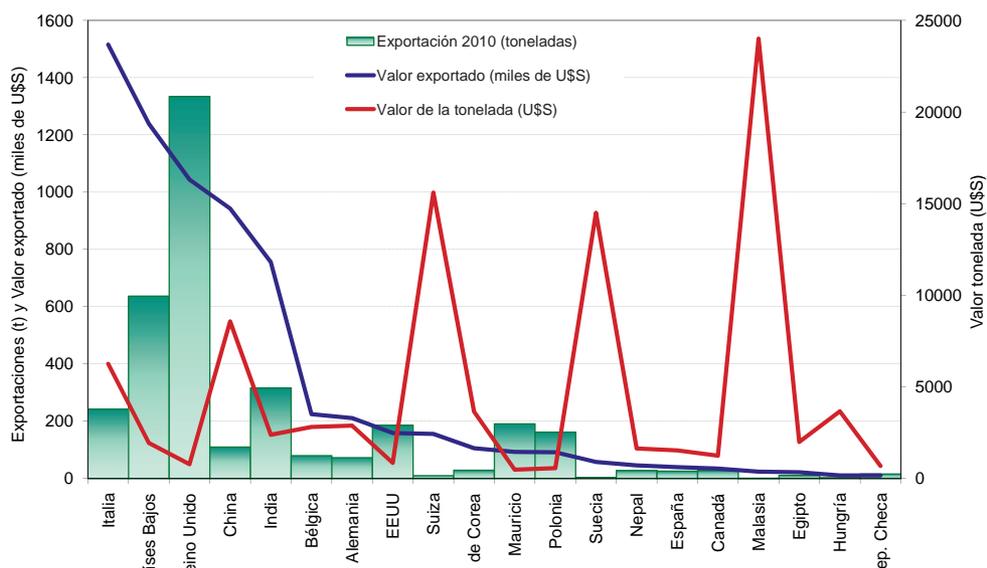
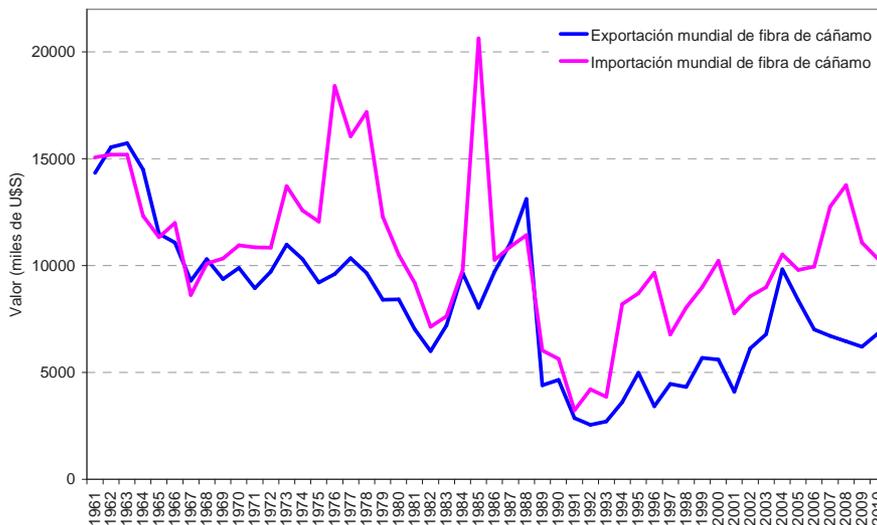


Fig. 6. Distribución de la exportación mundial de fibra y estopa de cáñamo en el año 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

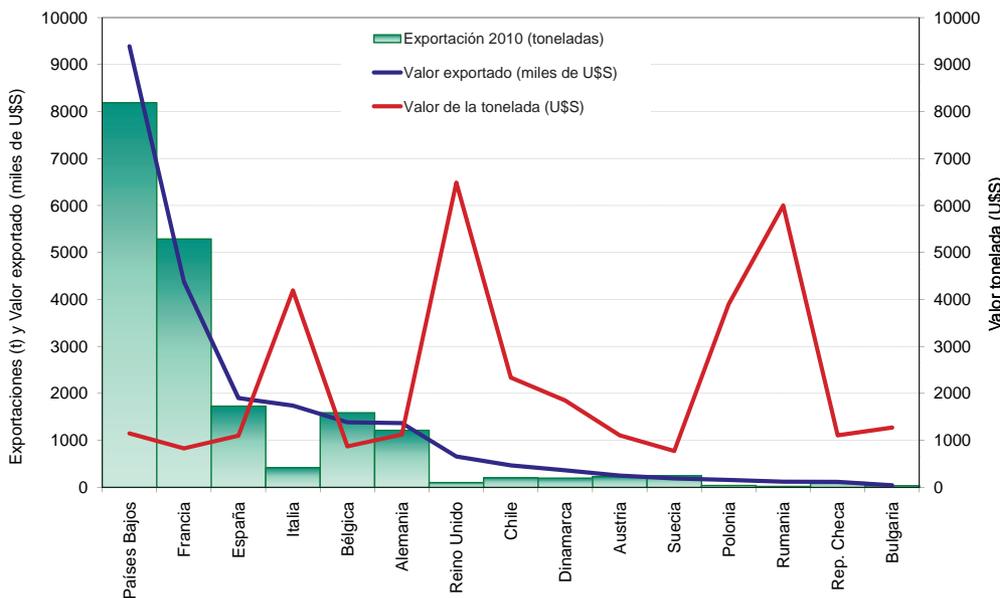


**Fig. 7.** Exportación e importación mundial de fibra y estopa de cáñamo desde 1961 hasta 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

**Semilla**

En el mercado de semillas, el sector para alimento de animales representa el 95%, comercializado como pienso, y principalmente como semillas para alimento de pájaros. El sector de la alimentación y el de la cosmética constituyen el 5% restante. En el primero, se utiliza la semilla para la producción de alimentos en la forma de granos enteros y para la producción de aceite de cáñamo. La parte más pequeña del mercado la ocupa el sector de cosméticos.

8



**Fig. 8.** Distribución de la exportación mundial de semilla de cáñamo en el año 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

Los principales exportadores de semilla de cáñamo se encuentran en la Comunidad Económica Europea. Países Bajos acapara un 41% del mercado, seguido por Francia, España, Italia, Bélgica y Alemania; que comparten más del 47%. El resto (aprox. un 10%), se distribuye entre Reino Unido y Chile, principalmente.

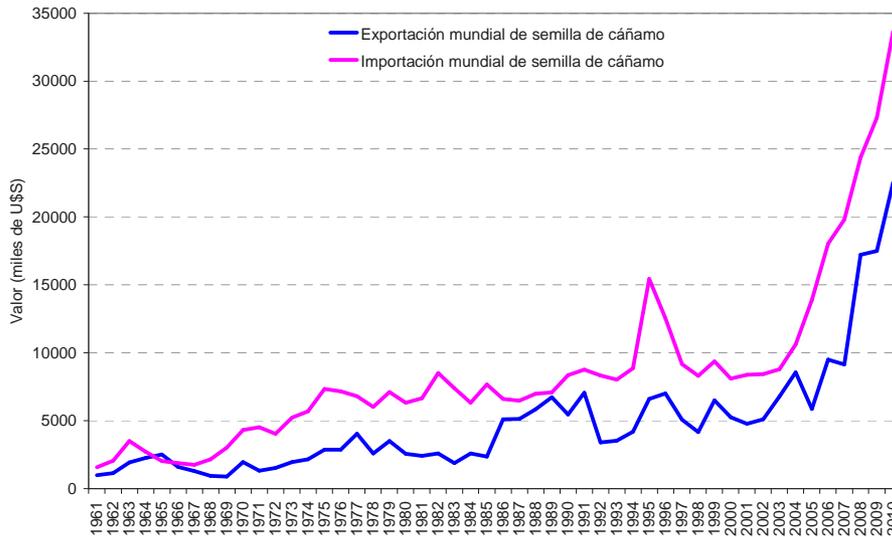


Fig. 9. Exportación e importación mundial de semilla de cáñamo desde 1961 hasta 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

### 1.4.2. Importaciones

#### Fibras

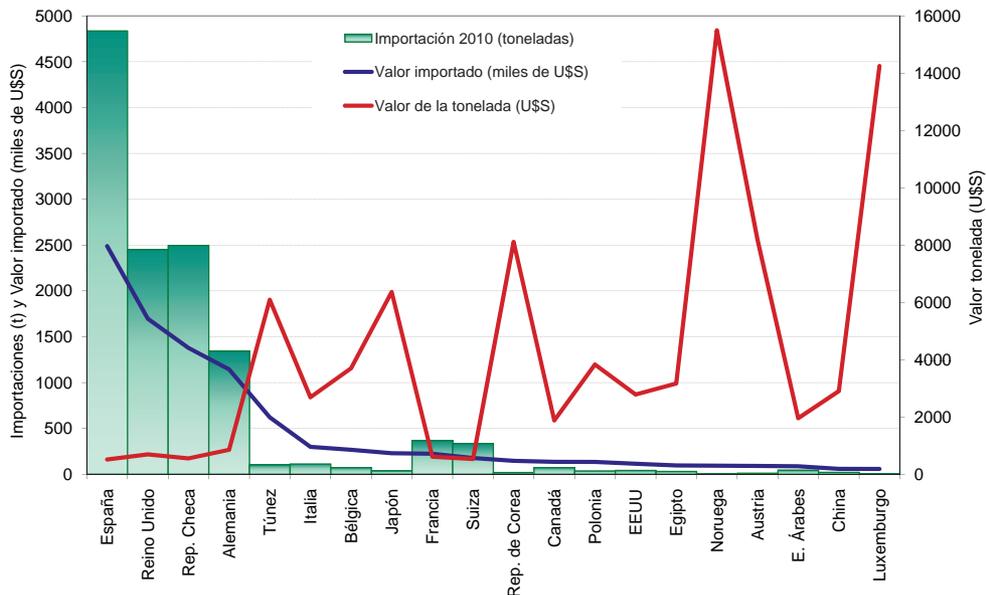


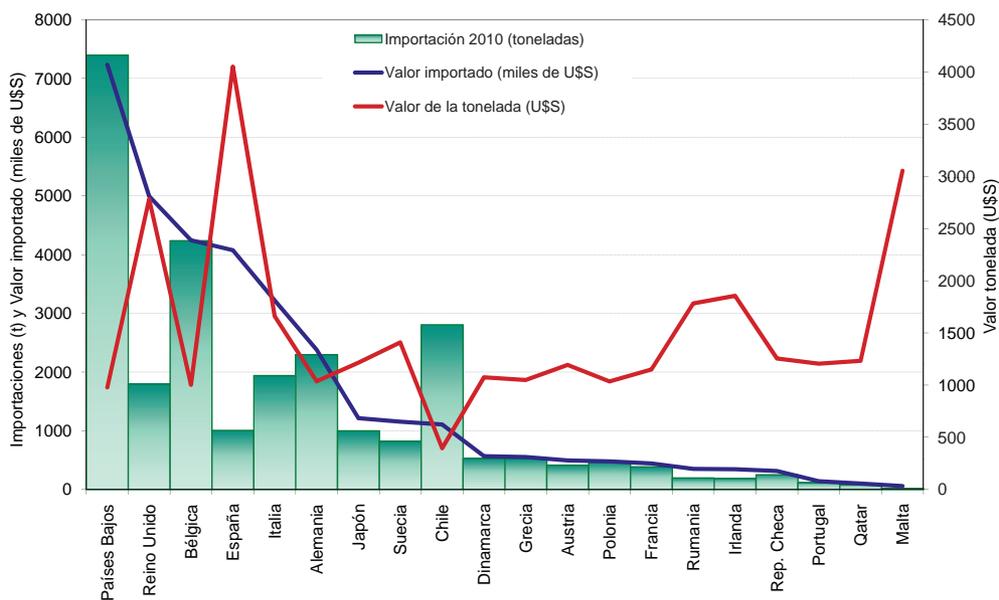
Fig. 10. Distribución de la importación mundial de fibra y estopa de cáñamo en el año 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

Debido al crecimiento registrado en la industria del procesamiento del cáñamo, los miembros de la Comunidad Económica Europea, están importando materia prima (cáñamo) desde Europa del Este y otros lugares para ser procesada en Europa Occidental. Los mayores compradores de fibras de cáñamo son España, Reino Unido, Rep. Checa, Alemania y Túnez (casi 77% del total mundial).

Para analizar los valores aquí presentados, hay que tener en cuenta que las importaciones, a diferencia de las exportaciones, son medidas usando los costos totales, es decir, el costo del bien, del seguro y del transporte puesto en destino. Los costos de transporte pueden resultar un gran porcentaje de los valores de importación, particularmente para productos voluminosos.

### Semilla

Los principales importadores de semilla, también se ubican en la Comunidad Económica Europea, siendo Países Bajos quien tiene la posición dominante en el mercado importador, no por ser un gran productor, sino por su rol preponderante y su manejo logístico del mercado de semillas de cáñamo.



**Fig. 11.** Distribución de la importación mundial de semilla de cáñamo en el año 2010. Recurso: FAO, FAOSTAT 2013.

### 1.5. Botánica



Fig. 12. *Cannabis sativa* L.

1. Ramas florecidas de una planta masculina.
2. Ramas florecidas de una planta femenina.
3. Plántula.
4. Pinna.
5. Agrupación de flores macho.
6. Flor hembra, envuelta en su bráctea del perigonio.
7. Fruto maduro envuelto en la bráctea perigonal.
8. Semilla (aquenio), mostrando su cara ancha.
9. Semilla, mostrando su cara estrecha.
10. Glándulas secretoras de resina del tallo.
11. Vista superior de la glándula secretora.
12. Sección longitudinal de un cistolito aéreo (formación de carbonato cálcico en la base).

Adaptado de: Schultes, 1976.

*Cannabis sativa* L., aparece más comúnmente como una planta dioica (la única especie anual conocida con esta característica), esto significa que las estructuras sexuales masculinas y femeninas crecen en plantas separadas (Clarke, 1999a). Es difícil determinar la expresión sexual de las plantas dioicas, pero según Clarke (1999a) es típico que los órganos florales masculinos con estambres aparezcan 14 días antes que las flores de las inflorescencias femeninas (como lo cita Mediavilla et al., 1998). *Cannabis sativa* L. 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. Las mil semillas pueden pesar de 3 a 60 gramos dependiendo de la variedad (comúnmente entre 15-20 gramos) y las condiciones de crecimiento (Clake, 1999a). Las plantas femeninas producen las semillas que maduran luego de que las plantas masculinas han comenzado a senescer, lo que ocasiona una pérdida de fibra. Con la finalidad de reducir el dimorfismo sexual, en orden de optimizar el crecimiento y la producción de plantas femeninas económicamente valiosas, los programas de mejoramiento europeos han seleccionado cultivares monoicos (ambos órganos florales en la misma planta) (Blade et al., 1999), que actualmente son los más comunes en los cultivos de cáñamo industrial. Casi todos los programas de mejoramiento de cultivares monoicos de Europa se han desarrollado en Francia y Europa Oriental, por lo que el pool genético logrado contiene variedades que han sido engendradas específicamente para las condiciones europeas (especialmente los cultivares

franceses) y probablemente no produzcan el mismo rendimiento que se espera de ellos en cualquier otra parte (Clarke, 1999a).

### 1.6. Naturaleza del cáñamo (*Cannabis sativa L.*)

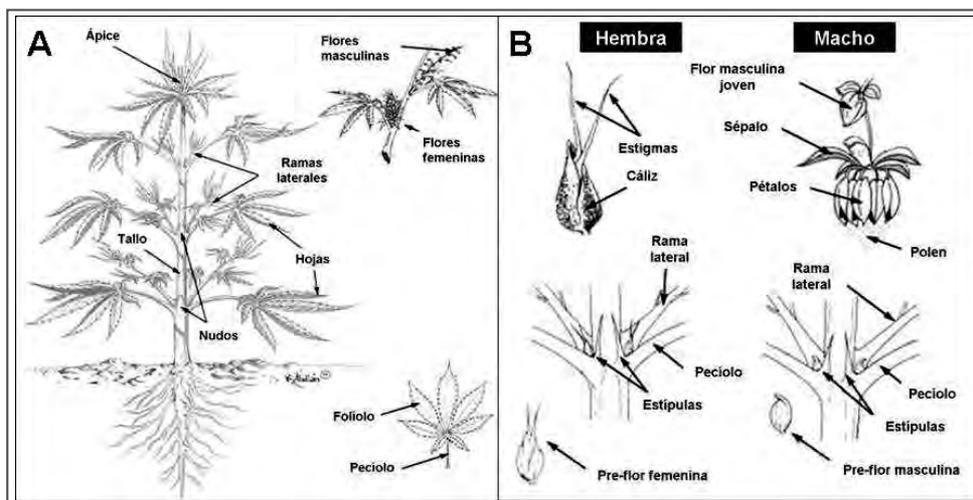
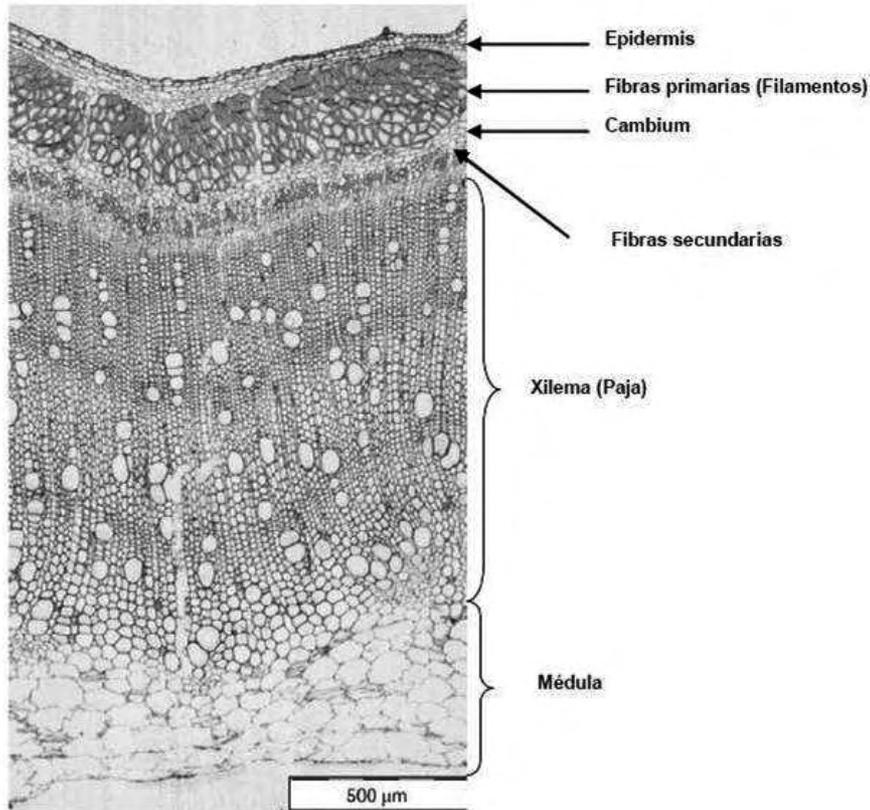


Fig. 13. *Cannabis sativa L.* A. Detalle de una planta. B. Órganos florales femeninos y masculinos.

El cáñamo es una planta herbácea anual, con un solo tallo, recto, hueco y sin ramificaciones que crece durante 4 a 5 meses, alcanzando alturas desde uno a cinco metros y diámetros de entre 10 y 60 milímetros (Robinson, 1943; Ehrensing, 1998). Es uno de los cultivos de crecimiento más rápido. Los cultivares más altos, en condiciones ideales, pueden crecer hasta 11 cm por día, y crecimientos de 2 cm por día son comunes durante la etapa más rápida de crecimiento (Merfield, 1999).

El tallo se compone de una capa externa relativamente fina (corteza y floema) y un núcleo leñoso (xilema) que rodea la médula. La capa externa constituye, en promedio, el 30 a 35% del peso seco del tallo (De Groot et al., 1999; Zomers et al., 1995), con una proporción de corteza que va desde 12 a 48 por ciento (van der Werf, 1994; Atchinson, 1998). El porcentaje de fibra que compone dicha capa ronda el 30 por ciento. Las fibras primarias son muy variables en largo (10 a 100 mm), con un largo promedio de 20 a 40 mm y de paredes gruesas y rígidas. Las fibras secundarias, por el contrario, son extremadamente cortas, de aproximadamente 2 milímetros. Ambas se superponen en atados de 10 a 40, a lo largo de toda la planta, desde la raíz a la punta. El tallo posee alrededor de 25 de estos atados alrededor, embebidos en un anillo de parénquima del floema (Fig. 15). Esos anillos se ubican entre la epidermis del tallo ("corteza") y el cámbium. La capa de cámbium linda con células de pared gruesa del xilema leñoso. La capa leñosa así formada se afina hacia la médula, que rodea el centro hueco del tallo

(McPartland et al., 2000). El núcleo leñoso constituye el otro 65 a 70% del peso del tallo, y consiste de fibras cortas (cañamiza), que tienen un largo relativamente constante (0.5 a 0.55mm), siendo mucho más cortas que las fibras aún jóvenes de la mayoría de las especies de madera dura y blanda.



**Fig. 14.** Estructura de la sección transversal del tallo de una planta de cáñamo.  
Adaptado de: Schäfer y Honermeier, 2006.

Las fibras del floema del tallo del cáñamo contienen considerablemente más celulosa y hemicelulosa, y significativamente menos lignina que las maderas duras o blandas, lo que las hace propicias para ser blanqueadas con peróxido de hidrógeno (Roulac, 1997; Kamat et al., 2002). La médula del tallo, por otro lado, contiene menos celulosa que la madera, aproximadamente la misma fracción de holocelulosa, y generalmente el mismo contenido de lignina que las especie de madera dura.

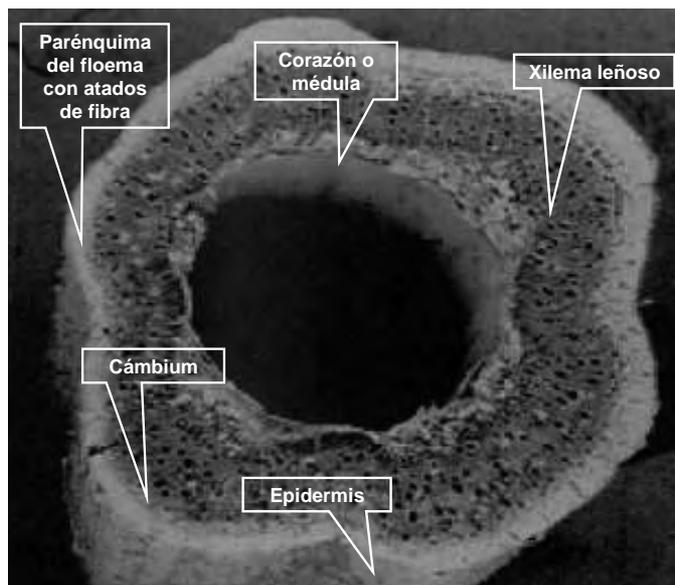


Fig. 15. Vista de un corte del tallo. Adaptado de: François y Berenji, 2003.

Los atados de fibras (primarias y secundarias), el cámbium, y el xilema leñoso están aglutinados por resinas y pectinas de la planta. El proceso de aflojar las fibras de la corteza y la madera se conoce como enriado. De Meijer (1993) notó suficiente variación dentro de *Cannabis* como para permitir la mejora genética hacia un mejor rendimiento y calidad de la fibra, como así también la mejora en la resistencia a pestes. Henneck (1994) reportó que la heredabilidad del contenido de fibra del floema es alta, aumentando la posibilidad de incrementar el rendimiento relativo de este componente del tallo; y encontró que está relacionado positivamente con el rendimiento total del tallo.

El largo de las fibras y el contenido de celulosa y lignina son parámetros de calidad importantes de la materia prima para papel. El papel se hace más resistente a medida que el largo de las fibras con las que se elabora aumenta. El contenido de celulosa de la materia prima es muy importante, porque afecta directamente el rendimiento de la pulpa de papel.

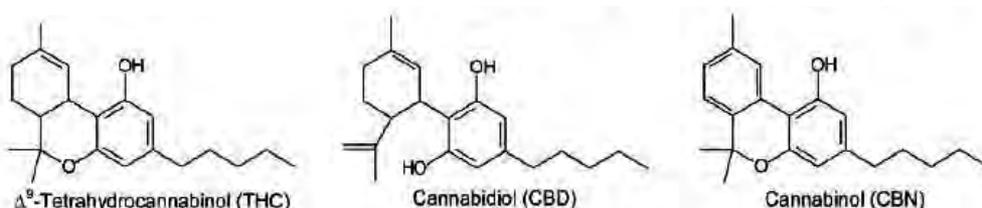
### 1.7. Química del Cannabis

*Cannabis* es el único género vegetal capaz de producir cannabinoides, una familia de compuestos terpenofenoles, capaces de activar los receptores cannabinoides del cuerpo humano. Estos receptores se agrupan en dos diferentes tipos: tipo 1 o CB1 y tipo 2 o CB2. Los receptores del tipo 1 se encuentran en el ganglio basal y en el sistema límbico, además del cerebelo y los aparatos reproductivos de machos y hembras; y aparecen como responsables de la euforia y de los efectos anticonvulsivos del cannabis, pero están ausentes en la parte del tallo cerebral responsable de las funciones cardiovasculares y respiratorias, por lo que no hay

riesgo de fallo cardiorrespiratorio como sucede con otras drogas. Los de tipo 2, se encuentran casi exclusivamente en el sistema inmunitario, con una gran cantidad en el bazo; y son los responsables de la acción antiinflamatoria.

Entre los más de 66 cannabinoides conocidos (Pertwee, 2004; Lachenmeier y Walch, 2005) producidos por la planta encontramos: tetrahidrocannabinol (THC), cannabidiol (CBD), cannabinol (CBN), cannabichromene (CBC), cannabigerol (CBG) y al menos 60 otros cannabinoides (Turner et al., 1980). Canabidiol (CBD) es conocido como un ingrediente anti-psicoactivo ya que modera el efecto que tiene el THC (Roulac, 1997; Pertwee, 2004). De la relación entre las concentraciones de THC, CBN y CBD, Fetterman et al. (1971) crearon una fórmula que determina el fenotipo de la planta. Dicha ecuación, conocida como relación fenotípica del Cannabis (como lo cita Lachenmeier et al., 2004) divide la suma de los contenidos de THC y CBN (ingredientes psicoactivos) entre el contenido de CBD (ingrediente anti-psicoactivo). Un valor mayor a uno indica que la planta se cultiva para la producción de marihuana<sup>ii</sup> o produce altos niveles de THC que se ubican usualmente en un rango de 5 a 20% (Lachenmeier y Walch, 2005). Por otro lado, si la relación fenotípica es menor a uno, indica que se trata de una variedad de bajo contenido de THC (por ejemplo cáñamo) y suele tener concentraciones de THC inferiores a 1% (Lachenmeier et al., 2004). Aunque los programas de mejoramiento europeos (sobre todo los franceses) han apuntado a variedades libres de THC, y algunos mejoradores se atribuyen el haberlo logrado, aún no se ha demostrado fehacientemente (de Meijer, 1995; Small y Marcus, 2003). La concentración más alta de cannabinoides en la planta se encuentra en la resina del Cannabis, 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. La razón por la cual la planta secreta THC no es clara, pero Rothschild et al. (1977) sugirió que el THC era un insecticida natural, a raíz de lo cual *C. sativa* L. sería tolerante a pestes (como lo cita McPartland, 1996a).

Además de cannabinoides, la planta produce más de 150 diferentes terpenos o isoprenoides, una diversa clase de derivados del isopreno (o 2-metil-1,3-butadieno), un hidrocarburo de cinco átomos de carbono. Los terpenos producidos incluyen cariofileno, mirceno, humuleno, limoneno, y varios pinenos (Hood et al., 1973; Hendriks et al., 1975; Ross y ElSohly, 1996; Mediavilla y Steinmann, 1997). Estos compuestos son los responsables del olor característico del Cannabis y no los cannabinoides. De manera general, a los terpenos se los conoce como el aceite



**Fig. 16.** Estructuras químicas de los tres principales cannabinoides en *C. sativa* L. (Lachenmeier et al., 2004)

<sup>ii</sup> El término marihuana generalmente hace referencia a la sustancia psicoactiva obtenida a partir de las flores secas, las hojas subyacentes y los tallos de ejemplares hembra de plantas del género *Cannabis*, con altas concentraciones de THC (usualmente en el rango de 5 a 20%).

esencial o aceite volátil de la planta. Uno de ellos, el óxido de cariofileno, es el volátil principal olfateado por los perros entrenados para buscar narcóticos; sin embargo, las variedades de cáñamo industrial producen mayor cantidad de esta sustancia, que las usadas para producir sustancias psicoactivas (Mediavilla y Steinemann, 1997). Ambas sustancias, tanto los cannabinoides como los terpenos han demostrado poseer propiedades pesticidas y repelentes (McPartland, 1997b).

## 2. Crecimiento y desarrollo del cultivo

### 2.1. Fenología

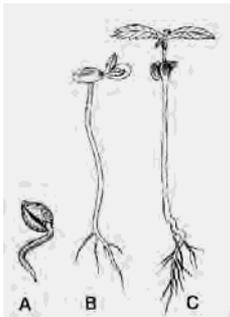
Mediavilla et al. (1998) desarrollaron un código decimal de cuatro dígitos (Tabla 1), adaptado del código propuesto por Zadoks et al. (1974) para los cereales, y lo utilizaron para describir los diferentes estadios fenológicos del cáñamo.

**Tabla 1:** Definiciones y códigos de estados de crecimiento de plantas de *C. sativa L.*

Código	Definición	Observaciones
<b>Germinación y emergencia</b>		
0000	Semilla seca	
0001	Radicula visible	
0002	Emergencia del hipocótilo	
0003	Cotiledones desplegados	
<b>Estado vegetativo</b> hace referencia al tallo principal. Las hojas se consideran desplegadas cuando los folíolos tienen al menos un cm de largo.		
1002	1er. par de hojas	1 folíolo
1004	2do. par de hojas	3 folíolos
1006	3er. par de hojas	5 folíolos
1008	4to. par de hojas	7 folíolos
1010	5to. par de hojas	
.	.	.
10xx	n par de hojas	xx = 2(n par de hojas)
<b>Floración y formación de semillas</b> 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 0.5cm.
2001	Primordio floral	Sexo casi indistinguible
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 estilos
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 las semillas duras
2205	Fin de madurez de semilla	95% de las semillas duras o partidas
PLANTA MONOICA		
2300	Formación de flores femeninas	Primeras flores con gineceo (pistilo). Brácteas perigonales sin gineceos
2301	Comienzo de floración femenina	Primeros gineceos visibles
2302	Floración femenina	50% de las brácteas formadas
2303	Formación de flores masculinas	Primeras flores con estambres cerradas
2304	Floración masculina	La mayor parte de flores con estambres abiertas
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
<b>Senescencia</b>		
3001	Deseccación de hojas	Las hojas se secan
3002	Deseccación de tallo	Las hojas se caen
3003	Descomposición de tallo	Liberación de las fibras del floema

Dividiendo su ciclo de vida en 4 estadios principales: germinación y emergencia (0), crecimiento vegetativo (1), floración y formación de semillas (2), y senescencia (3); y subdividiendo cada uno de estos estadios principales en estadios secundarios. El primer dígito del código indica el estadio principal, el segundo indica el sexo de la planta (macho (1), hembra (2)), y el tercer y cuarto dígito muestran el estado de desarrollo de la planta.

## 2.2. Germinación y emergencia (código de estadio principal 0)



**Fig. 17.** A: Radícula visible, B: Cotiledones desdoblados, C: Primer par de hojas (Mediavilla et al., 1998)

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 (Fig. 17).

La temperatura óptima para la germinación es 24 °C (Ceapoiu, 1958). Temperaturas menores demoran el proceso, que usualmente lleva de tres a siete días (Clarke, 1997). La temperatura mínima de germinación es 0 °C (van der Werf et al., 1995a).

## 2.3. Estado vegetativo (código de estadio principal 1)



**Fig. 18.** Tercer par de hojas (Mediavilla et al., 1998)

Este estado se caracteriza por el crecimiento del tallo y las hojas, siendo lento al principio, cuando se forman hasta cinco pares de hojas verdaderas y sus espacios entre nudos son cortos. Más tarde el tallo crece rápidamente, y los espacios entre nudos aumentan (Ceapoiu, 1958; Bòcsa y Karus, 1998). Durante el estado vegetativo, la planta forma entre siete y hasta doce pares de hojas. El primer par de hojas tiene un solo folíolo, el segundo tiene tres, el tercero cinco y así sucesivamente hasta alcanzar usualmente once folíolos (Clarke, 1997). Una hoja se considera desplegada cuando sus folíolos tienen al menos un cm de largo.

## 2.4. Floración y formación de semilla (código de estadio principal 2)

El cambio de filotaxis (posición de las hojas) de opuesta a alternada (“Punto GV”; Bòcsa y Kraus, 1998) es un indicador del comienzo de este estadio fenológico principal, y depende básicamente del cultivar y del largo del día.

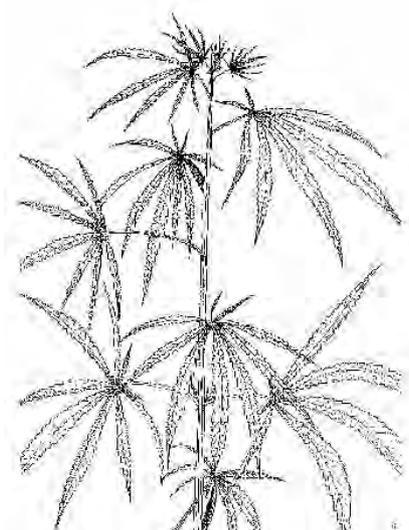
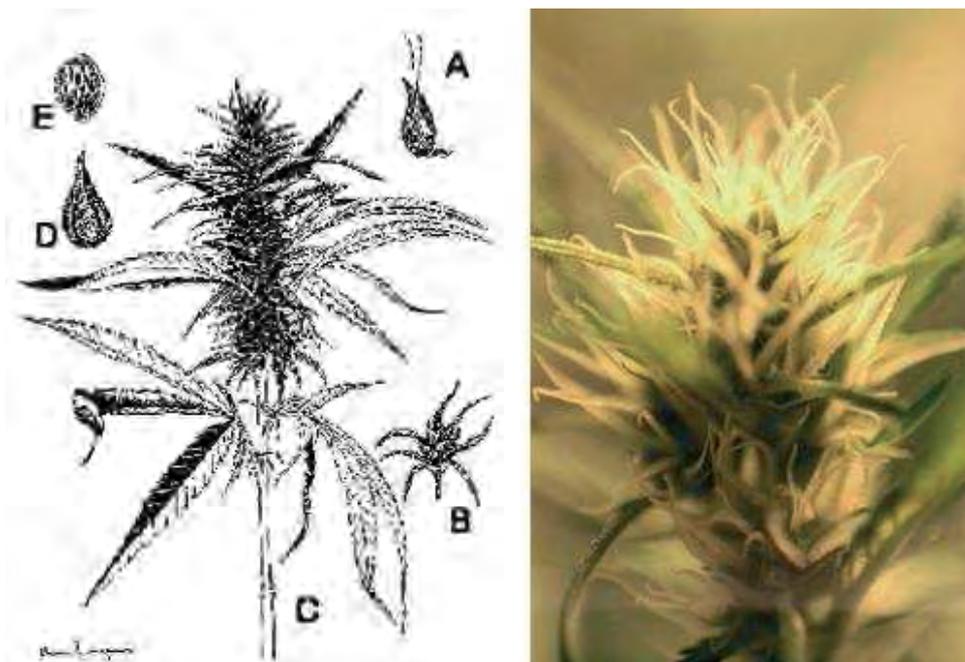


Fig. 19. Cambio de filotaxis (Mediavilla et al., 1998).



Fig. 20. Izquierda: A: flores con estambres abiertas, B: detalle de una flor masculina con estambres (Mediavilla et al., 1998). Derecha: foto de flores masculinas.



**Fig 21.** Izquierda: A: flor femenina con gineceos (estigmas, estilo, bráctea perigonal y estípula), B: espiga, C: inflorescencia, D: bráctea perigonal formada, E: semilla dura (Mediavilla et al., 1998). Derecha: foto de flores femeninas.

Los primordios florales comienzan a aparecer. Los masculinos se pueden identificar por su forma de garra curva, a la que le sigue la diferenciación de pimpollos florales de puntas redondeadas que poseen cinco segmentos radiales (Fig. 20). Los femeninos, se identifican por la elongación de un cáliz tubular simétrico (Fig. 21) (Clarke, 1997). Al identificarlos se pueden confundir con primordios de ramificación y distinguir si se trata de un primordio floral femenino o masculino es muy difícil, por lo que no se incluyen códigos de identificación fenológica para ese momento particular. La aparición de los primordios florales, así como el proceso de floración comienza desde la base de la planta hacia arriba, hasta la parte superior de la inflorescencia (Clarke, 1997).

Existe un alto grado de heterogeneidad dentro del cultivo con respecto al momento de floración, causado principalmente por el dimorfismo sexual (van der Werf et al., 1995b). Las diferencias entre el ritmo de crecimiento y desarrollo de las plantas macho y hembra son grandes (van der Werf et al., 1995). Las plantas macho tienden a florecer y senescer antes. También dentro del mismo sexo, las plantas más grandes reprimen a las pequeñas y la variación entre plantas puede llegar a ser considerable y hasta dar como resultado el auto-raleo (van der Werf et al., 1995c). Particularmente en cultivos densos la competición intraespecífica genera una jerarquía por tamaño y por tanto un incremento en la variabilidad del ciclo a floración (van der Werf et al., 1995b).

En las plantas dioicas macho, las flores con estambres aparecen aproximadamente dos semanas antes que los estilos de las plantas femeninas (Clarke, 1997).

En las plantas dioicas hembras, las primeras brácteas perigonales sin estilos aparecen justo antes de que florezcan las inflorescencias femeninas. Éstas últimas son compactas y frondosas, y esconden dentro de brácteas perigonales las flores femeninas que son pequeñas, verdes y pasan inadvertidas. Una misma planta femenina posee numerosas flores en diferentes estados de desarrollo. Durante la antesis (liberación del polen) dos estilos sobresalen desde cada bráctea perigonal, lo que marca el comienzo de la formación de flores femeninas, y el pico de floración femenina es alcanzado cuando el 50% de las brácteas en la inflorescencia están formadas, independientemente de si sus estilos son visibles o no.

Luego de la fase de floración y polinización, las semillas formadas (aquenios) se endurecen y la planta comienza a despojarse de ellas. Las semillas individuales maduran en un período de tres a cinco semanas y la madurez de semilla, que se describe en el código fenológico se alcanza cuando un 50% de las semillas están duras o han sido liberadas.

En las plantas monoicas se forman flores de ambos sexos, y la relación de su número depende tanto del cultivar como del individuo. La floración de este tipo de plantas, se refiere a las flores femeninas, y es similar a la definida para plantas dioicas femeninas. Las flores masculinas aparecen usualmente en las puntas de las ramas femeninas, cuando las femeninas están en plena floración. La madurez de semilla para estas plantas se define igual que para las plantas dioicas femeninas.

### **2.5. Senescencia (código de estadio principal 3)**

Luego de la floración de las plantas dioicas macho, igual que luego de la madurez de semilla en plantas monoicas o dioicas hembras, las hojas y los tallos comienzan a secarse, y luego de un tiempo la planta muere (en algunos lugares debido a las heladas) y la descomposición del tejido del tallo libera las fibras del floema.

### **2.6. Estados de crecimiento de una población de plantas**

Las definiciones anteriores se referían a los estados de crecimiento de plantas individuales, para propósitos agronómicos, sin embargo, Mediavilla et al. (1998) consideraron que es necesario poder describir el estado de crecimiento de un plantío o una población. El sexo y las condiciones de crecimiento de Cannabis determinan su morfología, mientras que la proporción de plantas dioicas hembras, dioicas machos o monoicas depende del cultivar utilizado. En un cultivo dioico, machos y hembras usualmente están presentes en la misma proporción (50%-50%). En los cultivos monoicos (por ejemplo los cultivares franceses), dependiendo de la producción de semillas, hay usualmente hasta un 30% de plantas macho, como así también un número de plantas hembras verdaderas (de Meijer, 1995).



**Fig. 21a.** Vista general de un ensayo de población en INIA La Estanzuela. Fassio et al., 2011.

Para poder determinar el estado de crecimiento del cultivo es necesario determinar el estado de una muestra de 50 a 100 plantas tomadas al azar del plantío, o de 30 si se trata de un ensayo de parcelas. Luego se determinan los porcentajes de plantas que cumplen las condiciones de cada estado y se determinan los estadios del plantío siguiendo estos criterios:

- Emergencia: 50% de las plantas esperadas
- Inducción floral: 50% de todas las plantas
- Floración masculina dioica: 50% de todas las plantas macho
- Floración femenina dioica: 50% de todas las plantas hembras
- Floración monoica: 50% de todas las plantas monoicas
- Madurez de semilla: 50% de las hembras o plantas monoicas

### **3. Requerimientos del cultivo**

#### **3.1. Temperatura**

Las variedades comerciales de cáñamo requieren un período libre de heladas de cinco meses o más para producir semillas y de aproximadamente cuatro meses para la producción de fibra (Robinson, 1943; Ree, 1966).

Cepoiu (1958) pudo establecer una temperatura ideal de 24 °C para la germinación, algo diferente a la que Haberlandt (1879) propuso como óptima de 35 °C (mínima de 1 a 2 °C y máxima de 45 °C). Por su lado, van der Werf et al. (1995) encontraron que la germinación puede ocurrir aún con temperaturas de 0 °C. La temperatura mínima que soportan las plántulas durante una helada de poca duración es de -8 a -10 °C, mientras que las plantas adultas son más sensibles, pudiendo soportar exposiciones cortas a temperaturas de -5 a -6 °C (van der Werf et al., 1999), lo que provoca una severa reducción en la altura del cultivo (Merfield,

1999). Aún así, comparativamente, el cáñamo es más resistente a heladas que el maíz (Robinson, 1943). Conocer la sensibilidad del cáñamo a las heladas es muy importante, dado que las fechas de siembra y de cosecha tienen un efecto notable sobre el rendimiento del cultivo (van der Werf et al., 1999). Alargar el período entre dichas fechas tiene el potencial de incrementar el rendimiento de materia seca, como así también elegir una fecha óptima de siembra que permita un rápido desarrollo de las plantas; siempre considerando que postergar la cosecha incrementa el riesgo de daños por heladas (van der Werf et al., 1999).

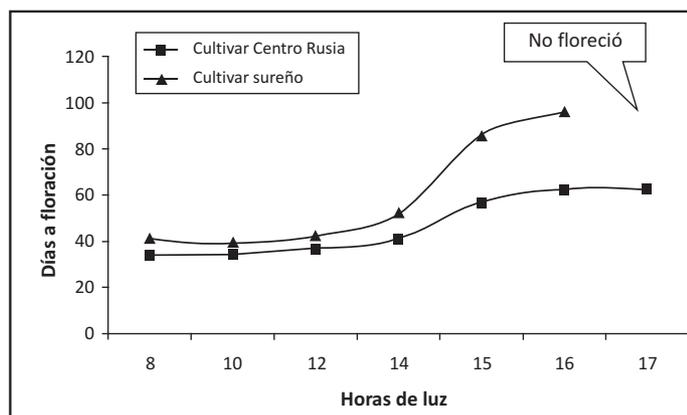
El rango de temperaturas óptimas para el crecimiento de *Cannabis* fue estudiado por Duke (1982), quien luego de analizar 50 ensayos, fijó un pico de crecimiento a una temperatura de 14,3 °C (rango desde 5,6 hasta 27,5 °C). Ése pico es mayor cuando se trata de plantas enriquecidas con CO<sub>2</sub> colocadas en invernáculos o cámaras de crecimiento. Así lo comprobó Frank (1988), quien determinó un rango óptimo de 21 a 27 °C durante el día y de 13 a 21 °C durante la noche.

La Suma Térmica (ST) es una medida del calor acumulado requerido por plantas o insectos para alcanzar cierta fase de desarrollo, por ejemplo la floración, y es muy útil para anticipar eventos fenológicos o comparar diferentes cultivos (Merfield, 1999). El cáñamo requiere aproximadamente 90 ST (base 0 °C) para lograr 50% de emergencia a partir de la siembra (88,3 ST según van der Werf et al., 1995a; y 96 ST según Tamm, 1933). Struik et al. (2000) concluyeron que el cáñamo sólo requiere de 400 ST (base 0 °C) para lograr una completa cobertura del terreno; por otra parte, Merfield (1999) constató que se requerían 2000 ST para producir fibra y 1000 ST más para producir semillas al sur de Europa. Kamat et al. (2002) sugirieron que es posible cosechar fibra de cáñamo en más de una oportunidad por zafra, en algunas regiones templadas del planeta. Por el contrario, algunas regiones septentrionales no tienen veranos lo suficientemente cálidos o largos como para alcanzar las ST requeridas para producir semillas (Merfield, 1999).

### 3.2. Fotoperíodo

Clarke (1999a) definió a *Cannabis sativa L.* como una planta herbácea anual que requiere suficiente luz solar durante la primera y segunda fase de crecimiento, sin embargo para que se produzca la transición de la segunda a la tercera fase (floración), el cáñamo requiere cada vez de menos horas de luz, por tratarse de una planta de día corto<sup>iii</sup> (Ranalli, 2004). El momento de floración depende tanto de la latitud como del cultivar y afecta directamente el rendimiento y la calidad de la cosecha (van der Werf et al., 1995a), dado que la eficiencia con la que la radiación interceptada es convertida en materia seca decae rápidamente una vez que la floración da comienzo (van der Werf, 1994). Un cultivar de ciclo largo florece más tarde que uno de ciclo corto, y por lo tanto alcanza a producir más fibras antes de entrar a la fase reproductiva. Además de estos factores, el momento exacto en que comienza la floración es modificado por el clima, las condiciones del lugar y las prácticas de manejo (Kozłowski y Pallardy, 1997; Lisson y Mendham, 2000).

<sup>iii</sup> McPartland et al. (2000) cambiaron el término "planta de día corto" por "planta de noche larga", y aclararon que la interrupción de períodos de oscuridad por períodos cortos de luz previene completamente la floración, mientras que una interrupción del período de luminosidad por un período de oscuridad (aunque sea largo) no previene la floración en absoluto.



**Fig. 21b.** Comparación del tiempo a floración (días) de dos cultivares de cáñamo bajo diferentes largos de día. Adaptado de: Bòcsa y Karus, 1998.

Algunos cultivares florecerán eventualmente sin importar el largo del día (incluso con 24 horas de luz) mientras que otros no lo harán a menos que hayan días cortos (Merfield, 1999).

Los cultivares comerciales están mejor adaptados a regiones templadas y según cita Clarke (1999a) no existen cultivares para fibra o semilla para regiones subtropicales o tropicales, debido posiblemente a que la meta de los programas de mejoramiento europeos es la cría de variedades de cáñamo mejor adaptadas a latitudes septentrionales y climas templados. Usualmente, dichos cultivares son de origen francés, y tienen un fotoperíodo crítico de entre 14 y 15,5 horas (Struik et al., 2000). Otros autores han reportado fotoperíodos críticos en el rango de 9 (Heslop-Harrison y Heslop-Harrison, 1969), a 14 horas (Borthwich y Scally, 1954; Lisson et al., 2000a; Lisson et al., 2000b; Lisson et al., 2000c).

### 3.3. Agua

El cáñamo puede producir hasta 15 toneladas de materia seca por hectárea en un período muy corto de tiempo, lo que lógicamente requiere de grandes cantidades de agua. Los volúmenes requeridos rondan los 250 a 400 mm por ciclo del cultivo incluyendo la humedad disponible del suelo (Ranalli y Venturi, 2004), aunque algunos estudios han demostrado requerimientos aún mayores, de hasta 700 mm (Bòcsa y Karus, 1998), y de 535 mm (Lisson y Mendham, 1998). Esta es una demanda importante, especialmente porque se concentra en la etapa de mayor crecimiento del cultivo (Merfield, 1999), entre la aparición del quinto par de hojas hasta el comienzo de la floración (42 días aproximadamente). Además, el cáñamo requiere de buena humedad durante la implantación, pero el suelo debe estar bien drenado para alcanzar los máximos rendimientos. Wright (1941) y Robinson (1943) reportaron que el cáñamo es muy sensible a la sequía, especialmente temprano en el ciclo, hasta que las plantas están bien establecidas. También se ha reportado sensibilidad a la sequía más tarde en el ciclo, con atrofia de plantas y reducción sustancial del rendimiento (Wright, 1941; Robinson, 1943; Rosenthal, 1993). Por otra parte, Roulac (1997) concluyó que en caso de sequía, los cultivos de cáñamo pueden extraer agua de fuentes

subterráneas, si el suelo posee buenas condiciones estructurales y las raíces están bien establecidas. Lisson y Mendham (1998) también detectaron que las raíces del cáñamo extraían agua del suelo a una profundidad de 140 cm, y concluyeron que si bien se trata de una planta que tolera la sequía, no prospera en suelos áridos. Tampoco lo hace en suelos saturados de agua o mal drenados. Además calcularon la eficiencia del uso de agua del cultivo, equivalente a 3 gramos de tallo (peso seco) por cada kilogramo de agua utilizado. El pico de crecimiento del Cannabis se da en suelos con 80% de su capacidad de campo colmada (Slonov y Petinov, 1980).

Además del agua del suelo, se debe considerar la humedad atmosférica. Cannabis crece mejor con humedades relativas (HR) entre 40 y 80% (Frank, 1988), pero HR por encima de 60% promueven el crecimiento de ciertos hongos patógenos, por lo tanto el rango óptimo estaría entre 40 y 60%, sobre todo durante el período de floración.

### **3.4. Atmósfera**

El nivel de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera es frecuentemente un factor limitante para el proceso de fotosíntesis que llevan a cabo las plantas. Los niveles de CO<sub>2</sub> requeridos por el cáñamo para alcanzar su pico de crecimiento son cinco a seis veces mayores que los que se encuentran normalmente en la atmósfera, y alcanzan valores de entre 1500 a 2000 ppm (=1,5 a 2,0%) (Frank, 1988).

### **3.5. Suelo y fertilización**

Además de suelos con buena humedad y bien drenados, el cáñamo requiere que sean ricos en nutrientes. El pH debe ser mayor a 5,0 (van der Werf, 1994) y menor a 7,5. Duke (1982) resumió información de 44 reportes y sugirió un pH 6,5 como óptimo.

El cáñamo puede prosperar en variedad de suelos (van der Werf, 1994; Ranalli, 1999), pero crece realmente bien en suelos de estructura franco limosa, franco arcillosa o arcillo limosa (Robinson y Wright, 1941), y ha demostrado ser muy sensible a suelos de estructura pobre (Clarke, 1999a; Struik et al., 2000).

Los tres nutrientes limitantes del cultivo para alcanzar sus máximos productivos son nitrógeno, potasio y fósforo. Según van der Werf (2004), quien definió las técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para el cultivo exitoso de cáñamo industrial, el cultivo requiere de 75 kg de nitrógeno (N), 38 kg de súper fosfato triple (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), y 113 kg de cloruro de potasio (K<sub>2</sub>O) por hectárea en Francia para alcanzar su máximo potencial de rendimiento. Ensayos de fertilización llevados a cabo por Jordan et al. (1946) concluyeron que el rendimiento de los tallos aumenta entre 26 y 100 por ciento, y el de la fibra entre 20 y 110 por ciento, cuando se aplican entre 500 y 2000 libras de fertilizante (0-10-20, 0-20-20, 0-10-30) por acre (560 a 2242 kg/ha). También notaron que al aumentar el rendimiento en fibra, ésta reducía su fuerza entre 8 y 13 por ciento.

McPartland et al. (2000), reúne datos de Wolf (1999), Berger (1969) y McEno (1991), para realizar una tabla comparativa entre diferentes cultivos.

**Tabla 2:** Extracción de nutrientes del suelo de diferentes cultivos durante una zafra.<sup>1</sup>

<b>CULTIVO</b>	<b>N</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>K<sub>2</sub>O</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>CaO</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>MgO</b> (kg ha <sup>-1</sup> )	<b>S</b> (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Maíz (<i>Zea mays</i>)</b> 12.200 kg grano ha <sup>-1</sup>	302	130	302	93	123	37
<b>Trigo (<i>Triticum sp.</i>)</b> 5.200 kg grano ha <sup>-1</sup>	152	61	184	34	45	23
<b>Avena (<i>Avena sativa</i>)</b> 3.600 kg grano ha <sup>-1</sup>	131	43	165	21	37	22
<b>Cáñamo planta entera</b> ~20.000 kg MS ha <sup>-1</sup>	177	53	184	199	35	18
<b>Cáñamo sólo tallos</b> 6.000 kg ha <sup>-1</sup>	52	12	99	68	12	8
<b>Cáñamo sólo semillas</b> 700 kg ha <sup>-1</sup>	33	18	8	3	6	9
<b>Cáñamo sólo flores</b> 1.200 kg ha <sup>-1</sup>	56	30	15	6	10	9

1. Datos para las filas 1-3 convertidos de Wolf (1999), filas 4-6 de Berger (1969), fila 7 de McEne (1991). Traducido por M. Rodríguez (2011).  
McPartland J.M., Clarke R.C. y Watson D.P. (2000). Hemp diseases and pests. Management and biological control (p.10). CABI Publishing, New York.

Se puede observar que el cáñamo es similar a un buen cultivo de trigo en cuanto a extracción de nutrientes, y bastante menos extractivo que un buen cultivo de maíz.

El cáñamo para fibra requiere altos niveles de nitrógeno (N) y potasio (K), y luego, en orden descendente: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), y micro-nutrientes.

Los cultivos de cáñamo para semilla extraen menos K y más P del suelo, que los destinados a fibra; además requieren nutrientes adicionales debido a que se cosechan más tarde en el ciclo. Cualquiera sea la finalidad del cultivo, si se realiza en la misma chacra año tras año, se deberá inevitablemente reabastecer de nutrientes del suelo. Sin embargo, de acuerdo con la mayoría de la literatura agronómica disponible, el cáñamo industrial es sugerido como un cultivo clave en las rotaciones (Ranalli, 2004; Roulac, 1997). Esto se basa 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, y por los consiguientes rendimientos cuando se usa en rotación con otros cultivos, sobre todo alimenticios. Por lo tanto, el perfil de nutrientes del suelo considerado requiere atención cada zafra y depende del tipo de suelo y del cultivo previo.

## 4. Siembra

### 4.1. Preparación de la cama de siembra y distribución de las plantas

La propagación del cáñamo industrial se realiza principalmente por semilla.

La semilla conservada en frío seco mantiene su viabilidad por hasta dos años. Los cultivos para fibra se siembran en primavera, tan temprano como sea posible (ver 2.7. Temperatura).

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. Esa es la forma óptima de preparar la cama de siembra, aunque 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.

El cáñamo se siembra usualmente en líneas, con una distancia entre surcos de 7 a 20 cm. La semilla se deposita a una profundidad de 1 a 2 cm, tratando de que haya un buen contacto entre la misma y el suelo, para lo cual se puede volver a pasar un rodillo luego de la siembra (en caso de siembra convencional).

Un buen control de malezas previo a la siembra es recomendable.

### 4.2. Densidad de siembra

La densidad óptima de siembra en cualquier locación dependerá de un número de factores como son la variedad seleccionada, las condiciones ambientales locales incluyendo la radiación solar y el suministro de agua, como así también el producto final y por tanto el momento de cosecha. Para la producción de cannabinoides, una densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup> puede ser económicamente óptima (Rosenthal, 1987); para la producción de semillas una densidad de 30 plantas/m<sup>2</sup> puede ser usada (Hennink et al., 1994; van der Werf, 1994a), mientras que para la producción de fibra (cáñamo) existe un amplio rango de densidades que se usan de acuerdo al objetivo buscado. Cuando se buscan elevados rendimientos de fibra, y la calidad no es demasiado importante, se siembran altas densidades (200 a 750 plantas/m<sup>2</sup>), para producir tallos altos, rectos y de crecimiento rápido, y canopias que cubran completamente el surco (Dempsey, 1975). El rendimiento mayor se origina porque la proporción que representa el tallo en el total de materia seca aumenta a medida que lo hace la densidad de siembra (van der Werf, 1995b), hasta alcanzar un máximo a partir del cual el rendimiento en materia seca del tallo no se incrementa, pero sí lo hace la calidad de la fibra cosechada. Aumentando la densidad de plantas, el contenido de fibras en el tallo tiende a crecer (Heuser, 1927) y la finura de las mismas mejora (Jakobey, 1965). Con densidades demasiado altas (>500 plantas/m<sup>2</sup>) el rendimiento cuantitativo se pierde debido al auto-raleo que deviene de la competición entre plantas individuales, como también se sufre una reducción cualitativa del contenido de la corteza (van der Werf, 1995b).

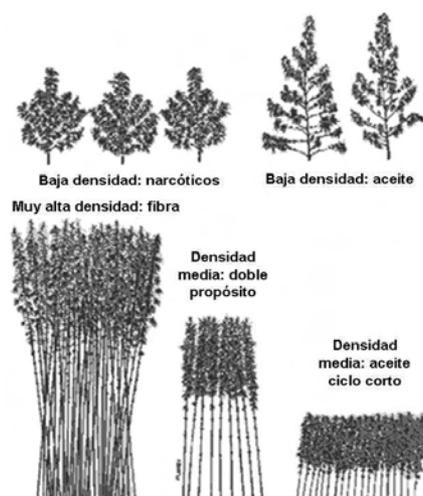


Fig. 22. Densidad de siembra y morfología del cultivo. Adaptado de: Small, 2002.

Cuando se busca un equilibrio entre rendimiento y calidad de la fibra, la densidad utilizada se ubica entre 90 y 250 plantas/m<sup>2</sup> dependiendo del cultivar, la fertilización y las condiciones ambientales (van der Werf, 1995b). También lo reportan así Bullard y Murphy-Bokern (s.f.), quienes estiman una densidad óptima del cultivo para fibra de aproximadamente 115 a 130 plantas/m<sup>2</sup>, la cual obtuvieron sembrando 180 semillas/m<sup>2</sup>. Con densidades menores (<90 plantas/m<sup>2</sup>), el cultivo es más bajo, crece más lentamente, el tallo es más grueso y puede tender a ramificar, lo que es una característica poco deseada para mantener la calidad, dado que al aumentar el número de nudos, también lo hace el contenido de lignina en la fibra.

### 4.3. Épocas de siembra

Sengloung, Kaveeta y Nanakorn (2009) realizaron ensayos en el norte de Tailandia para determinar el efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y desarrollo del cáñamo. Sembraron parcelas con densidades de 25 plantas/m<sup>2</sup> en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre de 2004. El momento de floración de todos los tratamientos se produjo durante el mes de octubre del mismo año. La altura de las plantas se redujo (205, 180, 130 y 95 cm) al igual que sus diámetros (11,95, 8,17, 8,00 y 3,90 mm) a partir de la primer época de siembra, respectivamente. Una siembra temprana permitió un período vegetativo más extenso, que a su vez produjo tallos más largos. El inicio de la floración fue el factor que detuvo el crecimiento en altura de la planta. Las siembras tardías hicieron más corto el período vegetativo y redujeron el largo del tallo. La filotaxis cambió en promedio cuando las plantas tenían entre 5,86 y 6,33 pares de hojas. Los resultados indicaron que para lograr un crecimiento y desarrollo adecuado, el cáñamo en Tailandia debe ser sembrado temprano, antes de julio y agosto.

**Tabla 3.** Rendimientos de tallo y componente, densidad de plantas, rendimiento de semilla, fechas de floración y madurez de semilla y porcentaje de corteza para ensayo de fechas de siembra, Devonport.

Fecha de siembra	Cultivar	Densidad (por m <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Rend. Tallo (*S.H. g/m <sup>2</sup> )	Rend. Semilla (g/m <sup>2</sup> )	Flor fecha	Semilla madurez	Corteza (%)
21-sep	Kompolti	306a	206a	1282a	77a	29-ene	27-feb	42a
10-oct	Kompolti	253a	203a	1271a	73a	31-ene	29-2	41a
24-oct	Kompolti	308a	183b	1054b	83a	31-ene	29-2	37a
08-nov	Kompolti	254a	182b	962b	76a	3-feb	1-mar	38a
21-sep	Fedrina 74	225a	158a	945a	65a	25-dic	31-ene	34a
10-oct	Fedrina 74	182a	178b	972a	83a	3-ene	7-feb	33a
24-oct	Fedrina 74	212a	157a	909b	98a	13-ene	15-feb	32a
08-nov	Fedrina 74	215a	165a	849b	102b	16-ene	19-feb	30a

Nota: Valores medios para cada cultivar seguido por la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

\*S.H: secado en horno

Lisson, S.N. and N.J. Mendham 1995. Tasmanian hemp research. *Journal of the international Hemp Association* 2 (2): 82-85. Traducido por M. Rodríguez (2011).

Coincidentemente, Lisson y Mendham (1995) reportan un acortamiento del período vegetativo, una disminución en la altura y una merma significativa en los rendimientos de tallo a medida que la fecha de siembra en Tasmania se retrasa (Tabla 3).

Estos y otros resultados similares (Bullard y Murphy-Bokern, s.f.; van der Werf, 1994) coinciden en que para lograr buenos rendimientos de fibra, es necesario sembrar lo más temprano posible, con densidades adecuadas, utilizando cultivares de ciclo largo adaptados a la región, que florezcan tarde en el ciclo, permitiendo un crecimiento y desarrollo vegetativo prolongado.

## 5. Control de malezas

### 5.1. Natural

Cannabis suprime a las plantas de crecimiento lento que compiten con ella, y aunque se ha dicho que el cáñamo contiene a todas las malezas (Dewey, 1914), existen algunas que pueden crecer a mayor ritmo y sombrearla, por ejemplo: giant ragweed (*Ambrosia trifida*) y bambú (especies *Bambusa*, *Dendrocalamus*, y *Phyllostachys*). El cáñamo logra someter a las malezas cuando su follaje crece y cierra el surco, sombreando el suelo donde crecen. El control de malezas por esta vía, funciona mejor si el surco se cierra tempranamente, cuando las plantas tienen aproximadamente 50 cm de altura, lo cual depende de una correcta densidad de siembra. Con densidades bajas (<40 kg/ha de semilla), la canopia se cierra más tarde (no antes de que las plantas tengan 100-150 cm de altura), permitiendo que las hierbas proliferen (Bòcsa y Kraus, 1998). Algunos cultivares son demasiado bajos (por ej. FIN-314) como para cerrar su canopia, así que quedan expuestos a la presión de las malezas. Éstas también pueden ahogar el crecimiento de las plántulas cuando el cáñamo se siembra en forma tardía. Cualquier maleza puede causar problemas cuando el stand de plantas es bajo y existen zonas sin plantas en el cultivo.

## 5.2. Cultural

Las semillas de algunas de las malezas en la cama de siembra pueden ser controladas mediante solarización del suelo, cubriéndolo con hojas de plástico y dejándolo calentar bajo el sol estival durante 4-6 semanas (Elmore et al., 1997).

Para el control de malezas, dentro de un cultivo ya instalado, Dodge (1898) recomendó carpir dos veces, cuando el cáñamo tiene 5 cm de altura, y de nuevo cuando ha alcanzado los 10-20 cm.

## 5.3. Químico

No se han reportado herbicidas específicos para Cannabis, pero tradicionalmente en Europa, han sido utilizados en cultivos para semilla que por sus bajas densidades de siembra no compiten bien con las malezas (Ehrensing, 1998). En ensayos realizados recientemente (Chiriță, 2008) las plantas de cáñamo mostraron una muy alta sensibilidad a los herbicidas probados.

El efecto de los herbicidas sobre las malezas y la selectividad hacia el cáñamo se midió utilizando una escala de 1 a 9. El valor 1 representa la ausencia total de síntomas de toxicidad, mientras que el valor 9 representa daños por intoxicación en 85-100% del cultivo. Los que fueron mejor tolerados fueron: Guardian (acetocloro 900 g/l) en dosis de 2,2 lt/ha, Dual Gold (s-metalocloro 960 g/l) en dosis de 1,5 lt/ha y Fusilade forte (fluasifop-p-butil 150 g/l) en dosis de 1.0 l/ha (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados en la eficiencia y selectividad de algunos herbicidas en cultivos monoicos de cáñamo. Adaptado de: Chiriță, 2008.

Herbicidas aplicados	Dosis (l/ha o kg/ha)	Fitotoxicidad (1 al 9)	Control de malezas (%)	Momento de aplicación
Testigo sin tratar	-	1,0	0	-
Guardian	2,2	1,5	65	Pre-emergente
Sencor	0,5	5,0	60	Pre-emergente
Dual Gold	1,5	2,5	55	Pre-emergente
Lontrel 300	0,3	4,0	35	Post-emergente
Fusilade Forte	1,0	2,0	39	Post-emergente
Logran	0,0	5,0	40	Post-emergente
Logran	0,0	5,2	50	Post-emergente
Granstar	0,0	5,1	52	Post-emergente

Fuente: Chiriță Nela, Selectivity and efficiency of some herbicides in controlling weeds from monoecious hemp crops, Cercetări Agronomice în Moldova, Vol. XLI, No. 3 (135), Rumania, 2008. Traducido por: M. Rodríguez, 2011.

## 6. Cosecha y procesamiento de las fibras

### 6.1. Momento de cosecha

Cuando el cultivo se realiza para obtener fibra de buena calidad, las plantas se cosechan inmediatamente luego de floración, antes de que las semillas tengan tiempo de desarrollarse, lo cual reduce la calidad y cantidad de fibra (Cherrett et al., 2005). Esto es realmente importante si se trata de un cultivar dioico, porque las plantas macho morirán luego de liberar el polen, lo que lleva a mayores pérdidas de fibra (Clarke, 1999a).

Cuando el objetivo no es fibra, sino la producción de semillas, las plantas se cosechan cuando las mismas están maduras en un 50%, de esa manera se obtienen los mejores rendimientos (Mediavilla et al., 1998). Para cosechar semillas sólo se corta la porción superior de la planta, donde se sitúan las mismas. El procedimiento debe ser llevado a cabo en la mañana, para minimizar las pérdidas por desgrane.

Cuando el cultivo tiene un doble propósito (fibra y semilla) el momento de cosecha será determinado según las prioridades del productor, pero la fibra obtenida rendirá significativamente menos y no tendrá calidad textil.

### 6.2. Maquinaria

La cosecha del cáñamo tradicionalmente se realizó manualmente, con muy pocos cambios o desarrollos tecnológicos durante gran parte del siglo XX, debido principalmente a la prohibición del cultivo en los países desarrollados, excepto Francia. Recientemente, un aumento del área sembrada y el interés por bajar los costos de mano de obra han provocado una reactivación en el desarrollo y optimización de la tecnología de cosecha (Venturi et al., 2007), generando sistemas más eficientes como el HempCut 3000/4500 o el Bluecher 02/03 (Amaducci y Gusovius, 2010). A la fecha, más de diez sistemas con diferentes soluciones de montaje y anchos de trabajo existen en Europa (Amaducci et al., 2010).

Las técnicas de cosecha utilizadas actualmente difieren entre sí dependiendo de la finalidad del cultivo y las prácticas utilizadas.

En el caso más probable, donde se desea una cosecha con doble propósito (fibra y semilla), es importante mantener la calidad de la semilla cosechando las espigas lo más gentilmente posible, además de separar los productos de la cosecha para facilitar su procesamiento posterior.

En el caso de un cultivo para fibra no textil, donde se busca el rendimiento, y la calidad del producto no es el objetivo, es posible utilizar una cosechadora convencional (p. ej. John Deere 6600), dado que la altura del cultivo no es tanta como para producir dificultades con las partes rotativas de la maquinaria.

Cuando la finalidad es obtener fibra de calidad textil, es necesario contar con maquinaria específica para cáñamo, que pueda manejar las alturas y cantidades de biomasa del cultivo, sin dañar los tallos en el proceso. Doblar o quebrar los tallos durante la cosecha provoca una reducción significativa en la calidad de sus fibras, con la consiguiente pérdida en la ganancia.

### **6.3. Enriado**

La cosecha del cáñamo para fibras consiste en el corte de los tallos en otoño, frecuentemente precedido de una defoliación química para promover el secado precosecha. El cáñamo es tendido en finas capas uniformes, y se deja reposar en el suelo por 10 a 40 días (Robinson, 1943; Dodge, 1890). Un período de almacenamiento sobre el suelo es importante para el proceso de producción de fibra de cáñamo, ya que promueve el desarrollo de bacterias y hongos que digieren las pectinas y resinas que unen las fibras a los tallos. Además, durante ese período se produce un secado de los tallos. Ese proceso se conoce como “enriado” o “enriado al rocío”. Hoy día, el enriado al rocío se utiliza en la mayoría de las regiones productoras de cáñamo. La desventaja que tiene esta técnica es su dependencia de un clima ideal. Además es necesario rotar los tallos periódicamente para exponer toda su superficie a la degradación microbiana (Walker, 1990). El enriado microbiano (al rocío) ocurre más rápidamente en climas cálidos y más lentamente en climas fríos. Productores de zonas frías, como Wisconsin, Ontario o Siberia han practicado el “enriado bajo nieve”, donde los tallos se dejan bajo nieve todo el invierno, hasta la primavera siguiente.

Además del enriado al rocío, y del enriado bajo nieve, existen otras técnicas posibles que han sido utilizadas con menos frecuencia. El enriado al vapor fue utilizado en la ex Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas; es muy caro, lleva muchas horas y produce fibras duras poco maleables.

El nuevo enriado por explosión de vapor es mucho más rápido que el anterior, pero la fibra obtenida queda triturada y no sirve para hilar.

El enriado químico, también llamado enriado enzimático o digestión alcalina, produce fibra de alta calidad, pero es muy costoso.

Por último, una variante del enriado al rocío, es el enriado en agua (estanques), que ha sido practicado en Europa y China. Esta variante (también se trata de un enriado microbiano) produce fibra de calidad superior que la de la fibra enriada al rocío; el enriado es más consistente y la fibra no se decolora (el enriado al rocío tiñe la fibra de gris). En Estados Unidos, se intentó introducir esta técnica, pero los productores consideraron las aguas de los estanques venenosas y un peligro innecesario (Dodge, 1890, 1898).

La utilización de aguas corrientes para enriar cáñamo fue común en Francia, aunque la opinión pública estuviese en contra (Dodge, 1890).

Para enriar en estanques, los atados de plantas son apilados a una profundidad de 1,5 m en agua con bajo contenido de cloruros y calcio. La temperatura inicial debe ser superior a 15 °C. En una semana el agua se vuelve ácida (por la formación de ácido butírico) y aparecen burbujas alrededor de los atados por la fermentación. Luego de dos semanas los tallos pierden su clorofila y se tornan blancos. Enriar en agua tibia acelera el proceso, esa técnica se usa en China, donde los estanques son calentados por la luz solar hasta los 20-23 °C (Clarke y Lu, 1995). Los tallos son enriados en los estanques por uno a tres días y luego son dispersados en el campo por dos o tres días más. Técnicas similares se usan en Hungría, donde colocan aguas termales en tinas de concreto; o en Polonia donde luego de un día de enriado en depósitos de acero o concreto, cambian el agua y la calientan a temperaturas elevadas por dos o tres días.

La técnica de enriado al agua requiere aproximadamente 50 toneladas de agua por cada tonelada de fibra (Kozlowski, 1995). El agua se airea mediante compresores y los tanques se inoculan periódicamente con cultivos puros de organismos que descomponen resinas y pectinas (los que descomponen celulosa perjudican la calidad de las fibras). El enriado debe ser monitoreado cuidadosamente para evitar que el material se pudra. La fibra terminada debe ser secada (<16% humedad) rápidamente para detener el proceso de enriado. Las fibras deben ser almacenadas en ambientes frescos y secos. Las condiciones de humedad permiten que los hogos latentes se reactiven y continúen con el enriado y la putrefacción. Robinson (1943) reportó que "...durante el proceso de enriado (que comprende el añejamiento a campo de los tallos cosechados) las plantas pierden cerca del 20 por ciento del peso en materiales solubles y descompuestos que se filtran...". Si la fibra es almacenada adecuadamente, no se necesitan pesticidas para su conservación.

#### **6.4. Triturado o agramado**

Se realiza cortando y triturando la planta en pequeños fragmentos de manera que la corteza (agramiza) quede separada de las fibras. En la actualidad, se realiza mecánicamente mediante máquinas trituradoras.

#### **6.5. Espadillado**

Tiene como finalidad separar con mayor profundidad las fibras del material leñoso.

La operación se efectúa por medio de un batido o golpeado brusco, manualmente (utilizando un cuchillo de madera especial llamado espadilla) o mecánicamente, por medio de cuchillas de acero montadas sobre el eje de un brazo giratorio.

#### **6.6. Rastrillado o peinado**

Este proceso consiste en hacer pasar los trozos a través de una serie de rastrillos en los que sobresalen agujas colocadas a diferentes distancias entre sí.

Con ello se consigue separar definitivamente la fibra de la cañamiza, eliminando toda impureza. Además este procedimiento permite separar los haces de fibra, que constituyen la hilaza, de las fibras cortas o estopa. El resto del proceso hasta alcanzar el hilado se puede observar en el siguiente diagrama.

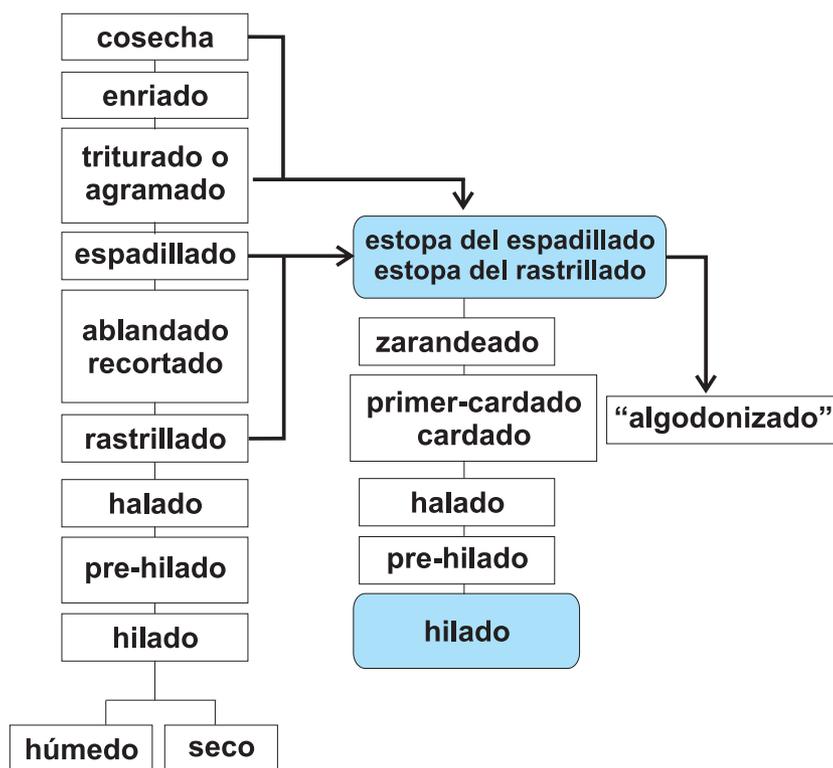


Fig. 23. Diagrama de procesamiento del cáñamo para producir textiles a partir de sus fibras.

### 6.7. Rendimientos

Los rendimientos del cultivo varían mucho dependiendo de las condiciones agronómicas y las técnicas de cosecha y conservación, sin embargo varios autores manejan medias nacionales en sus trabajos científicos. Según van der Werf (2004) la producción nacional promedio de materia seca de cáñamo en Francia es de 6,7 t/ha.

Además, van der Werf et al. (1995a) exponen que bajo las condiciones de crecimiento europeas, los cultivares adaptados rara vez superan rendimientos de 8,0-10,0 t/ha de materia seca. La fibra representa aproximadamente el 25% de la materia seca total y el porcentaje crece cuanto más alto es el cultivo (Duke, 1983).

Si el cáñamo es cultivado estrictamente para semilla, puede producir entre 0,5 y 1,0 t/ha de semillas (Pate, 1999). Callaway (2004) reportó rendimientos de

hasta 2 t/ha de semillas, para una variedad fina especialmente adaptada a la producción en climas septentrionales.



Fig. 24. Cosecha de cáñamo en Rumania. Fuente: Ecolution®.

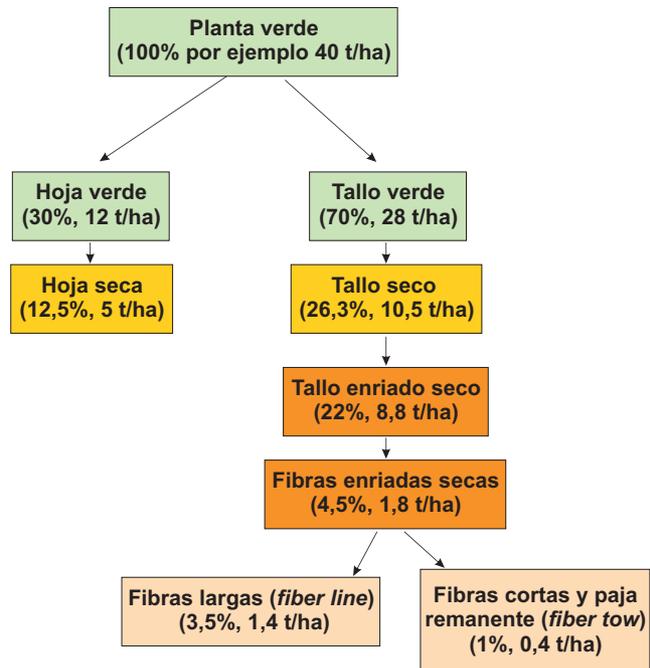


Fig. 25. Rendimientos característicos de una plantación de cáñamo para fibra. Adaptado de: Alden et al., 1998.

## 7. Productos y usos

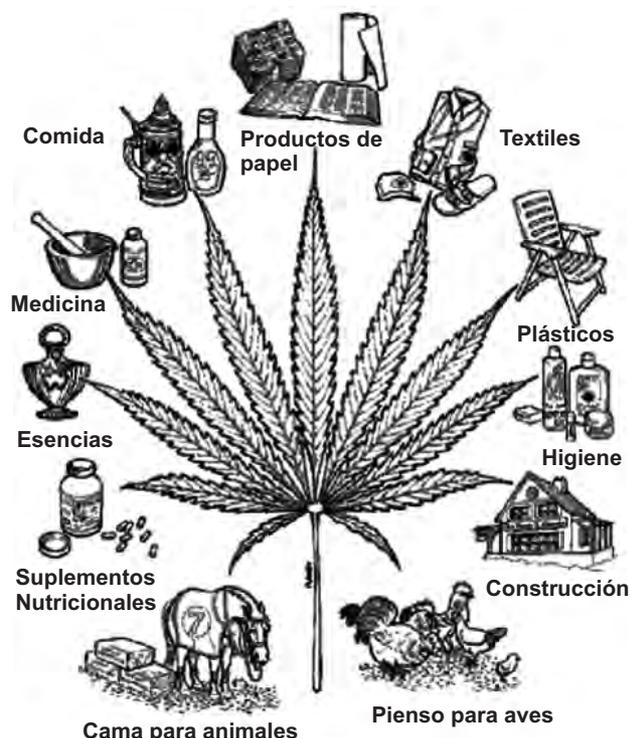


Fig. 26. principales productos obtenidos a partir de *Cannabis sativa L.* (cáñamo).

### 7.1. Productos obtenidos a partir de la fibra

Del total de fibras obtenidas del cultivo, las fibras del floema representan aproximadamente un 30% (25% de fibras largas llamadas hilaza, y 75% de fibras medias llamadas estopa). El 70% restante está compuesto por fibras cortas de la médula llamadas cañamiza, que son muy absorbentes.

#### Papel y productos de papel

La industria del papel de cáñamo utiliza las fibras del floema (hilaza y estopa) para fabricar papel de alto valor agregado, como el que se usa en los billetes o en los cigarrillos; o libros de papel fino (tipo biblia) (Roulac, 1997). Esto se logra por el bajo contenido de lignina de estas fibras, las cuales requieren de un proceso menor.

Sin embargo, el proceso de extracción de lignina del cáñamo aún no ha sido perfeccionado a gran escala (Rosenthal, 1994).

En general, la industria del papel de cáñamo, utiliza los procesos convencionales de producción de papel de madera con algunas modificaciones. También se fabrican otros productos de papel menos especializados, como papel para

impresión, papel de diarios, cartón y materiales de embalaje; pero a menor escala.

### Textiles

En general, hay dos calidades de textiles de cáñamo que pueden ser fabricados. La fabricación de telas, jeans, uniformes de trabajo, medias, zapatos, y carteras de mano, por ejemplo, requiere de fibras finas de alta calidad. Por otro lado, para fabricar sogas, redes, alfombras, lonas o geotextiles, fibra de baja calidad es suficiente.

Por poseer propiedades antimicrobianas las fibras medias (estopa) son utilizadas en la fabricación de textiles de uso médico.

### Materiales compuestos

Los materiales compuestos de cáñamo se componen de una matriz (suele tratarse de resina) que protege y da cohesión, a la que se agregan las fibras del cáñamo, para darle resistencia y hacerla más liviana.

Para su fabricación usualmente se utiliza la cañamiza (por ser abundante) pero también se pueden usar fibras de baja calidad del floema o hasta plantas enteras, si se trozan. Estos compuestos incluyen materiales para la construcción o plásticos, generalmente en forma de fibra natural compuesta, plástico compuesto de celulosa de cáñamo, o resina plástica de cáñamo. Utilizado de esta manera, el cáñamo puede sustituir a la fibra de vidrio, a las partículas de madera, o a otras fibras naturales como las del lino.

Algunos productos fabricados con estos materiales son: celofán, partes de autos (tableros, interior de puertas, asientos, etc.), canoas y tablas de ski.

### Cama para animales

El uso más común de la cañamiza actualmente es la obtención de cama para animales de granja y domésticos, debido a su gran capacidad de absorción.

La cañamiza ha sido usada tradicionalmente para cama en establos de caballos, pero el uso para cama de pequeños animales (gatos, conejos, hamsters, aves, etc.) ha ido creciendo últimamente (Karus, 2005).

### Biomasa: Combustible, Calefacción y Electricidad

Las plantas enteras, las fibras de baja calidad o la cañamiza, por si solas pueden ser utilizadas como biomasa para aplicaciones energéticas, para proveer calefacción, electricidad o como combustibles (Small y Marcus, 2002).

Si bien es posible producir electricidad a partir de la combustión conjunta de carbón y cáñamo, la escala actual de la industria y el valor agregado de los productos de la fibra, no permiten ese uso hoy día. En Suecia se ha utilizado biomasa de cáñamo en forma de pellets para alimentar las estufas domésticas en zonas residenciales, que usualmente utilizan madera. Otros métodos incluyen la fermentación, la pirólisis, o la destilación destructiva para procesar la biomasa y producir metanol, etanol o gasolina (Small y Marcus, 2002).

## **7.2. Productos obtenidos a partir de la semilla**

La mayoría de la semilla producida se utiliza como alimento, ya sea como grano entero o procesado; pero una parte se destina a la producción de aceite, el cual tiene diferentes usos.

El valor nutricional de las semillas de cáñamo se basa en su contenido de proteínas y el perfil de ácidos grasos esenciales del aceite obtenido a partir de ellas. Son la segunda fuente de proteínas del reino vegetal, con un 25%, detrás de la soja con un 32% (Callaway, 2004). Además, esas proteínas contienen 8 aminoácidos esenciales que son nutricionalmente vitales; su perfil proteico es comparable al de la clara de huevo o al del grano de soja. Ambos granos son muy versátiles en términos de diversidad de productos alimenticios, pero la semilla de cáñamo es más fácil de digerir por los humanos (Roulac, 1997), y además contiene importantes vitaminas y minerales (Callaway, 2004).

### Semilla entera y harina

Las semillas de cáñamo son técnicamente nueces (Callaway, 2004), y el único proceso que requieren para ser consumidas, es 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. Mantiene altos contenidos de proteína y aún conserva algo de aceite, por lo tanto es muy útil en la alimentación, tanto humana como animal. Usada para alimentación animal ha mostrado resultados muy positivos sobre la producción (gallinas, vacas y ovejas).

Algunos productos alimenticios que se fabrican con la semilla del cáñamo son: semillas tostadas, semillas crudas, cereales, chocolate, limonada, cerveza, vino y harina (Lachenmeier et al., 2004). El té de cáñamo también se considera un producto alimenticio pero se hace con las hojas de la planta y no con sus semillas.

## Aceite de cáñamo y sus productos

Las semillas del cáñamo están compuestas en un 30% por aceite, el que a su vez se compone en al menos un 80% de ácidos grasos poliinsaturados, entre los que se encuentran varios ácidos grasos esenciales, que no son producidos por el cuerpo humano y por tanto deben ser obtenidos de los alimentos. El aceite de cáñamo posee el perfil de ácidos grasos más completo y balanceado conocido en el reino vegetal (Callaway, 2004). Se extrae de las semillas mediante el prensado en frío, a temperaturas entre 45 y 50 °C (Pate, 1999; Callaway, 2004).

Los productos fabricados con aceite de cáñamo pueden clasificarse en cuatro diferentes grupos: cosméticos y cuidado personal, uso industrial, biodiesel y alimentación y medicina.

Los productos de cuidado personal incluyen jabón, champú y gel de baño, y los cosméticos el bálsamo para labios, aceite para masajes, y productos para maquillaje. El alto contenido de aceite y su perfil de ácidos grasos, que incluye los ácidos  $\alpha$ -linolénico y  $\gamma$ -linolénico, hacen del aceite de cáñamo un producto deseable para el cuidado de la piel (Vogl et al., 2004).

Sus usos industriales incluyen tinta, pintura, barniz, selladores, limpiadores y lubricantes (Robinson, 1996; Small y Marcus, 2002). Este aceite es muy útil en esas aplicaciones porque tiene buenas propiedades de penetración superficial y secado (Rosenthal, 1994). También fue utilizado popularmente como aceite para iluminación antes del siglo XIX (Herer, 2000).

Al ser utilizado como biodiesel, puede ser quemado de la misma manera que el diesel convencional, incluso con menor emisión de gases (Vantreese, 1997; Rawson, 2005). El motor diesel fue originalmente diseñado para que funcionase mediante la combustión de aceites vegetales, como los de soja o cáñamo (Roulac, 1997).

Se utiliza en la alimentación humana, por su excelente perfil lipídico, con la salvedad de que no debe ser expuesto al calor ni a la luz, y debe ser preferiblemente refrigerado, pues su contenido de ácidos grasos poliinsaturados lo hace muy sensible a la oxidación. Tampoco conviene utilizarlo para freír, ya que al ser expuesto a altas temperaturas, se forman ácidos grasos trans, nocivos para la salud.

Como medicina, se conoce su uso desde hace siglos, principalmente en China y otros países de Oriente. Puede ser consumido para aliviar enfermedades inflamatorias como la artritis, y para bajar la presión sanguínea y los niveles de colesterol arterial (Callaway, 2004). Aplicaciones tópicas, ayudan a curar heridas abiertas, quemaduras e irritaciones de la piel, como las ocasionadas por psoriasis y neurodermatitis (Vogl et al., 2004). Además, su excelente perfil de ácidos grasos ha mostrado tener efectos positivos en el fortalecimiento del sistema inmunológico (Callaway, 2004).

## 8. Plagas del cultivo

Si bien hay reportes de 272 especies de insectos y ácaros asociados con *Cannabis* (Mostafa y Messenger, 1972), McPartland et al. (2000), sólo creen que 150 de ellas realmente están asociadas al cultivo, y sospechan que el resto sólo fueron halladas casualmente sobre el cáñamo. En su trabajo, reportan algunas de las especies más relevantes por su impacto económico, entre las que se encuentran las siguientes.

### 8.1. Arañuelas

Son las plagas más destructivas para cultivos bajo techo, los que suelen contaminarse a través de plantas infectadas traídas del exterior.

En climas cálidos, los cultivos exteriores también pueden infectarse, como lo reportó Cherian (1932), cuando se produjeron pérdidas de rendimiento de hasta 50% en chacras de cultivo cerca de Madras, en India.

Las arañuelas muerden y dañan la hoja, y se alimentan de la savia que exuda la planta por la herida. Generalmente se agrupan en la parte inferior de la hoja, pero cuando las infestaciones son muy grandes se las puede encontrar también en la parte superior.

Entre las especies más comunes se encuentran: *Tetranychus urticae*, *Tetranychus cinnabarinus* y *Aculops cannabicola*.

### 8.2. Áfidos

Los áfidos (comúnmente llamados pulgones) son pequeños y tienen el cuerpo blando con forma de pera. Sus patas y antenas son relativamente largas. Los adultos de la mayoría de las especies no tienen alas (ápteros), aunque otros sí las desarrollan (alados), y éstas son mucho más largas que sus cuerpos.

Los áfidos también se alimentan de la savia de las plantas, pero en lugar de morderla, usan un estilete para perforarla y absorber la savia directamente del sistema vascular. La mayoría se alimenta de floema, pero algunos también lo hacen de xilema (Hill, 1994). Además de chupar la savia, los áfidos provocan daño a las plantas siendo vectores de hongos, bacterias y principalmente virus, con los cuales mantienen una relación simbiótica (Kennedy et al., 1959).

El daño que causan estos insectos aumenta con la temperatura y la humedad del ambiente, especialmente con lluvias suaves y poco viento. El daño es menor cuando las temperaturas son altas y el viento es seco y fuerte (Parker, 1913a).

Al menos seis especies atacan *Cannabis*, ellas son: *Myzus persicae*, *Aphis fabae*, *Phorodon cannabis*, *Phorodon humuli*, *Aphis gossypii* y *Uroleucon jaceae*.

### 8.3. Moscas blancas

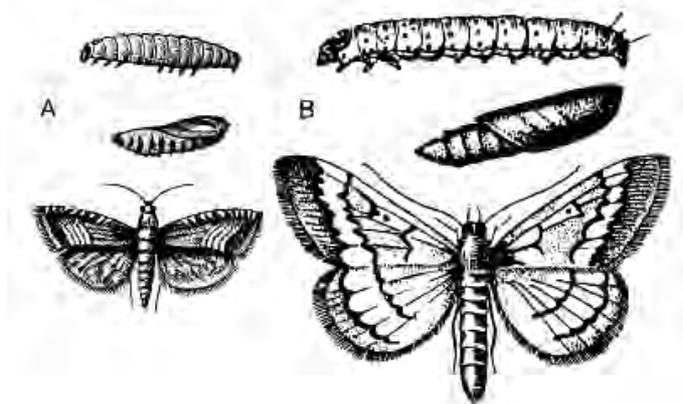
Estos insectos causan problemas principalmente en cultivos de invernáculo. Aunque parecieran ser pequeñas polillas, no son ni polillas ni moscas, sino que están emparentadas con los áfidos y los saltamontes. Hay tres especies de moscas blancas que infestan *Cannabis*, chupando su savia y siendo vectores de virus, ellas son: *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolii*.

### 8.4. Barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis*)

El nombre puede ser engañoso, ya que esta especie ha sido registrada en 230 diferentes hospederos, básicamente cualquier planta herbácea con un tallo lo suficientemente largo como para ser taladrado. Es nativo de Europa del Este, donde el cáñamo y el lúpulo sirvieron como hospederos originales. Cuando el maíz se introdujo en Europa, el insecto lo prefirió como hospedero (Nagy, 1976; Nagy, 1986), aunque ha habido reportes en Hungría y Japón, de razas que han preferido el *Cannabis* al maíz (Nagy, 1976; Koo, 1940) provocando pérdidas en el rango de 80-100%. En 1908 la plaga fue introducida accidentalmente en Boston, y desde entonces ha migrado a gran parte de Estados Unidos y Canadá. Hoy en día sólo el sur de Florida, el norte de Canadá y secciones del oeste del Estados Unidos no han sido invadidos.

### 8.5. Barrenador del cáñamo (*Grapholita delineana*)

Además de taladrar el tallo, estos insectos pueden destruir las inflorescencias (Kryachko et al., 1965), y devorar las semillas del cáñamo (Bes, 1978). Cada larva consume un promedio de 16 semillas de *Cannabis* (Smith y Haney, 1973). Cuarenta larvas pueden matar una plántula de 15-25 cm de alto en diez días (Baloch et al., 1974), mientras que diez larvas por planta perjudican el crecimiento y la producción de semillas. Además de atacar el cáñamo, también infesta la marihuana, el cáñamo salvaje (*C. ruderalis*) y el lúpulo. Los barrenadores del cáñamo llegaron a Estados Unidos en 1943 (Miller, 1982).



**Fig. 27.** Larva, pupa y polilla hembra de *Grapholita delineana* (A) comparada con la más grande *Ostrinia nubilalis* (B) (no a escala). Adaptado de McPartland et. al, 2000.

### 8.6. Otras orugas barrenadoras

Al menos otras cinco especies de orugas dañan el cáñamo: *Cossus cossus*, *Zeuzera multistrigata*, *Papaipema nebris*, *Papaipema cataphracta* y *Endocyclyta excrescens*. Las plantas infestadas aparecen raquíticas y enfermas. Si uno observa los tallos se pueden ver orificios de entrada, usualmente exudando excrementos parecidos al aserrín. Los tallos agujereados son propensos a colapsar y caerse.

### 8.7. Lagartas del cogollo

Estos gusanos se especializan en destruir partes de la planta con alto contenido de nitrógeno, como son las flores, los frutos y las semillas. Las lagartas cogolleras tejen redes sueltas alrededor de las inflorescencias y allí se alimentan y defecan. A veces se alimentan dentro de los racimos florales y el daño no es visible hasta que las flores están arruinadas. Los cogollos dañados y el excremento proveen un punto de entrada para infecciones de hongos. Cuatro especies de lagartas del cogollo aparecen en la literatura: *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa zea*, *Heliothis virescens* y *Psyche cannabinella*.

### 8.8. Orugas cortadoras y orugas militares

Existen diez especies reportadas que atacan *Cannabis*, aunque quizás alguno de estos reportes sea erróneo, dado que estas especies son migrantes y pueden haberse encontrado sobre el cultivo de cáñamo en su camino hacia otro hospedero. Por otro lado, especies de orugas que se esperaba infestaran *Cannabis* no aparecen en la literatura; como es el caso de *Pseudaletia unipuncta*, *Spodoptera frugiperda* y *Spodoptera littoralis*. Entre las que sí han sido reportadas se encuentran: *Agrotis ipsilon*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera exigua*, *Agrotis segetum* y *Mamestra configurata*.

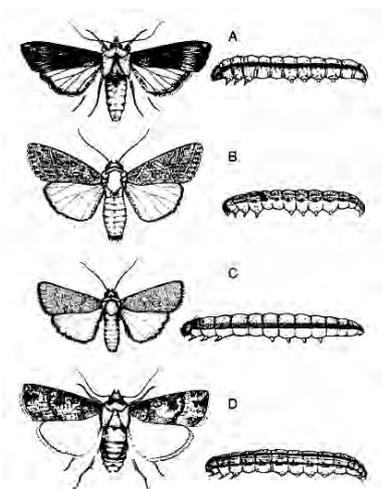


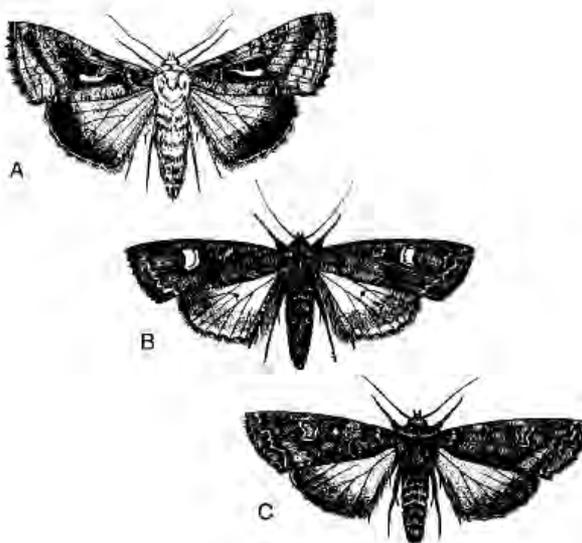
Fig. 28. Adulto y larva de A. *Agrotis ipsilon*; B. *Spodoptera litura*; C. *Spodoptera exigua*; D. *Agrotis segetum* (no a escala). Fuente: Hill, 1994.

### 8.9. Orugas come-hojas

Las orugas come-hojas operan de diferentes maneras, enrollando y pegando las hojas entre sí para protegerse mientras se alimentan; comiendo selectivamente el tejido internerval dejando sólo el esqueleto de venas de la hoja; o simplemente haciendo grandes agujeros a la hoja cuando comen.

Para conocer el nivel de infestación es conveniente sacudir las plantas temprano en la mañana, haciendo caer al suelo las orugas que no estén enrolladas en hojas y contándolas.

Sólo siete especies de todas las reportadas son citadas con suficiente frecuencia como para ser consideradas seriamente: *Autographa gamma*, *Melanchra persicariae*, *Mamestra brassicae*, *Arctia caja*, *Spilosoma obliqua*, *Loxostege sticticalis* y *Plataplecta consanguis*.



**Fig. 29.** Polillas adultas de algunas orugas come-hojas. A. *Autographa gamma*; B. *Melanchra persicariae*; C. *Mamestra brassicae* (no a escala). Fuente: Hill, 1994.

### 8.10. Trips

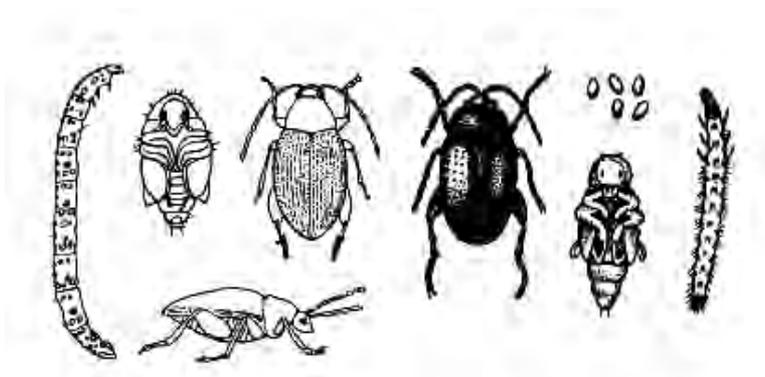
Estos insectos pequeños y delgados son alados cuando adultos, pero vuelan pobremente. Prefieren saltar, y lo hacen rápidamente ante el peligro. Son un problema en los invernáculos modernos, con suelos de cemento. Cuando los invernáculos tenían pisos de tierra, regar con una manguera mantenía los pisos húmedos, favoreciendo el desarrollo del hongo *Entomophthora thripidum*, el que infecta los trips cuando éstos se arrojan al piso a empupar. Con suelo seco, no hay hongo y por tanto tampoco control biológico.

Se alimentan raspando o pinchando la superficie de la hoja y succionando la savia exudada por la planta.

Los reportes indican que al menos cinco especies de trips atacan Cannabis: *Thrips tabaci*, *Heliethrips haemorrhoidalis*, *Oxythrips cannabensis*, *Caliothrips indicus* y *Frankliniella occidentalis*.

### 8.11. Escarabajos

Los escarabajos son los animales más comunes sobre la tierra, y los más comunes sobre el Cannabis son los de la familia Chrysomelidae, conocidos como escarabajos pulga por su capacidad de brincar cuando son adultos. Los escarabajos pulga adultos se alimentan de hojas, flores y semillas inmaduras; mientras que sus larvas se alimentan de las raíces y ocasionalmente se comportan como minadores de las hojas. Algunas de las especies de escarabajos pulga reportadas como plagas del Cannabis son: *Psylliodes attenuata*, *Psylliodes punctulata*, *Phyllotreta nemorum*, *Phyllotreta atra*, *Podagrica aerata*, *Podagrica malvae*, *Chaetocnema hortensis*, *Chaetocnema concinna*, *Chaetocnema denticulata* y *Chaetocnema pulicaria*.



**Fig. 30.** Larva, pupa, y adultos del escarabajo pulga del cáñamo, *Psylliodes attenuata* (no a escala). Adaptado de: McPartland et. al, 2000.

### 8.12. Isocas

De todos los insectos subterráneos, las isocas son las más destructivas; y varias especies de isocas de escarabajo han sido reportadas como causantes de daño en Cannabis. Todas son polífagas y comúnmente atacan pastos. Los síntomas en Cannabis aparecen cuando las plántulas crecen hasta 30-60 cm, entonces se marchitan, se tornan amarillas y mueren. Las especies mencionadas son: *Popillia japonica*, *Melolontha hippocastani*, *Melolontha melolontha*, *Melolontha vulgaris*, *Maladera holosericea* y *Heteronychus arator*.

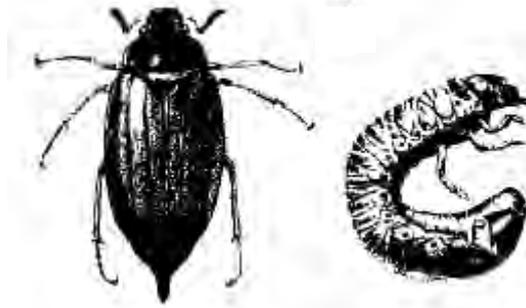


Fig. 31. Adulto e isoca de *Melolontha melolontha* (no a escala). Adaptado de: McPartland et al., 2000.

### 8.13. Gorgojos y picudos

Los curculiónidos (Curculionidae), conocidos como gorgojos y picudos, son una familia de coleópteros polívoros que usualmente se alimentan de vegetales (fitófagos), y se caracterizan por tener su aparato bucal masticador en el extremo de una probóscide o rostrum que puede ser relativamente masiva, o larga y estrecha, según las especies. Las antenas, de extremo mazudo, quedan resguardadas en unos surcos a lo largo de la probóscide. La construcción del cuerpo es masiva, pero el tamaño es generalmente pequeño cuando se comparan con otros escarabajos. Los adultos hacen pequeños hoyos o muescas, al alimentarse de las hojas o de sus bordes, respectivamente. Usualmente esos hoyos y muescas son rodeados por un halo clorótico. La mayoría de las larvas (isocas) se alimenta de la médula del tallo, causando una leve inflamación en la zona afectada, mientras que otras se alimentan de las raíces. Varios miembros de esta familia han sido reportados como plagas del Cannabis: *Ceutorhynchus rapae* (el más dañino), *Rhinoncus pericarpus*, *Ceutorhynchus pallidactylus*, *Ceutorhynchus pleurostigma*, *Ceutorhynchus quadridens*, *Ceutorhynchus roberti*, *Ceutorhynchus macula-alba*, *Ceutorhynchus sulcicollis*, *Gymnetron labile*, *Gymnetron pascuorum*, *Polydrosus sericeus*, *Sitona humeralis*, *Sitona lineatus*, *Sitona sulcifrons*, *Hypomeces squamous*, *Cyretipistonmus castaneus*, *Xanthopochilus faunas*, *Corigetus mandarinus*. También reportadas *Apion* spp., las que son llamadas escarabajos pero pertenecen a la familia Apiónidae.

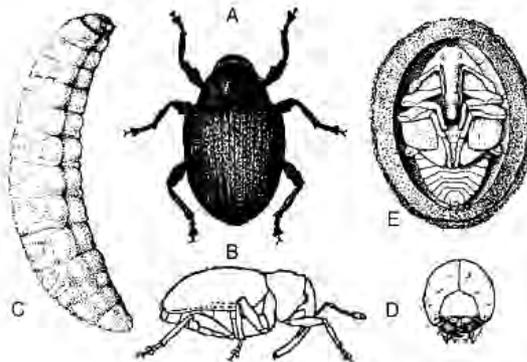


Fig. 32. Picudo del repollo, *Ceutorhynchus rapae* (no a escala). A. Adulto visto desde arriba; B. Adulto visto desde el costado; C. Isoca; D. Cabeza de isoca vista frontal; E. Pupa (Blatchley, 1916).

### 8.14. Otros insectos plaga

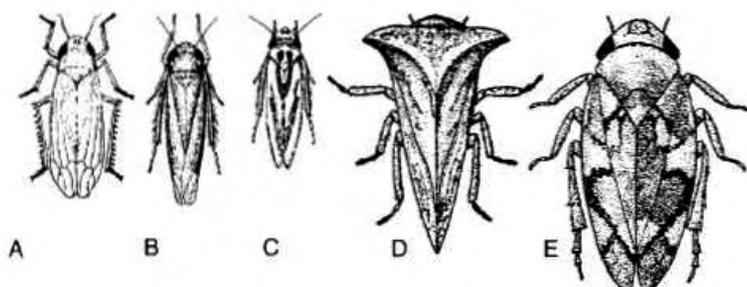
Entre las demás plagas del cultivo se destacan las isocas de otras especies de escarabajos (*Mordellistena micans*, *Mordellistena parvula*, *Anoplohora glabripennis*, *Agapanthia cynarae*, *Thyestes gebleri* y *Scirtes japonicus*), que se alimentan de raíces, tallos, hojas, peciolas y/o flores, dependiendo de la especie.

También se han reportado como plagas del Cannabis, especies del orden Hemiptera, entre las que se destacan: *Nezara viridula*, *Lygus lineolaris*, *Lygus apicalis*, *Lygus pubescens*, *Lygus arboreus*, *Lygus nairobiensis*, *Nysius ericae* y *Calocoris norvegicus*. Se alimentan succionando la savia y pueden dañar las flores.

Otros insectos labran galerías en el interior de las hojas y se los conoce como moscas minadoras de hojas, algunos de los reportados en Cannabis son especies de la familia Agromizidae del orden Diptera: *Liriomyza strigata*, *Phytomyza horticola*, *Agromyza reptans*, *Liriomyza eupatorii* y *Liriomyza cannabis*.

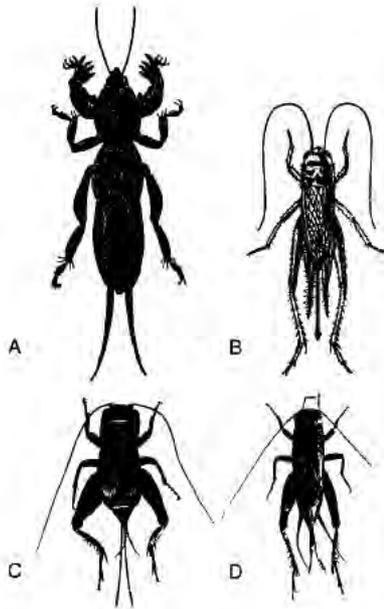
Los auquenorrincos (Auchenorrhyncha) son un suborden del orden Hemiptera, con las familias de Cicadidae, Cicadellidae, Membracidae, Fulgoromorpha, y la superfamilia Cercopoidea. Muchos de ellos han sido recolectados en Cannabis, pocos causan serio daño al alimentarse, pero pueden ocasionar pérdidas secundarias debido a la transmisión de virus. Raramente causan daño económico importante. Las más comunes halladas en cáñamo son: *Zygina pallidifrons*, *Empoasca fabae*, *Graphocephala coccinea*, *Empoasca flavescens*, *Empoasca uniprossicae*, *Philaenus spumarius*, *Philaenus spumarius*, *Stictocephala bubalus*, *Eurybrachys tomentosa*, *Geisha distinctissima*, *Ricania japonica*, *Stenocranus qiandainus* y *Bothrogonia ferruginea*.

Otros insectos que han sido reportados en cáñamo sin ocasionar pérdidas significativas son las cochinillas y sus parientes cercanos (p. ej.: *Pseudococcus longispinus*, *Icerya purchasi*, *Parthenolecanium corni* y *Saissetia coffeae*), algunas hormigas (*Solenopsis geminata*) y termitas (*Odontotermes obesus*), gusanos de la semilla (*Delia platura*) y de la raíz (*Delia radicum*), algunos acrididos (saltamontes



**Fig. 33.** Algunos Auquenorrincos reportados en Cannabis. A. *Empoasca flavescens*; B. *Empoasca fabae*; C. *Zygina pallidifrons*; D. *Stictocephala bubalus*; E. *Philaenus spumarius* (no a escala). Adaptado de: McPartland et al., 2000.

y langostas; p. ej.: *Melanoplus bivittatus*, *Chloealtis conspersa*, *Camnula pellucida*, *Zonocerus elegans*, *Dichroplus macuplipennis* y *Atractomorpha crenulata*), grillos (p. ej.: *Acheta domesticus*, *Gryllus desertus*, *Gryllus chinensis*), grillos topo (p. ej.: *Gryllotalpa gryllotalpa*, *Gryllotalpa africana*, *Gryllotalpa hexadactyla*), y hasta cucarachas (*Blattella germanica*).



**Fig. 34.** Grillos adultos. A. *Gryllotalpa hexadactyla*; B. *Acheta domesticus*; C. *Gryllus desertus*; D. *Gryllus chinensis* (no a escala). Adaptado de: McPartland et al., 2000.

### 8.15. Aves

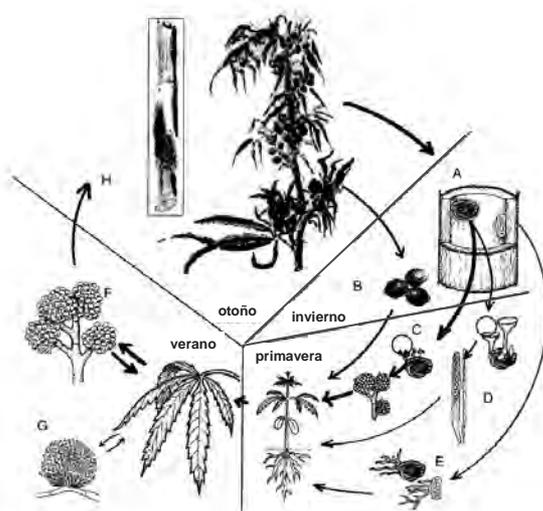
Muchas aves tienen un apetito voraz por las semillas de *Cannabis*, y pueden causar graves daños en cultivos maduros. Las semillas ingeridas pueden atravesar el tracto digestivo y germinar, si no fueron dañadas. Entre las especies reportadas como plagas del *Cannabis* se encuentran *Zenaidura macroura* (tórtola), *Colinus virginianus* (codorniz), *Passer montanus* (gorrión molinero), *Passer domesticus* (gorrión común), *Pica pica* (urraca), *Dendrocopos minor* (pica-palo europeo), *Phasiánus colchicus* (faisán común) y *Streptopelia turtur* (tórtola europea).

## 9. Principales enfermedades fúngicas

Aunque en la literatura aparecen más de 420 taxones patógenos de *Cannabis*, luego de un trabajo de revisión nombre por nombre, McPartland (1992) determinó que todos ellos sólo representaban 88 especies, y el resto eran sinónimos o no eran patógenos. Entre las especies mencionadas, las de mayor impacto económico se detallan a continuación.

### 9.1. Moho gris (*Botrytis cinerea*)

Se ha convertido en la enfermedad más común del *Cannabis*, afectando tanto al cáñamo como a la marihuana, en cultivos bajo techo o exteriores, además de afectar cientos de otros cultivos alrededor del mundo. El hongo prolifera con temperaturas frías a moderadamente templadas y con altos niveles de humedad. En climas con lloviznas frecuentes, como el marítimo, se producen picos de la enfermedad, alcanzando proporciones epidémicas y pudiendo destruir un cultivo de cáñamo en una semana (Barloy y Pelhate, 1962; Frank, 1988).

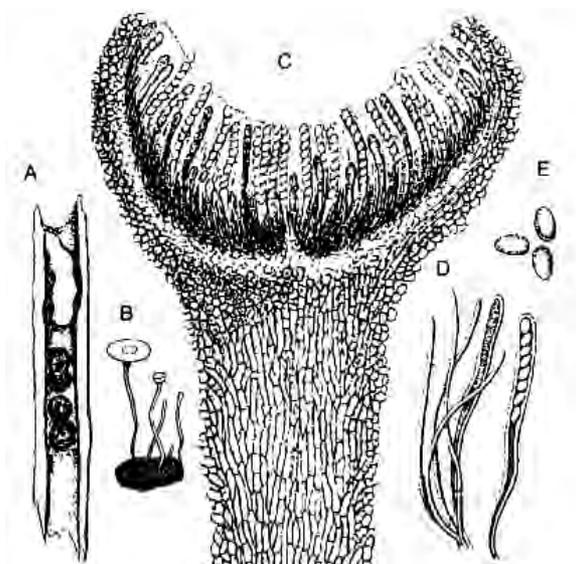


**Fig. 35.** Ciclo de la enfermedad del moho gris. A. Tejido del tallo con esclerocios e hifas latentes. B. Semillas contaminadas por el hongo. C. Esclerocio germinado. D. Apotecio con ascosporas. E. Hifas producidas por el esclerocio. F. Conidióforos con conidios. G. Microconidios. H. Planta madura afectada. Adaptado de: McPartland et al., 2000.

El moho gris ataca la planta en dos lugares, los racimos florales y los tallos. Las infecciones florales suelen ocurrir en cultivares usados para producir sustancias psicoactivas o semillas, dado que los grandes racimos florales femeninos retienen la humedad y favorecen el desarrollo de hongo. Las infecciones de tallo parecen más comunes en variedades para fibra (Patschke et al., 1997). El moho gris también puede infectar semillas, destruir plántulas y atacar las plantas luego de cosechadas.

## 9.2. Cancro del cáñamo (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Algunos la consideran el azote principal del cultivo de cáñamo (Rataj, 1957), mientras para otros es el segundo después del moho gris (Termorshuizen, 1991). Se han reportado daños en cultivos de Europa, América del Norte, Asia y Australia, registrando pérdidas de 40% de la producción (Hockey, 1927). Los síntomas aparecen generalmente ya avanzado el verano, sobre plantas totalmente desrolladas.



**Fig. 36.** *Sclerotinia sclerotiorum*. A. Esclerocios y micelio en cavidad del tallo; B. Esclerocio con apotecios; C. Corte transversal de un apotecio; D. Asca, paráfisis, y ascosporas; E. Acercamiento de tres ascosporas. Adaptado de: McPartland et al., 2000.

La enfermedad puede mostrarse en la parte inferior de las plantas o en los dos tercios superiores. Los primeros síntomas son lesiones húmedas en tallos y ramas, debajo de las cuales el tejido de la corteza colapsa, creando canchales color castaño claro. Cuando las condiciones son húmedas los tallos afectados son envueltos por micelio blanco. Puntos negros de tejido esclerótico aparecen sobre los canchales a finales de verano, o principios de otoño. Grandes esclerocios se forman dentro de la cavidad del tallo. Si la enfermedad ataca durante la floración, ésta usualmente cesa (Flachs, 1936). Las plantas se mantienen en esas condiciones o se marchitan y caen.

## 9.3. Marchitamiento fúngico (*Damping off*)

Al menos dos especies de *Pythium* causan esta enfermedad a plántulas de cáñamo, *Pythium aphanidermatum* y *Pythium ultimum*, aunque se han registrado también ataques a plantas maduras en chacras (Frezzi, 1956) y sistemas hidropónicos (McEno, 1991). Ninguna especie de *Phytophthora*, sin embargo ha sido

registrada como patógeno del Cannabis, probablemente debido a la demostrada habilidad de la planta para inhibir el desarrollo de este hongo (Israel, 1981; Krebs y Jäggi, 1999).

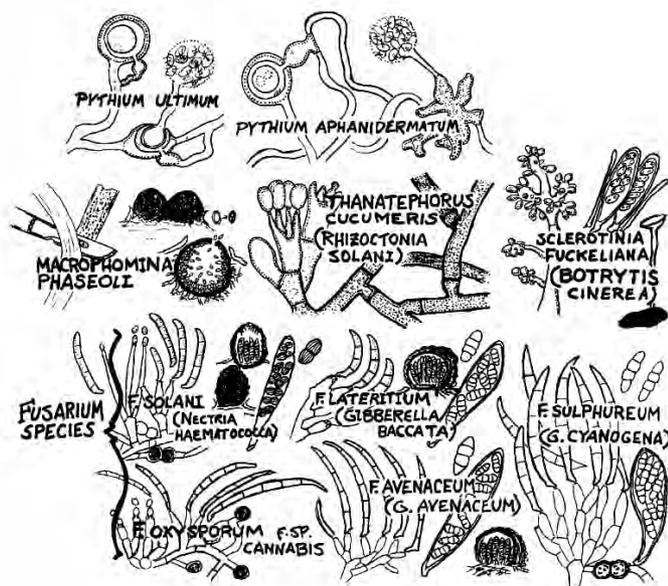


Fig. 37. Diez organismos que causan marchitamiento a plántulas de Cannabis (no a escala). Fuente: McPartland et al., 2000.

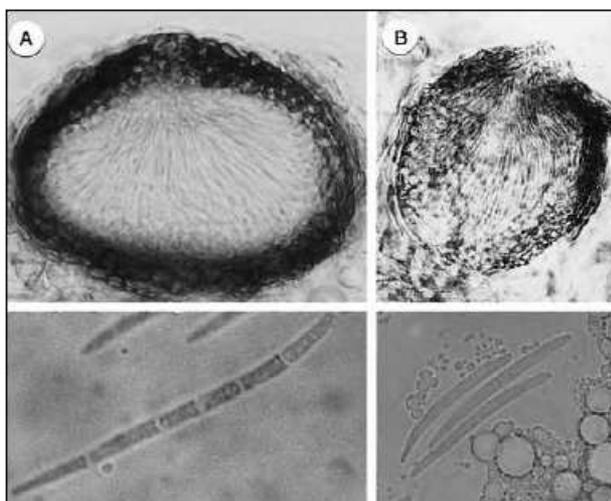
Otros hongos que también pueden ocasionar marchitamiento de plántulas en Cannabis son: Botrytis cinerea, Macrophomina phaseolina, Rhizoctonia solani y varias especies de Fusarium; aunque generalmente atacan plantas adultas.

El marchitamiento puede ocurrir previo a la emergencia, cuando las semillas o las plántulas mueren antes de emerger, o posterior a ella. Las plántulas emergidas atacadas por el hongo, generalmente presentan una coloración marrón de la raíz a nivel de suelo, luego se marchitan y vuelcan. En plántulas con mayor crecimiento (con hasta ocho pares de hojas verdaderas) el crecimiento se detiene, las hojas se tornan amarillo pálido, luego la planta se marchita y finalmente vuelca (Kirchner, 1906).

#### 9.4. Septoriosis

Esta enfermedad ocasiona pequeñas lesiones que aparecen en las hojas inferiores primero, luego se agrandan y adquieren formas poligonales irregulares, cuyos bordes quedan parcialmente delimitados por las nervaduras. Las lesiones pueden ser de color blanco, amarillo, ocre o marrón grisáceo, y a veces tienen perímetros castaño rojizos. Dentro de las manchas se desarrollan pequeños picnidios, siempre en el haz de la hoja (lado que da hacia arriba), que liberan los conidios que provocan las infecciones secundarias. Con el tiempo las lesiones se secan y fragmentan, dejando hoyos rasgados en las hojas. Dado que la fotosíntesis es el motor del rendimiento del cultivo, la pérdida de área foliar ocasionada por esta

enfermedad puede reducir los rindes de fibra, semilla y flores. En infecciones severas las hojas se arrugan, marchitan, y caen prematuramente, desfoliando la parte inferior de las plantas. Aunque lo más común es que la enfermedad ataque las hojas inferiores, también se han registrado ataques en las hojas superiores, en los tallos y en los cotiledones de pequeñas plántulas. Al menos dos especies de *Septoria* causan la enfermedad, ellas son: *Septoria cannabis* y *Septoria neocannabina*.



**Fig. 38.** Dos especies de *Septoria*. A. Picnidio seccionado y conidio de *S. cannabis*; B. Picnidio seccionado y conidios de *S. neocannabina*. Fuente: McPartland et al., 2000.

### **9.5. Podredumbre de raíz y tallo (*Rhizoctonia solani*)**

Esta enfermedad ha sido descrita en cultivos de cáñamo y de marihuana en Europa e India. La severidad de la enfermedad varía desde leve a severa. Los síntomas comienzan con raíces manchadas, usualmente no detectadas, seguidas de clorosis de hojas y luego marchitamiento. Un manchado marrón oscuro avanza desde la raíz hasta la base del tallo, y varios cm de tallo se pudren y se ven destruidos. Cuando las plantas afectadas son jóvenes (<3 meses de edad) vuelcan y mueren en un período de seis a ocho semanas. Plantas con más de tres meses puede que logren sobrevivir. Pequeños esclerocios negros a veces aparecen en la zona destruida del tallo. Ocasionalmente un tapiz pálido de basidiosporas se forma alrededor de la base del tallo.

### **9.6. Mancha marrón de la hoja y cancro del tallo**

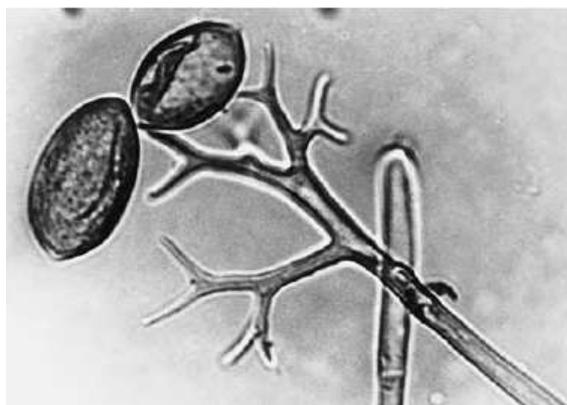
Varias especies de *Phoma* y *Asochyta* causan esta enfermedad en todo el mundo, y compiten con la septoriosis por ser el problema sanitario más común de los cultivos de cáñamo en Europa. A veces ambas enfermedades aparecen en la misma planta, y ambas afectan el área foliar, con la consiguiente merma en

rendimientos de semillas, fibra o flores. Los síntomas comienzan como pequeñas manchas marrones en las hojas inferiores, de formas circulares o con bordes rectos a lo largo de las nervaduras. Tienen 5 mm de diámetro en promedio, pero pueden alcanzar hasta 15 mm. Pequeños picnidios negros pueden crecer diseminados sobre las manchas. Dos de los hongos que producen la enfermedad subsecuentemente desarrollan diminutos pseudotecios. Las manchas más viejas a menudo se rompen o sueltan, dejando pequeños agujeros circulares en las hojas. Los canchales del tallo comienzan como manchas cloróticas que rápidamente se tornan grises o marrones, se alargan y en sus superficies desarrollan pseudotecios del hongo. Las plantas enfermas se atrofian, y son aproximadamente 30 cm más bajas que las sanas.

Entre las especies que causan la enfermedad se han registrado las siguientes: *Phoma cannabis*, *Ascochyta arcuata*, *Phoma exigua*, *Phoma glomerata*, *Phoma herbarum*, *Phoma piskorzii*, *Ascochyta prasadii*, *Ascochyta cannabina* y *Phoma nebulosa*.

### 9.7. Mildiu

El mildiu ataca desde plantas medianamente desarrolladas hasta plantas maduras, se encuentra en todos los continentes (excepto Antártida) y ha sido propuesto por investigadores para destruir las plantaciones clandestinas de *Cannabis* en Colombia y Jamaica (McCain y Noviello, 1985). La enfermedad comienza con manchas amarillas en las hojas, de forma angular y tamaño irregular, limitadas por las nervaduras. En el envés de la hoja, en el interior de las manchas y desde los estomas el hongo emerge para esporular. El crecimiento del micelio en el envés de las hojas, se observa mejor por la mañana, cuando las hojas aún están mojadas por el rocío. Las lesiones crecen rápidamente y las hojas afectadas se contraen, necrosan y caen. Esto puede suceder a plantas y cultivos enteros. Existen dos organismos registrados como agentes causales de la enfermedad: *Pseudoperonospora cannabina* y *Pseudoperonospora humuli*.



**Fig. 39.** Esporangio y esporangióforos de *Pseudoperonospora cannabina*. Fuente: McPartland et al., 2000.

### **9.8. Cancro del tallo por *Fusarium***

Muchas especies de *Fusarium* son patógenas de *Cannabis*, provocando diferentes enfermedades; una de ellas es conocida como cancro del tallo. Esta enfermedad ataca desde mitad hasta finales de zafra, sus primeros síntomas son lesiones húmedas en la epidermis, seguidas por clorosis y necrosis de la corteza. Los tallos suelen inflamarse en la zona afectada, creando canchales fusiformes que suelen rajarse. Las hojas en los tallos afectados se marchitan y necrosan, sin caer de las plantas. Los canchales rara vez circundan el tallo, pero si lo hacen, todas las hojas superiores se marchitan y mueren. Cuando se hace un corte en un cancro abierto, suele observarse una coloración rojo amarillada.

Entre las seis especies reportadas como causantes de la enfermedad sólo dos han sido regularmente aisladas. Las seis especies mencionadas son: *Fusarium sulphureum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium lateritium*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium avenaceum* y *Fusarium culmorum*.

### **9.9. Podredumbre radicular o del pie (*Fusarium solani*)**

El organismo causal está distribuido en todo el mundo y al afectar *Cannabis* puede provocar cancro del tallo en lugar de podredumbre radicular (Wollenwerber, 1926).

El ataque comienza en las raíces, donde el patógeno ingresa generalmente por lesiones ocasionadas por otros organismos. Las raíces se ponen rojas, necróticas y se pudren. La pudrición se extiende hacia arriba, y aparecen los primeros síntomas visibles en chacra, cuando el tallo se vuelve marrón en la línea del suelo, y la planta se marchita en forma parcial o sistémica. Según Zelenay (1960) y Barloy y Pelhate (1962), esta enfermedad derriba plantas en todos los estadios de desarrollo, incluso plántulas.

### **9.10. Marchitamiento por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*)**

El patógeno que causa esta enfermedad es un habitante del xilema, en lugar de un patógeno de la corteza como las especies antes mencionadas. Causa el marchitamiento porque bloquea el pasaje del agua a través de los tejidos conductores de la planta. También puede causar marchitamiento en plántulas, como se describió anteriormente (ver 9.3).

Los síntomas aparecen como pequeñas manchas irregulares y oscuras en las hojas basales, que pronto se vuelven cloróticas. Los síntomas de marchitez comienzan con las puntas de las hojas enrollándose hacia arriba. Luego se secan, tomando un color amarillo bronceado y cuelgan de las plantas sin desprenderse. Los tallos también toman un color amarillo bronceado, y si se los corta el xilema presenta una coloración rojo amarillada. Externamente, las raíces no muestran síntomas. Las plantas que mueren pueden quedar parcialmente envueltas en un micelio blanco rosáceo, mientras que las que sobreviven quedan atrofiadas. Se han

reportado dos formas especiales del hongo que provocan la enfermedad, ellas son *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *cannabis*.

### **9.11. Mildiu polvoriento**

El mildiu polvoriento es una enfermedad típica de regiones templadas y subtropicales. Los primeros síntomas de la infección incluyen ampollas en la superficie del haz de las hojas, desde donde crece el micelio del hongo. El mildiu puede permanecer aislado en pústulas irregulares o coalescer sobre toda la hoja, las que pronto parecen haber sido espolvoreadas con harina. Las plantas enfermas permanecen vivas, o senescen prematuramente, quedando primero amarillas, luego marrones y muriendo finalmente. Si se permite que la enfermedad avance, se desarrollan pecas negras (cleistotecios) en el micelio del hongo. Se conocen dos organismos causantes de este mal: *Spharotheca macularis* y *Leveillula taurica*.

### **9.12. Podredumbre carbonosa (*Macrophomina phaseolina*)**

La podredumbre carbonosa ataca plantas que se acercan a madurez, por ello algunos investigadores la llaman “marchitez prematura”. El organismo causal también causa marchitamiento en plántulas (ver 9.3). El hongo está disperso por todo el mundo y causa enfermedades a más de 300 especies vegetales. El maíz es un hospedero particularmente susceptible. Cuando se enferman, las plantas de cáñamo desarrollan una clorosis sistémica, luego rápidamente se marchitan, necrosan y mueren. Todo esto sucede muy rápidamente. La médula que rodea la cavidad del tallo queda salpicada con pequeños esclerocios negros. *Fusarium* y *Verticillium* pueden causar los mismos síntomas de marchitez, pero no producen esclerocios. Los esclerocios de *Macrophomina phaseolina* (microesclerocios) son bastante más pequeños que los producidos por *Sclerotinia sclerotiorum* o *Sclerotium rolfsii*.

### **9.13. Mancha oliva de la hoja o *Cercosporiosis***

Esta enfermedad a sido reportada en *Cannabis* alrededor del mundo, y es provocada por dos patógenos: *Pseudocercospora cannabina* y *Cercospora cannabis*. Estos hongos producen manchas marrones en el haz de las hojas, pero son de color oliva en el envés. El color oliva lo da el hongo mismo, cuyo micelio aterciopelado crece en el lado inferior de las hojas. Hojas enteras pronto se marchitan, arrugan y caen; sobre todo cuando las temperaturas son más altas en la zafra. Las plantas que sobreviven se atrofian y merman significativamente sus rendimientos. Las manchas ocasionadas por uno de los patógenos, *Cercospora cannabis* usualmente son pequeñas y circulares, rara vez crecen hasta los márgenes de las nervaduras, lo que provoca bordes rectos y formas mas o menos rectangulares. El micelio que este hongo produce en el envés de la hoja, es de un color amarillo amarronado en lugar de oliva. El otro hongo, *Pseudocercospora cannabina* sin embargo, produce grandes manchas irregulares, delimitadas por las nervaduras en principio, pero eventualmente coalescen con otras manchas. Su micelio es marrón oliváceo oscuro y crece efusivamente por todo el envés de la hoja. En ocasiones produce conidios en el haz de la hoja también.

### **9.14. Tizón marrón o Alternariosis**

Cuatro hongos han sido reportados como causantes del mal: *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Alternaria longipes* y *Alternaria cheiranthi*. Uno de ellos, *Alternaria alternata*, infecta las plantas como un saprófito oportunista en el tejido necrótico, y como un patógeno primario en las flores femeninas. A consecuencia de ese tipo de ataque, se han reportado mermas en rendimiento de semillas de hasta 46% (Haney y Kutsheid, 1975). También pudre los tallos luego de cosechados, y hasta destruye productos de cáñamo terminados.

Usualmente ataca plantas maduras tarde en la zafra. Empieza formando lesiones verde pálidas o grisáceas en las hojas, de forma circular irregular, con o sin halo clorótico dependiendo de la especie del patógeno. Las manchas suelen coalescer dando el síntoma de tizón, mientras la totalidad de la hoja se vuelve marrón. La cara inferior de las manchas puede desarrollar zonas de anillos concéntricos (especialmente si son causadas por *Alternaria solani*). El tejido necrosado se rompe, y da como resultado perforaciones irregulares en las hojas. Las lesiones pueden abarcar los pecíolos y los tallos, como así también puede atacar las flores femeninas (y las semillas) cambiando su color a gris amarronado.

### **9.15. Mancha de la hoja y el tallo por *Stemphylium***

Las lesiones en las hojas se forman como manchas color castaño claro, con márgenes oscuros, de formas irregulares y delimitadas por las nervaduras. Crecen hasta alcanzar 3 a 10 mm en diámetro, desarrollan anillos concéntricos, y coalescen. La enfermedad puede dispersarse hacia los pecíolos y tallos. Conidios del hongo (raramente peritecios y ascosporas) se desarrollan en el tejido necrótico de la planta.

Dos especies del hongo han sido reportadas como causantes de la enfermedad, ellas son: *Stemphylium botryosum* y *Stemphylium herbarum*.

### **9.16. Tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*)**

La enfermedad se presenta con el clima cálido del verano, atacando plantas maduras que se marchitan súbitamente y se tornan amarillas. La marchitez sistémica y la clorosis de las hojas progresan hacia necrosis de las hojas y muerte de la planta. Las bases de los tallos se pudren, quedando marrones y macerados. Las lesiones marrones y hundidas del tallo generan esclerocios luego de muerta la planta. En ocasiones, un tapiz marrón pálido de hifas se irradia desde la base del tallo, sobre la superficie del suelo.

Los síntomas de esta enfermedad pueden ser confundidos con los que produce *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina* o *Rhizoctonia solani*. Los esclerocios de *S. sclerotiorum* y *R. solani* son más grandes y menos simétricos que los de *S. rolfsii*; mientras que los de *M. phaseolina* son más pequeños e irregulares.

Los canchros causados por las especies de *Fusarium* también se pueden confundir con los síntomas del tizón sureño, aunque ellos no desarrollan esclerocios.

**9.17. Tizón de la ramita**

Esta enfermedad ha sido reportada en Europa, Asia, Norte América y América del Sur. Los ataques son más virulentos cuando los cultivos se encuentran en situaciones de stress hídrico. Se han reportado pérdidas, en el estado de Virginia (EUA) de hasta un 95% (Charles y Jenkins, 1914). Infecciones secundarias de otros patógenos (*Fusarium* y *Alternaria alternata*) suelen ocurrir a plantas con esta enfermedad.

El tizón de la ramita aparece generalmente tarde en la zafra, dejando las hojas mustias y marchitas. El follaje marchito se torna marrón y muere, pero queda adherido a las plantas. Los síntomas primero aparecen en el follaje de las puntas de las ramas jóvenes (por eso el nombre), pero en dos semanas toda la planta se marchita y muere. Sobre los tallos de las plantas enfermas se pueden observar pequeñas manchas grises (6-12 mm largo x 2-6 mm ancho), que luego se oscurecen y generan pequeños picnidios de color negro o pseudotecios. Las manchas continúan creciendo aún luego de cosechadas las plantas.

Dos especies han sido encontradas causantes del mal, ellas son: *Dendrophoma marconii* y *Botryosphaeria marconii*.

**9.18. Otras enfermedades provocadas por hongos**

Existen además de las antes descritas, más de setenta enfermedades fúngicas reportadas. Por tener menor impacto económico y ser menos frecuentes, sólo listaremos algunas de ellas.

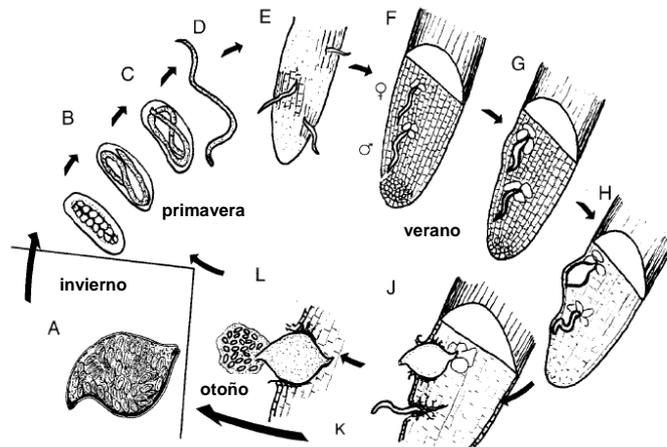
<u>Patógeno</u>	<u>Enfermedad</u>
<i>Schiffnerula cannabis</i> .....	Mildiu negro
<i>Trichotecium roseum</i> .....	Podredumbre rosada
<i>Cladosporium herbarum</i>	
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	
<i>Cladosporium tenuissimum</i>	
<i>Cladosporium resinae</i> . .....	Cancro del tallo
<i>Colletotrichum coccodes</i>	
<i>Colletotrichum dematium</i> . .....	Antracnosis
<i>Verticillium dahliae</i>	
<i>Verticillium albo-atrum</i> .....	Marchitamiento por <i>Verticillium</i>

*Aecidium cannabis*  
*Uredo kriegeana*  
*Uromyces inconspicuus* ..... Royas

### 10. Enfermedades provocadas por nemátodos

Existen otros patógenos causantes de enfermedades en cáñamo, entre ellos los nemátodos pueden ser especialmente dañinos. La mayoría ataca las raíces afectando a la planta toda. Los daños mayores son producidos en zonas cálidas, de veranos largos e inviernos cortos y suaves. Los síntomas que se observan en las partes aéreas de las plantas no son específicos. La planta se atrofia, presenta una clorosis similar a la que genera la deficiencia de nitrógeno, y se marchita al mediodía y recupera durante la noche. Estos síntomas son usualmente confundidos con los que provoca la sequía o el déficit de minerales, y aparecen en manchones dispersos en la chacra, no generalizados, mezclados con plantas sanas en su periferia. Los síntomas subterráneos son más distintivos, y pueden ser observados a simple vista, o ayudándose con una lupa. Entre los nemátodos que se han reportado atacando las raíces del cáñamo están: *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne javanica* (los tres causan agallas en las raíces), *Heterodera schachtii*, *Heterodera humuli* (ambos desarrollan quistes en las raíces), *Ditylenchus dispaci* (no vive en la raíz, sino que se alimenta del parénquima del tallo), *Pratylenchus penetrans* (se alimenta de la raíz, la daña y otros organismos la pudren) y *Paralongidorus maximus* (se alimenta en la punta de las raíces, dañándolas y perjudicando el desarrollo radicular).

56



**Fig. 40.** Ciclo de la enfermedad de *Heterodera schachtii*. A. Los huevos sobreviven en quistes durante el invierno; B. Los huevos producen larvas en el primer estado; C. Luego mudan al segundo estado mientras aún se encuentran en los huevos; D. Las larvas en el segundo estado nacen en primavera; E. Las larvas en el segundo estado invaden las raicillas; F-H. Luego de varias mudas, las hembras llegan a ser más voluminosas que los machos; J. Las hembras eventualmente rompen las raíces, y sus partes posteriores quedan expuestas al suelo; K. Los machos salen de la raíz para inseminar a las hembras expuestas; L. Durante la zafra, las hembras ponen hasta 500 huevos en una masa gelatinosa, y el ciclo se repite; A. En otoño, las hembras no ponen huevos, mueren y sus cutículas se endurecen, formando quistes llenos de huevos. Adaptado de: McPartland et al., 2000.

## 11. Enfermedades provocadas por virus

De los aproximadamente 1200 virus que pueden infectar plantas, sólo cinco han sido reportados infectando Cannabis, esto quizás se deba a su contenido de THC, el cual tiene la capacidad de inactivar virus (Blevins y Domic, 1980; Lancz et al., 1990, Lancz et al., 1991). Además de THC, Cannabis contiene terpenos (limoneno,  $\alpha$ -pineno) y flavonoides (apigenina, luteonina, quercetina) con actividad antiviral (Che, 1991).

Los virus que atacan al cáñamo, rara vez matan la planta, sin embargo pueden causar graves síntomas y afectar el rendimiento. Una vez adquiridos, los virus son casi imposibles de erradicar, invaden todas las partes de la planta, incluso las semillas y el polen, lo que les permite multiplicarse a través de generaciones del hospedero. Los principales vectores de infección viral son los insectos, que los trasladan de planta a planta. Según Ceapoiu (1958), los peores vectores son: *Phorodon cannabis* (pulgón del cáñamo), *Myzus persicae* (pulgón verde del duraznero), *Trialeudodes vaporariorum* (mosca blanca) y *Thrips tabaci* (trips de la cebolla).

Los cinco virus que infectan Cannabis reportados hasta la fecha son: Hemp Streak Virus (HSV), Alfalfa Mosaic Virus (AMV), Cucumber Mosaic Virus (CMV), Arabis Mosaic Virus (ArMV) y Hemp Mosaic Virus (HMV).

## 12. Enfermedades provocadas por bacterias y fitoplasmas

Se han encontrado sólo cuatro especies de bacterias (una de ellas dividida en cuatro patovarietades) que provocan enfermedades en Cannabis, si bien ha habido reportes de muchas otras, han sido confundidas con patógenos cuando en realidad eran bacterias del enriado o vivían en simbiosis con la planta.

### 12.1. Tizón bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *cannabina*)

Puede afectar plantas de cualquier edad, comenzando con la formación de pequeñas manchas húmedas en las hojas. Luego las manchas se agrandan, a lo largo de las nervaduras (raramente las cruzan) y se tornan marrones o grises. El tejido muerto se resquebraja dejando la hoja con perforaciones. También se pueden formar lesiones en el tallo. Las plantas afectadas quedan raquílicas y deformes.

### 12.2. *Striatura Ulcerosa* (*Pseudomonas syringae* pv. *mori*)

Esta enfermedad ataca plantas adultas, comenzando como lesiones cerosas ovales de color gris oscuro, que crecen a lo largo de los tallos. Estas lesiones raramente circundan más de la mitad de la circunferencia del tallo, pero pueden tener hasta 10 cm de largo. Pequeñas pústulas (1-2 x 2-3 mm) aparecen en las lesiones, repletas de una secreción amarilla mucilaginosa compuesta de bacterias. Al romperse estas pústulas destrozan la epidermis, y nuevas pústulas crecen alrededor de sus restos.

### **12.3 Tizón por *Xanthomonas* (*Xanthomonas campestris* pv. *cannabis*)**

Esta bacteria produce un polisacárido extracelular mucilaginoso, conocido como goma xantana, que bloquea el xilema e interrumpe el flujo de los fluidos en la planta. La sintomatología es muy similar a la del tizón bacteriano descrito anteriormente.

### **12.4. Fuego salvaje y Mancha foliar de Wisconsin**

Estas dos enfermedades son difíciles de distinguir de los tizones y entre ellas. Los síntomas comienzan en las hojas inferiores y se dispersan rápidamente en clima húmedo. Las manchas húmedas se vuelven pequeñas lesiones necróticas rodeadas por halos cloróticos, que pueden coalescer y formar áreas necróticas irregulares. Alternativamente, las lesiones foliares pueden crecer y transformarse en manchas angulares sin halos, limitadas por las nervaduras. Las hojas afectadas quedan retorcidas y deformes.

El fuego salvaje (wildfire en inglés) es provocado por *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*; mientras que el agente causal de la mancha foliar de Wisconsin es *Pseudomonas syringae* pv. *mellea*.

### **12.5. Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*)**

El organismo causal ataca 643 especies pertenecientes a 331 géneros de plantas dicotiledóneas alrededor del mundo. Las monocotiledóneas y gimnospermas raramente son afectadas. Los síntomas aparecen dos semanas después de producida la infección. Se trata de crecimientos anormales, tipo cáncer, de color beige, y superficie granular. Estas agallas esféricas se forman en el tallo sobre la línea del suelo (corona) o crecen en las raíces por debajo; pero raramente se observan creciendo en la parte aérea del tallo, y muy pocas veces exceden los 10 mm de diámetro. La agalla de la corona atrofia las plantas pero no suele matarlas.

### **12.6. Marchitez bacteriana (*Erwinia tracheiphila*)**

Los síntomas de esta enfermedad comienzan como manchas verde opacas en las hojas, seguidas por marchitez súbita y necrosis de las hojas y tallos. Algunas plantas presentan un marchitado incipiente, mientras que otras sufren un marchitado total y mueren. Las plántulas son especialmente susceptibles. Cuando se hace un corte a un tallo afectado, se puede observar que exuda un fluido altamente viscoso compuesto por esta bacteria, que normalmente crece en el sistema vascular de las cucurbitáceas (pepino, melón, zapallo, etc.).

### **12.7. Fitoplasmas**

Los fitoplasmas son parásitos obligados, y sólo puede sobrevivir en el interior de las plantas huéspedes. Son considerados formas intermedias entre las entidades

virales y las bacterias. Son organismos de dimensiones similares a los virus y en consecuencia, como los virus, muchos de ellos atraviesan los filtros bacteriológicos. Se diferencian de las bacterias porque no poseen pared celular y esto les lleva a asumir formas muy variadas. Poseen, sin embargo, una membrana de naturaleza proteico-glucídica y lipídica. No tienen un núcleo verdadero aunque contengan más DNA que RNA.

Su reproducción, aún no es bien conocida, pero se cree que es similar a la de las bacterias (fisión binaria). No son cultivables in vitro. Se desarrollan provocando enfermedades en las plantas localizándose en el floema. Son transmitidos a las plantas por los insectos dotados de aparato bucal pungente succionador (hemípteros).

Los fitoplasmas invaden la vía floemática de la planta dando lugar a síntomas de arrugamiento foliar y en algunos casos llegan a necrosar las hojas.



## II. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL PAÍS

Para definir las áreas con climas más aptos para determinados cultivos, es necesario conocer el comportamiento de las variables climáticas a lo largo del tiempo. La Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA ha realizado una caracterización agroclimática preliminar (sujeta a modificaciones) del Uruguay (Castaño et al, 2010). El trabajo consiste en la recopilación, generación y análisis de variables agroclimáticas, caracterizando su comportamiento en base a registros y estadísticas del período 1980 – 2009. Este estudio de la climatología uruguaya analiza las observaciones climáticas más relevantes para la producción agropecuaria tales como la temperatura del aire, las precipitaciones, la insolación (heliofanía), la humedad relativa del aire y la ocurrencia de heladas. A continuación se detallan los resultados principales de dicho estudio.

### 1. Temperatura del aire

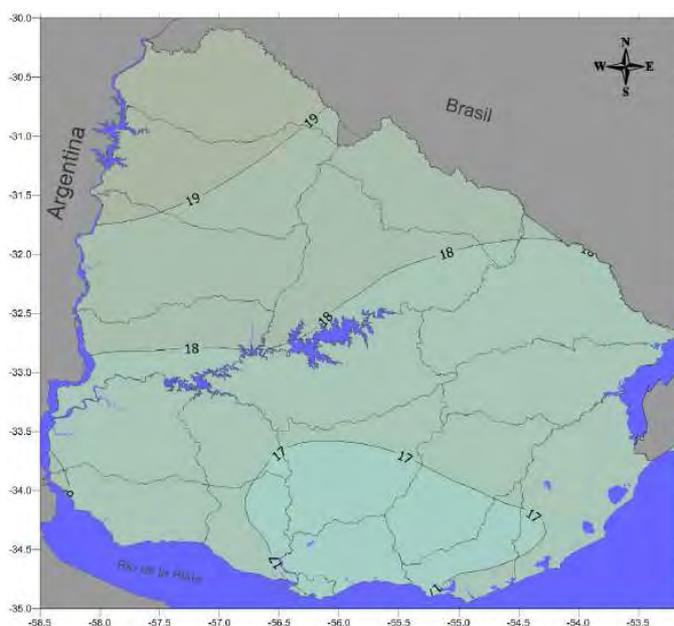


Fig. 41. Temperatura (°C) media anual (1980-2009).

La temperatura media del país varía en un rango de 16,6 a 19,8 °C, registrando las mínimas en la costa sur, y las máximas en la zona noreste; con una media anual de 17,7 °C. La orientación de las líneas isoterma, en general es de sur a noreste (ver Fig. 41).

Dependiendo de la región, los valores mayores de temperaturas medias se registran en los meses de enero y febrero, mientras que los valores mínimos lo hacen en junio y julio. Las temperaturas máximas del aire tienen un promedio de 22,6 °C a nivel nacional, mientras que para las mínimas, la media nacional es de 12,9 °C (Fig. 42).

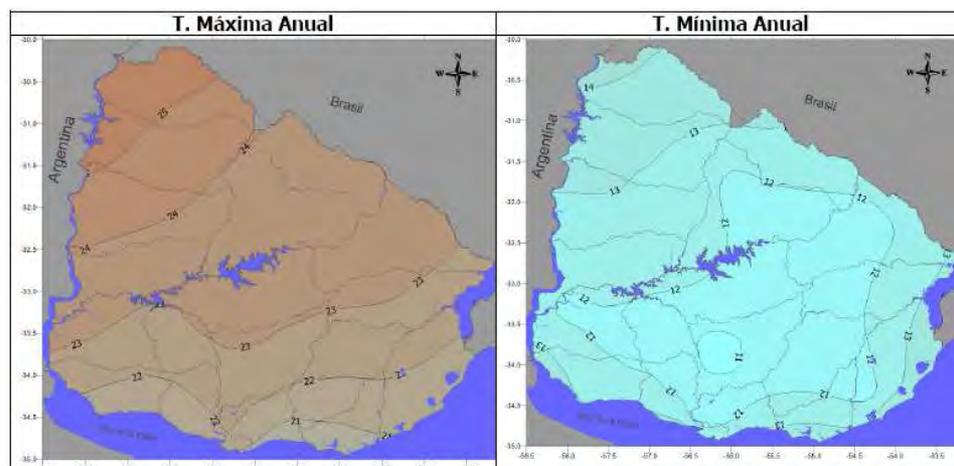


Fig. 42. Temperatura (°C) máxima y mínima media anual (1980-2009).

Se observa un gradiente de sur a norte de unos 5 °C para las temperaturas máximas y medias, y de unos 4 °C para las mínimas. En los departamentos del centro-sur del país, existe un núcleo frío, donde se registran las temperaturas mínimas medias anuales, y posee particular importancia en los meses de invierno.

El estudio también revela que el mes más cálido es enero, con temperaturas medias de 24 °C, máximas de 29,6 °C y mínimas de 18,5 °C.

Por otra parte, el análisis determina que julio es el mes más frío, registrando temperaturas medias de 11,6 °C, máximas de 15,8 °C y mínimas de 7,3 °C.

## 2. Precipitaciones

En Uruguay llueven anualmente entre 1200 y 1600 milímetros (mm). La zona suroeste del país es la que registra menores valores de precipitación acumulada anual, y la zona noreste la que registra los valores más altos (Fig. 43).

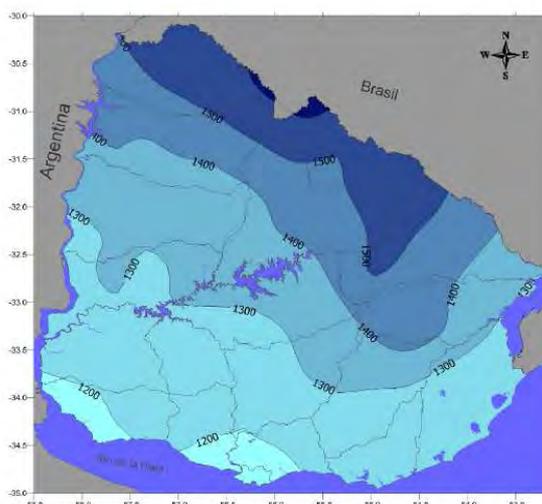


Fig. 43. Precipitaciones acumuladas (mm) medias anuales (1980-2009).

Por sus características el régimen de precipitaciones puede ser descrito como marítimo en la región sureste y este (litoral atlántico y cuenca de la Laguna Merín), y el resto del país como una zona de transición entre lluvias de carácter marítimo y lluvias veraniegas continentales. Estas dos características provocan un ciclo anual con una doble estación lluviosa sobre el país, con picos de precipitación en otoño (máximo principal) y primavera (máximo secundario), y mínimos en invierno (principal, excepto en el este y sureste) y mitad del verano (mínimo secundario).

Los gradientes observados en la distribución espacial de las precipitaciones a lo largo del año, cambian de orientación según la estación. En invierno se observa un gradiente este-oeste, que rota a una alineación casi sur-norte en los meses de verano (Fig. 44).

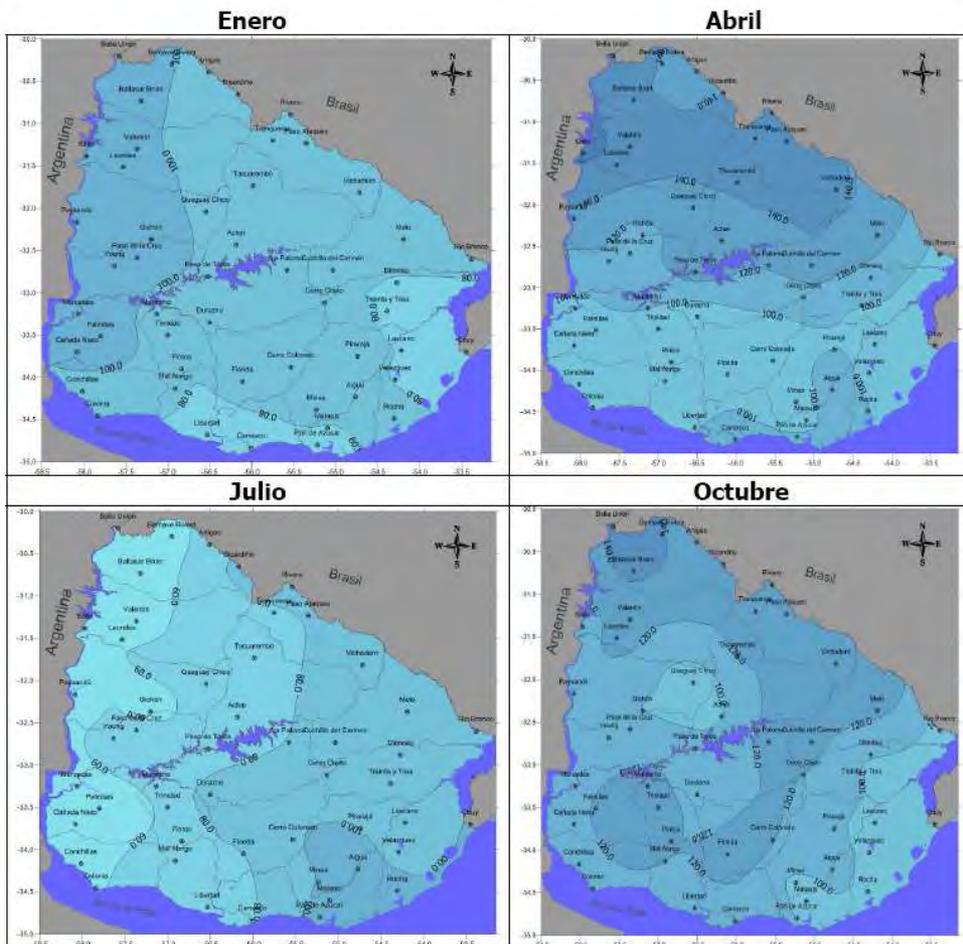


Fig. 44. Precipitaciones acumuladas (mm) mensuales en enero, abril, julio y octubre (Mediana 1980-2009).

Según los registros, no se puede definir con claridad una estación seca, ni una lluviosa; como tampoco se pueden predecir valores mensuales de precipitación en un año particular, pues los registros suelen presentar desvíos considerables de los promedios, mostrando una gran variabilidad interanual.

### 3. Humedad relativa

La humedad relativa media anual del país oscila entre 70% y 78%, mostrando un gradiente en la dirección noroeste-sureste, zonas éstas donde presenta sus mínimos y máximos, respectivamente (ver fig. 45).

Durante el año, los valores promedio varían según la estación, con mínimos estivales de entre 65 y 75%, y máximos invernales de entre 76 y 80%. En primavera y otoño los valores se ubican entre 72 y 78%. La variabilidad de los datos históricos interanuales es baja, siendo un poco más alta en verano y un poco más baja en invierno.

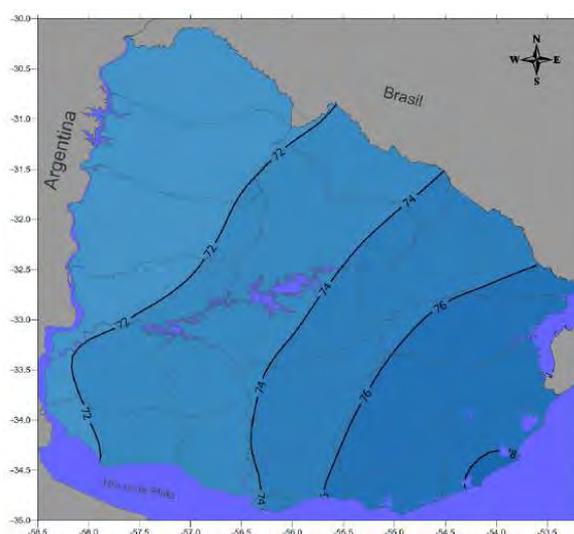


Fig. 45. Humedad Relativa (%) media anual (1980-2009).

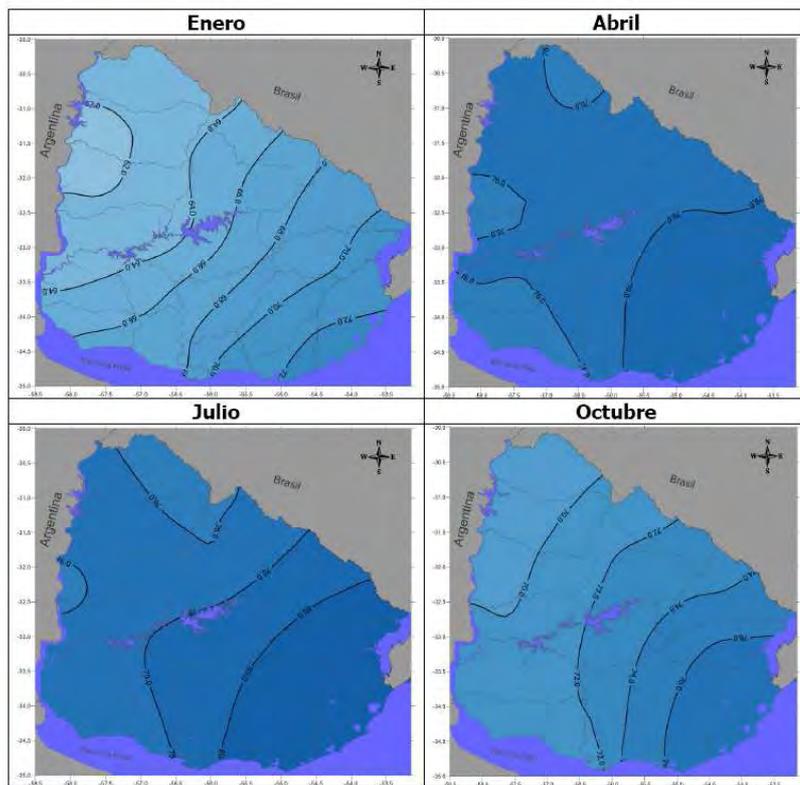


Fig. 46. Humedad Relativa (%) promedio mensual en enero, abril, julio y octubre (medianas 1980-2009).

#### 4. Heliofanía real

La heliofanía real o efectiva se define como la cantidad de horas y décimos de horas de brillo solar en un lugar determinado, considerando los fenómenos atmosféricos que puedan ocurrir, principalmente la nubosidad. La variación que presenta la media de esta variable en el área del país es mínima, mostrando una tendencia creciente en dirección sureste-noroeste. La media diaria promedio se ubica en 7 horas, con sus valores máximos en Rocha y sus mínimos en Salto y Artigas.

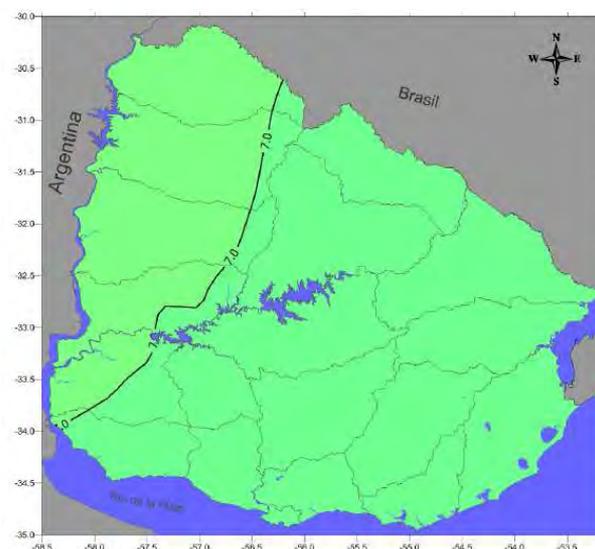


Fig. 47. Heliofanía real (horas/día) media anual (1980-2009).

Si se observa la variación en el año, la heliofanía real máxima se registra en enero (9,0 a 9,5 hs/día) y disminuye hacia el invierno debido a la variación natural de la insolación astronómica, cuando alcanza su mínimo (5,0 a 5,5 hs/día) en el mes de julio. Si bien la variable presenta una distribución espacial homogénea en la región, una menor nubosidad y humedad relativa, acompañadas de una mayor insolación astronómica (por su menor latitud) en la zona noroeste del país, hacen que sea allí donde exista una tendencia a que se registren los mayores promedios anuales.

La variabilidad histórica de la variable muestra un comportamiento similar al de la humedad relativa, siendo baja si se considera de manera interanual, un poco más alta en verano y un poco más baja en invierno.

## 5. Fotoperíodo

El fotoperíodo se define como la duración luminosa del día, desde la salida hasta la puesta del sol a la que se le añade la duración de los dos crepúsculos civiles (matutino y vespertino<sup>iv</sup>). Se llama crepúsculo a cierto intervalo de tiempo antes de la salida o después de la puesta del Sol, durante el cuál, el cielo se presenta iluminado.

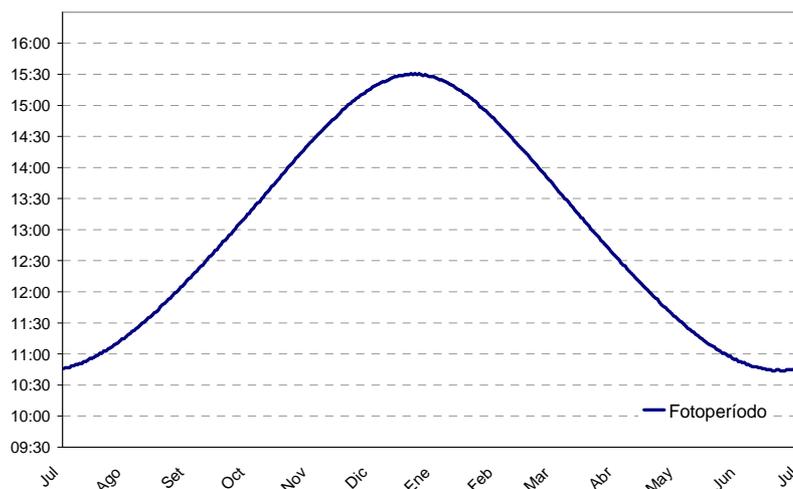
El fotoperíodo (horas de luz) varía con la latitud del lugar en que se mide. Tomando en cuenta las dimensiones del Uruguay, para este análisis usaremos los valores calculados para Montevideo de manera general para cualquier punto del país, dado que las diferencias entre locaciones no son lo suficientemente grandes como para determinar diferentes zonas de fotoperíodo. Con eso en

<sup>iv</sup> Crepúsculo civil

\* Vespertino: desde la puesta del Sol hasta que su altura es  $-6^\circ$  (6 grados por debajo del horizonte).

\* Matutino: desde que el Sol tiene una altura de  $-6^\circ$  y la salida del astro.

cuenta y según datos del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada Nacional, el fotoperíodo en el país fluctúa anualmente entre 15 horas y 30 minutos (en los días próximos al solsticio de verano: 20 al 23 de diciembre), y 10 horas y 44 minutos (durante los días próximos al solsticio de invierno: 20 al 23 de junio).



**Gráfico 2.** Variación del fotoperíodo durante el año. Fuente: SOHMA (2010).

## 6. Heladas agrometeorológicas

Para caracterizar un régimen de heladas, es importante diferenciar las heladas meteorológicas de las heladas agrometeorológicas (González y Buitrago, 1994). Las primeras se producen cuando la temperatura registrada en el termómetro de mínima ubicado en el abrigo meteorológico a 1,5 m sobre el nivel del suelo es inferior a 0° C (Hirschhorn, 1958) y las heladas agrometeorológicas son las registradas en el termómetro de mínima ubicado a 5 cm del suelo (césped) (Mancini, et al., 2006).

Las heladas agrometeorológicas en el país, ocurren típicamente entre el 1 de mayo y el 31 de octubre de cada año. Los autores de la caracterización agrometeorológica del INIA, elaboraron una metodología para poder estimar los valores de temperatura mínima de césped durante el período estudiado, debido a que es una variable de escaso registro en el país, y no se contaba con series completas para su análisis estadístico.

La metodología se basó en la correlación lineal que existe entre la temperatura mínima en el abrigo meteorológico y la temperatura mínima en césped. Las estaciones consideradas fueron Salto, Treinta y Tres y La Estanzuela, siendo el de mayor registro el período mayo-octubre 1984-2009.

A partir de la ecuación resultante se estimaron los días con ocurrencia de helada agrometeorológica y se elaboró la cartografía correspondiente, para lo cual no fueron tomadas en cuenta las estaciones costeras, debido a que no se correlacionan de manera similar con la distribución de la temperatura mínima media.

Viendo el mapa (Fig. 48), se puede determinar la existencia de un núcleo frío, o de máxima frecuencia de heladas, en el centro del país; y uno más cálido, de menor ocurrencia de heladas sobre la franja costera.

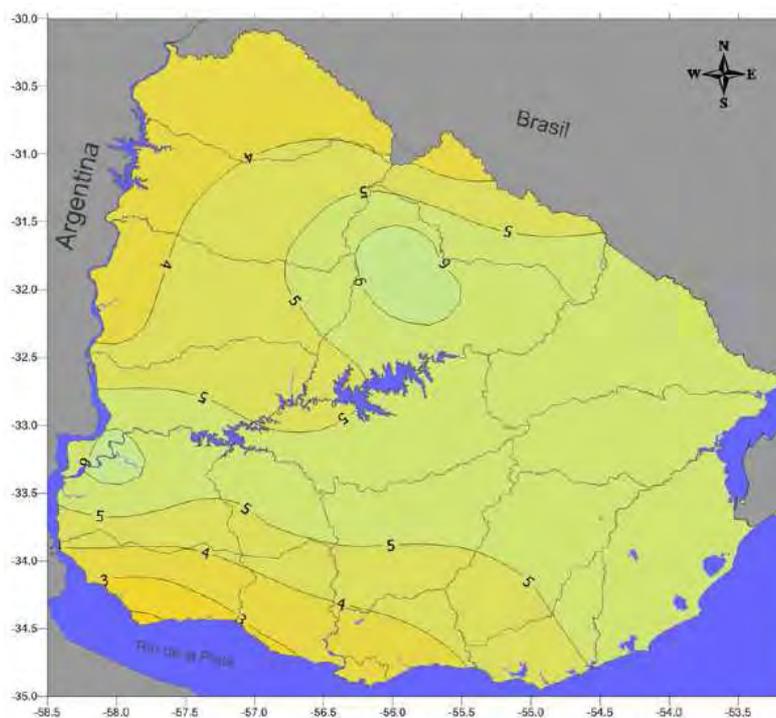


Fig. 48. Mediana anual de días con helada (mayo-octubre 1980-2009).

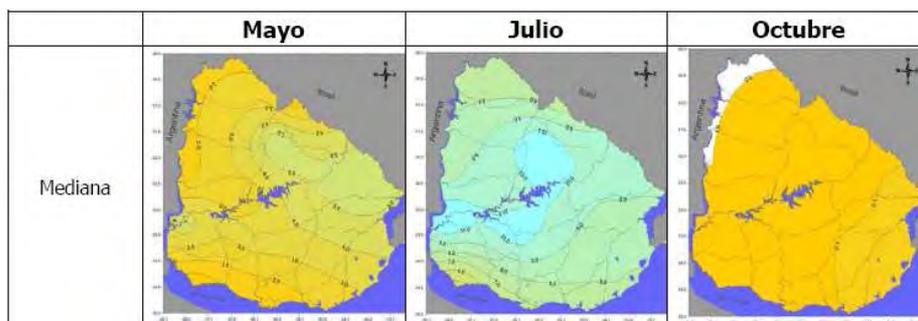


Fig. 49. Días con Helada mediana mensual de mayo, julio y octubre (1980-2009).

Si se observan los datos mensuales (Fig. 49), se aprecia un comportamiento diferencial según la zona y el mes. Se puede concluir que la mayor frecuencia de heladas sucede durante el mes de julio (6 días) en la zona centro-litoral del país, y la menor ocurrencia en octubre (1 día) para casi toda el área geográfica del país.

La sensibilidad de esta variable a la ubicación geográfica de las estaciones en que se registra, hace que los datos posean una alta variabilidad temporal; con máximos ubicados en los alrededores de las ciudades de Mercedes, Tacuarembó y Melo (17 días de registro de heladas); y mínimos durante el mes de octubre, en el que no se registran heladas.

## 7. Adaptación del cáñamo al clima del Uruguay

Como se mencionó anteriormente (Cap. I, 3.2), los cultivares comerciales están mejor adaptados a regiones templadas y no existen cultivares para fibra o semilla para regiones subtropicales o tropicales, pues los programas de mejoramiento europeos buscan variedades que se adapten mejor a sus climas. Uruguay se encuentra íntegramente en una zona templada, por lo tanto las temperaturas de nuestro país son adecuadas para el cultivo del cáñamo.

Según los valores óptimos de temperatura reportados para la germinación (Cepoiu, 1958), el período de siembra ideal para una rápida implantación en el país, estaría ubicado en los meses de diciembre, enero y febrero, cuando las temperaturas medias diarias son mayores; aunque se podrían lograr buenas implantaciones con menores temperaturas (Cepoiu, 1958).

La germinación de las semillas es teóricamente posible en cualquier momento del año dado que la temperatura mínima del suelo nunca llega a ser menor o igual a 0 °C.

Considerando las temperaturas mínimas que pueden soportar las plántulas (-8 a -10 °C) y plantas adultas (-5 a -6 °C) durante heladas cortas; suponiendo que el ciclo de siembra a madurez del cultivo estaría ubicado en los meses libres o de menor frecuencia de heladas; y tomando en cuenta las temperaturas mínimas registradas a lo largo del año; se concluye que no existe un riesgo importante de daños por heladas al cultivo de cáñamo en Uruguay.

La temperatura del aire es un factor importante en la velocidad de crecimiento del cultivo, y como fue mencionado con antelación (Cap. I, 3.1), el pico de crecimiento sucede con temperaturas cercanas a 14,3 °C (Duke, 1982). En Uruguay, el promedio anual de las temperaturas máximas es de 22,6 °C y el de las mínimas de 12,9 °C, lo que indica que el rango de temperaturas del país es óptimo para este cultivo.

Para determinar en qué meses del año se dan las mejores condiciones térmicas para el crecimiento, observamos las temperaturas medias de los meses de enero, abril, julio y octubre (Fig. 50). A partir de esos datos, se deduce que los meses de

octubre y abril, tienen las temperaturas más adecuadas para un rápido crecimiento del cultivo; y observando el gradiente anual; también setiembre, noviembre, marzo y mayo poseen temperaturas medias muy apropiadas.

Otra variable que hay que tener en cuenta, es el largo del día (fotoperíodo), pues como describimos antes (Cap. I, 3.2) el cáñamo es una planta herbácea anual que requiere de suficiente luz solar durante la primera y segunda fases de crecimiento; pero se debe recordar que aunque algunos cultivares florecerán eventualmente sin importar el largo del día, otros no lo harán a menos que los días sean cortos, como es el caso de los cultivares comerciales más comunes (franceses), que tienen un fotoperíodo crítico de entre 14 y 15,5 horas. Por lo tanto, para que se produzca la floración (fase reproductiva o tercera fase) en la mayoría de los cultivares comerciales es necesario que haya cada vez menos horas de luz.

El momento en que florece el cáñamo tiene efectos sobre el rendimiento y la calidad de la cosecha (de fibra), debido a que la eficiencia con la que la radiación interceptada es convertida en materia seca decae rápidamente una vez

70

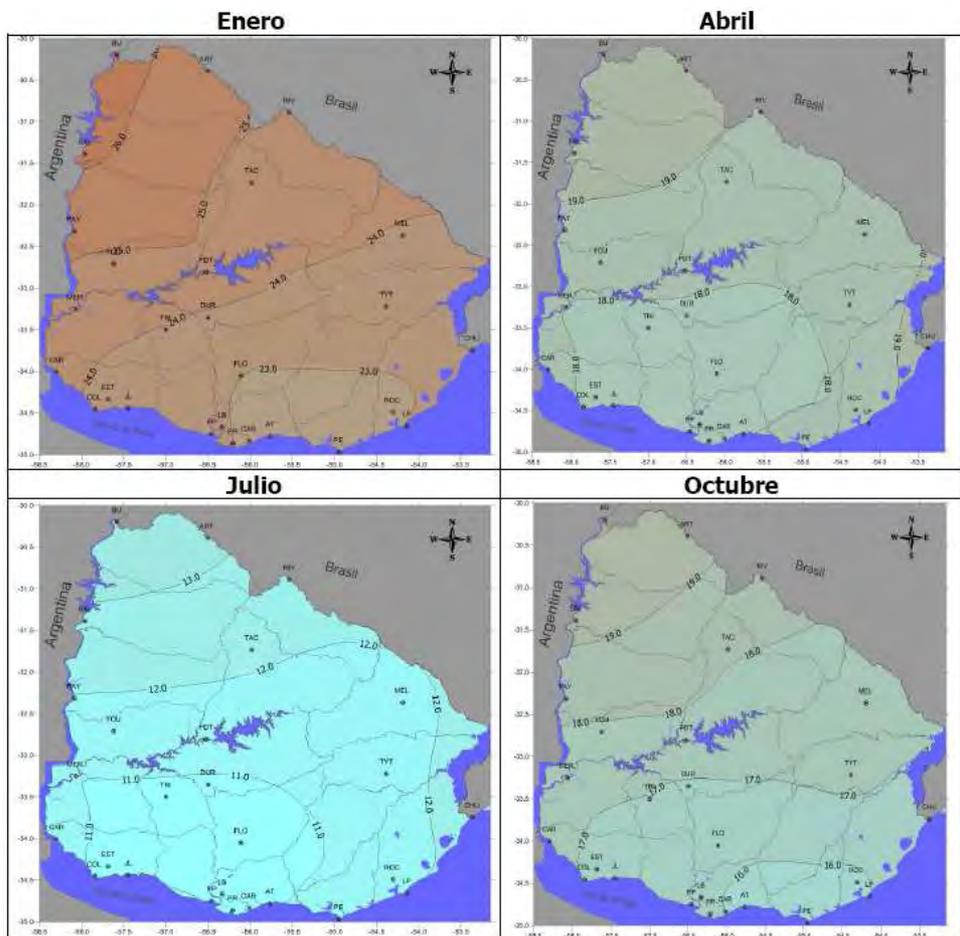


Fig. 50. Temperaturas medias mensuales (°C) en enero, abril, julio y octubre (Mediana 1980-2009).

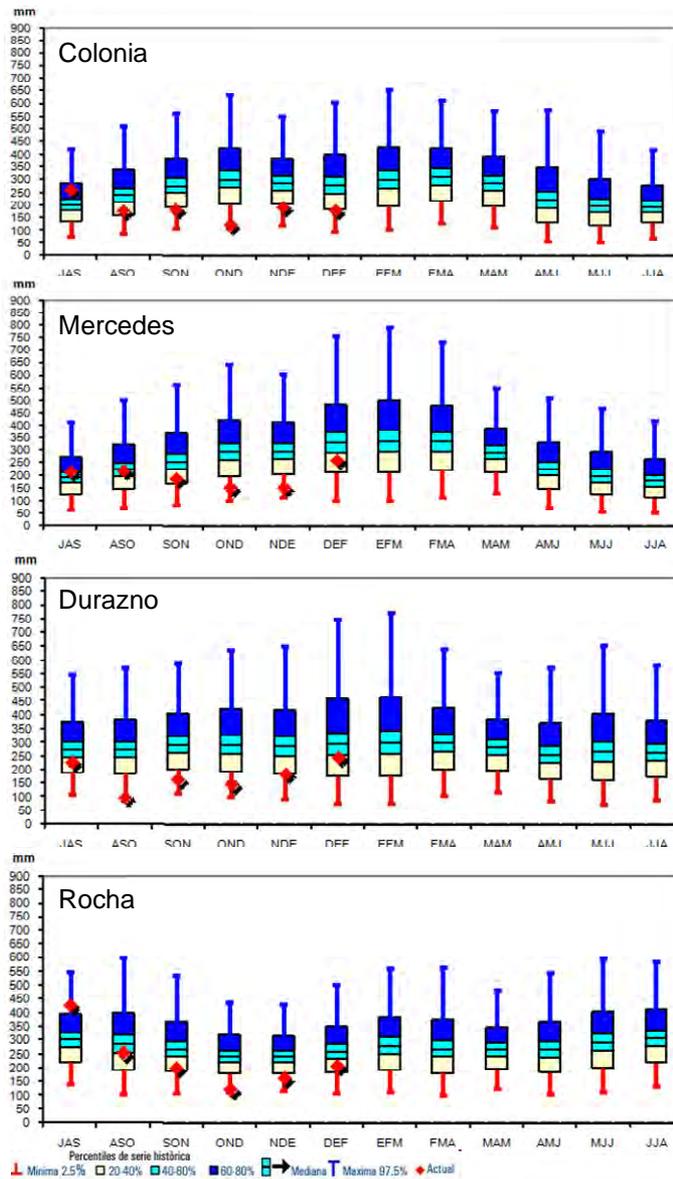
que la floración da comienzo. En Uruguay el fotoperíodo fluctúa anualmente entre 15 horas y 30 minutos (diciembre), y 10 horas y 44 minutos (junio). En ese ciclo, existe un período; desde fines de octubre hasta fines de febrero, en que el fotoperíodo es mayor a 14 horas, y sería durante esa etapa que muchos de los cultivares comerciales sembrados no serían inducidos a florecer, con el consiguiente beneficio en el rendimiento y la calidad de la cosecha (de fibra). Con eso en mente y tomando en cuenta los puntos anteriores, los meses de setiembre y octubre serían los más adecuados para la siembra; aunque será el conocimiento del comportamiento varietal en diferentes épocas de siembra, el que permita sacar conclusiones al respecto.

Además de los requerimientos de luz solar y temperatura, el cultivo de cáñamo necesita suficiente agua durante su crecimiento. Como se mencionó anteriormente en este trabajo (Cap. I, 3.3), el cáñamo demanda entre 500 y 700 mm de agua para completar su ciclo. El consumo diario aumenta durante las seis semanas previas a la floración, en las que el cultivo utiliza casi la mitad del agua demandada para toda la zafra. Muy similares requerimientos y concentraciones en el consumo diario presenta el cultivo de maíz (*Zea mays*), que se realiza en el país tradicionalmente.

La gran variabilidad interanual que presentan las precipitaciones mensuales, hace que sea imposible prever cuándo un cultivo de cáñamo requerirá ser regado y cuando no; pero contar con un sistema de regadío puede hacer la diferencia en situaciones de déficit de humedad. Estudios llevados a cabo por Lisson y Mendham en el noroeste de Tasmania (1995-1996) mostraron rendimientos significativamente mayores en parcelas con riego complementario, comparativamente con aquellas que sólo se abastecían de precipitaciones.

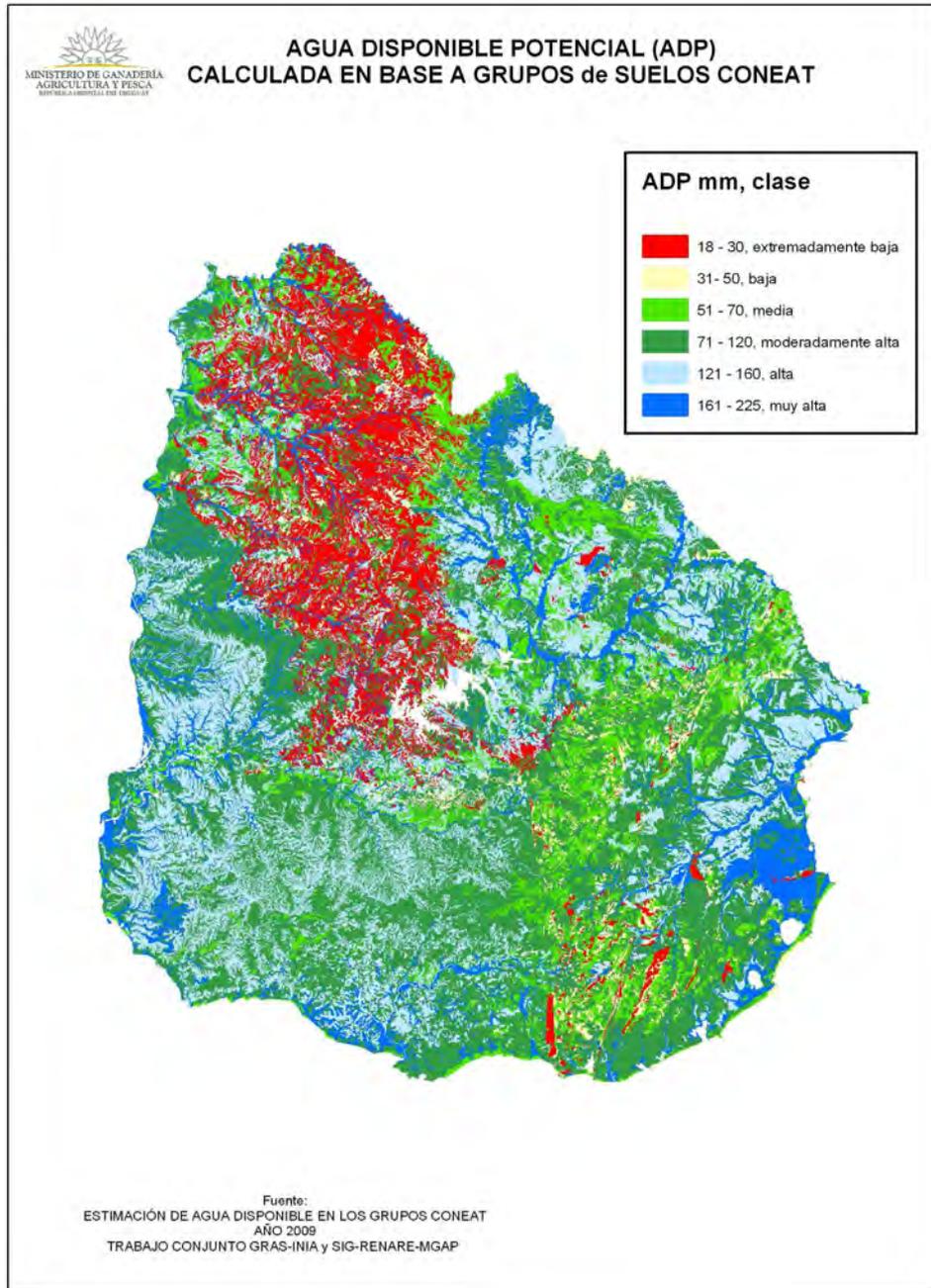
Para el cáñamo, el momento de mayor susceptibilidad a la sequía (no el único) es la implantación; y regar luego de la siembra puede asegurar un buen stand de plantas, siempre que se evite el exceso de agua, que es igual de perjudicial que la carencia. Los balances hídricos son altamente variables debido a que están determinados en primer término, por las precipitaciones que como ya se mencionó son muy variables en cantidad y momento de ocurrencia y en segundo término, por las distintas capacidades de almacenaje de agua del suelo, que a su vez dependen de las diferentes condiciones topográficas y edáficas del terreno.

En el siguiente gráfico se analizan los valores de precipitación históricos en cuatro localidades de diferentes zonas del país.



**Gráfico 4.** Precipitación trimestral acumulada histórica (1961-2000) en Colonia, Mercedes, Durazno y Rocha. Fuente: INIA GRAS.

En la figura siguiente, se detalla la disponibilidad potencial de agua, calculada en base a grupos de suelos CONEAT, para todo el territorio nacional.



**Fig. 51.** Carta de Reconocimiento de Suelos de Uruguay. Fuente: Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables, División Suelos y Aguas, MGAP.



## III. CONSIDERACIONES FINALES

### 1. Antecedentes en el país

No hay antecedentes de siembras de cáñamo en el país en condiciones de campo. En el año 2007, INIA firmó el convenio INIA/LAHT (The Latin America Hemp Trading S.R.L.) cuyo objetivo es desarrollar investigación para evaluar la adaptación de la especie *Cannabis sativa L.* y el comportamiento agronómico de diferentes cultivares de cáñamo introducidos al país. Para la zafra 2010-11 se realizaron las primeras importaciones de semilla y se están llevando a cabo ensayos en la Estación Experimental de La Estanzuela, que generarán los primeros datos sobre el comportamiento agronómico del cultivo en condiciones locales. Este trabajo forma parte de dicha investigación.

### 2. Desmitificando el cultivo

En el año 1998, el Dr. David West<sup>v</sup>, de la Universidad de Minnesota, escribió un artículo científico, en el que presenta los mitos y realidades asociados a Cannabis. Aquí resumiremos algunas de las ideas presentadas en dicho artículo, sin ahondar en las bases científicas que aparecen en el original.

Mito: Una persona puede drogarse fumando cáñamo industrial.

Realidad: Los niveles de THC en el cáñamo industrial son tan bajos que nadie puede drogarse fumándolo. Lo que es más, el cáñamo contiene un porcentaje relativamente alto de otro cannabinoide, CBD (cannabidiol), que bloquea el efecto psicoactivo del THC. El cáñamo, resulta no sólo diferente de la marihuana; podría ser llamado “antimarihuana”.

Mito: Aunque los niveles de THC del cáñamo son bajos, éste puede ser extraído y concentrado para producir una droga fuerte.

Realidad: Extraer THC del cáñamo industrial y posteriormente refinarlo para eliminar la preponderancia del CBD, requeriría un proceso tan caro y peligroso, y tomaría tanto tiempo, que es extremadamente poco probable que alguien lo intente, en lugar de simplemente cultivar marihuana con alto contenido de THC.

Mito: Los campos de cáñamo pueden ser usados para ocultar plantas de marihuana.

Realidad: El cáñamo se cultiva de manera bastante diferente que la marihuana. Además, se cosecha en distinto momento que la marihuana. Por último, la polinización cruzada entre las plantas de cáñamo y las de marihuana puede reducir significativamente la potencia (contenido de sustancias psicoactivas) de las plantas de marihuana.

<sup>v</sup> El Dr. West tiene un Ph.D. en Mejoramiento Genético de la Universidad de Minnesota y ha trabajado 18 años como mejorador de maíz comercial. Desde 1993 ha servido como asesor a la industria emergente del cáñamo en lo que respecta al germoplasma de cáñamo industrial.

**Mito:** Las plantas “guachas” de cáñamo deben ser erradicadas porque se pueden vender como marihuana.

**Realidad:** Las plantas “guachas”, son el remanente del cáñamo antes cultivado en más de 400.000 acres, por granjeros de Estados Unidos. Contiene niveles extremadamente bajos de THC, tan bajos como 0.05 por ciento. No tiene valor como droga, pero ofrece importantes beneficios ambientales como hábitat para que las aves hagan sus nidos. Cerca del 99 por ciento de la “marihuana” que está siendo erradicada por el gobierno federal (con gran costo para el Estado) es esta especie inofensiva.

**Mito:** El aceite de cáñamo es una fuente de THC.

**Realidad:** El aceite de cáñamo es un producto cada vez más popular, usado para una variedad creciente de propósitos. La semilla de cáñamo lavada no contiene THC en absoluto. Las pequeñas cantidades de THC del cáñamo industrial se encuentran localizadas en las propias glándulas de la planta. A veces, durante el proceso de fabricación, un poco de resina que contiene THC y CBD se pega a la semilla, y muestra trazas de THC en el aceite producido. La concentración de estos cannabinoides en el aceite es infinitesimal. Nadie puede drogarse usando aceite de cáñamo.

**Mito:** El cáñamo no es económicamente viable y por tanto debe ser declarado ilegal.

**Realidad:** El mercado para los productos del cáñamo está creciendo rápidamente. Pero aunque no fuera así, ¿cuándo ha sido declarado un cultivo ilegal simplemente porque las agencias del gobierno pensaron que no es rentable cultivarlo?.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Alden, D.M., Proops, J.L.R., Gay, P.W.** (1998). Industrial hemp's double dividend: a study for the USA. *Ecological Economics* 25(3): 291–301.
- **Amaducci, S. y Gusovius, H.J.** (2010) Hemp – Cultivation, Extraction and Processing, in *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications* (ed J. Müssig), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9780470660324 Capítulo 5.
- **Atchison, J.E.** (1998). Update on global use of non-wood plant fibers and some prospects for their greater use in the United States. *Procedimientos del: TAPPI North American Nonwood Fiber Symposium*.
- **Baloch, G.M., Mushtaque, M., Ghani, M.A.** (1974). Natural Enemies of *Papaver* spp. and *Cannabis sativa*. Annual report, Commonwealth Institute of Biological Control, Pakistan station, pp. 56-57.
- **Barloy, J., Pelhate, J.** (1962). Premières observations phytopathologiques relatives aux cultures de chanvre en Anjou. *Annales des Épiphyties* 13:117-149.
- **Berger, J.** (1969). *The World's Major Fibre Crops: Their Cultivation and Manuring*. Centre d'Etude de l'Azote. Zurich. 294 pp.
- **Bes, A.** (1978). Prilog poznavanju izgledga ostecenja i stetnosti konopljinog savijaca - *Grapholita delineana* Walk. *Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerzita u Sarajevu* 26(29):169-189.
- **Blade, S., Gaudiel, R., Kerr, N.** (1999). Low-THC Hemp Research in the Black and Brown Soil Zones of Alberta, Canada. *Perspectives on crops and new uses*. Alexandria, USA: ASHS Press.
- **Blatchley, W.S.** (1916). *Rhynchophora of Weevils of North Eastern America*. Nature Publ. Co., Indianapolis. 682 pp.
- **Blevins, R.D., Dunic, M.P.** (1980). The effect of delta-9-tetrahydrocannabinol on herpes simplex virus replication. *J. General Virology* 49:427-431.
- **Bòcsa, I., Karus, M.** (1998). *The cultivation of hemp: Botany, varieties, cultivation and harvesting*. (translated by Chris Filben). Hemptech, Sebastopol.
- **Borthwich, H.A., Scally, N.J.** (1954). Photoperiodic responses of hemp. *The Botanical Gazette* 116(1): 14-29.

- **Bullard, M., Murphy-Bokern, D.** (s.f.). NF0307 – Hemp for Europe: Manufacturing and Production Systems. Research and Development – Final Project Report. Consultado el 20 de febrero de 2011, en: <http://www.defra.gov.uk/farm/acu/fibres/fibres.htm>.
- **Callaway, J.C.** (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140, 65-72.
- **Castaño, J.P., Ceroni, M., Giménez, A., Furest, J., Aunchayna, R., Bidegain, M.** (2010). Caracterización Agroclimática del Uruguay 1980-2009. Unidad de Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA. Obtenida el 20 de febrero de 2011, de: [http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara\\_agro/index.html](http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html).
- **Ceapoiu, N.** (1958). Cînepa - Studiu monografic. [Hemp - monographic study.] Ed. Acad. R.P.R. Bucuresti, Romany. [Traducción I. Bòcsa]
- **Charles, V.K., Jenkins, A.E.** (1914). A fungus disease of hemp. *J. Agricultural Res.* 3:81-84.
- **Che, C.T.** (1991). Plants as a source of potential antiviral agents. *Economic & Medicinal Plant Research* 5:167-251.
- **Cherian, M.C.** (1932). Pests of ganja. *Madras Agricultural Journal* 20:259-265.
- **Cherrett, N., Barrett, J., Clemett, A., Chadwick, M., Chadwick, M.J.** (2005). Ecological Footprint and Water Analysis of Cotton, Hemp and Polyester. Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute.
- **Chiriță, N.** (2008). Selectivity and efficiency of some herbicides in controlling weeds from monoecious hemp crops. *Cercetări Agronomice în Moldova*, Vol. XLI , No. 3 (135), Rumania.
- **Clarke, R.C.** (1997). Hanf - Botanik, Anbau, Vermehrung und Züchtung. [Hemp - botany, cultivation, propagation and breeding.] AT, Aarau, Switzerland.
- **Clarke, R.C.** (1999a). Chapter 1: Botany of the Genus *Cannabis*. En: P. Ranalli (Ed.), *Advances in Hemp Research*. New York, USA: Food Products Press.
- **Clarke, R.C., Lu, X.** (1995). The cultivation and use of hemp (*Cannabis sativa L.*) in ancient China. *J. of the Int. Hemp Ass.* 4, 2, 76-79.
- **De Meijer, E.P.M.** (1993). Hemp variations as pulp source researched in the Netherlands. *Pulp and Paper* 67 (7): 41-43.

- **De Meijer, E.P.M.** (1995). Fiber hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. *Journal of the International Hemp Association* 2, 2, 66-73.
- **Dempsey, J.M.** (1975). *Fiber crops*. Gainesville: University of Florida Press, pp. 46-88.
- **Dewey, L.H.** (1914). Hemp. pp. 283-347 En: *USDA Yearbook 1913*, United States Department of Agriculture, Washington DC.
- **Dodge, C.R.** (1890). The Hemp Industry in France. Pp. 27-31 y The Hemp Industry pp. 64-74 En: *USDA New Series Miscellaneous (más tarde llamado USDA Fiber Investigation Series) Report No. 1*, Government Printing Office, Washington DC. 104 pp.
- **Dodge, C.R.** (1898). A report on the culture of hemp in Europe. pp. 5-29 En: *USDA Fiber Investigations Series, Report No. 11*. Government Printing Office, Washington DC. 29 pp.
- **Duke, J.A.** (1982). *Ecosystematic Data on Medicinal Plants*. pp. 13-23. En: *Utilization of Medicinal Plants*. CK Atal & BM Kapur, eds. United Printing Press, New Delhi. 877 pp.
- **Duke, J.A.** (1983). *Handbook of Energy Crops*. Consultado el 10 de Febrero de 2013 de: [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Cannabis\\_sativa.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Cannabis_sativa.html).
- **Ehrensing, D.T.** (1998). Feasibility of industrial hemp production in the United States Pacific Northwest. Oregon State University, Department of Crop and Soil Science, Extension and Experiment Station Bulletin 681 (May), 38pp.
- **Ehrensing, D.T.** (1998). Feasibility of Industrial Hemp Production in the United States Pacific Northwest. Station Bulletin 681, Oregon State University, Corvallis. 35 pp.
- **Elmore, C.L., Stapleton, J.J., Bell, C.E., DeVay, J.E.** (1997). Soil Solarization. University of California Division of Agricultural and Natural Resources Publication No. 21377. 12 pp.
- **Emboden, W.A.** (1974). Cannabis – a polytypic genus. *Economic Botany* 28:304-310.
- **FAOSTAT datos** (1961-2012). Base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultados el 20 de Agosto de 2013 de: [www.fao.org](http://www.fao.org).

- **Fetterman, P.S., Keith, E.S., Waller, C.W., Guerrero, O., Doorenbos, N.J., Quimby, M.W.** (1971). Mississippi-grown *Cannabis sativa L.*: Preliminary observation on chemical definition of phenotype and variations in THC content versus age, sex, and plant part. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 60:1246-1249.
- **Flachs, K.** (1936). Krankheiten und Schädlinge unserer Gespinstpflanzen. *Nachrichten über Schädlingsbekämpfung*. 11:6-28.
- **François, D., Berenji, J.** (2003). Hemp history, cultivation, harvesting, promoting and processing in pictures. Obtenida el 10 de febrero de 2011, de: [http://www.eiha.org/attach/97/picture\\_presentation.pdf](http://www.eiha.org/attach/97/picture_presentation.pdf)
- **Frank, M.** (1988). *Marijuana Grower's Insider's Guide*. Red Eye Press, Los Angeles, CA. 371 pp.
- **Frezzi, M.J.** (1956). Especies de *Pythium* fitoatógenas identificadas en la República Argentina. *Rev. Invest. agric. Buenos Aires* 10(2):113-241.
- **González, M., Buitrago, L.** (1994). Régimen Agroclimático de heladas en el área tabacalera de Jujuy. *Actas VI Reunión Argentina de Agrometeorología*. Villa Carlos Paz – Córdoba. Argentina.
- **GRAS-INIA, SIG-RENARE-MGAP** (2009). Estimación del Agua Disponible en los grupos CONEAT. Mapa obtenido el 20 de febrero de 2011, de: [http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/12/Agua\\_disponible\\_coneat\\_nueva\\_version.jpg](http://www.cebra.com.uy/renare/adjuntos/2009/12/Agua_disponible_coneat_nueva_version.jpg).
- **Haberlandt, F.** (1879). *Der algerneine landwirtschaftliche Pflanzenbau*. [General agricultural crop production.] Viena, Austria.
- **Haney, A., Kutscheid, B.B.** (1975). An ecological study of naturalized hemp (*Cannabis sativa L.*) in east-central Illinois. *American Midland Naturalist* 93:1-24.
- **Hendriks, H., Malingré, T.M., Batterman, S., Bos, R.** (1975). Mono- and sesqui-terpene hydrocarbons of the essential oil of *Cannabis sativa*. *Phytochemistry* 14:814-815.
- **Henneck, S.** (1994). Optimization of breeding for agronomic traits in fibre hemp (*Cannabis sativa L.*) by study of parent-offspring relationships. *Euphytica (Países Bajos)* 78(1-2): 69-76.
- **Hennink, S., de Meijer, E.P.M., van der Werf, H.M.G.** (1994). Fiber hemp in the Ukraine, 1991. pp. 261-278 En: Rosenthal, E. (ed.) *Hemp Today*. Quick American Archives, San Francisco, USA.

- **Herer, J.** (2000). *The Emperor Wears No Clothes* (11th ed.). Van Nuys, USA: AH HA Publishing.
- **Heslop-Harrison, J., Heslop-Harrison, Y.** (1969). *Cannabis sativa L.* p 205-226. En: L.T. Evan (ed). *The induction of flowering: some case studies.* MacMillan Co. Pty. Ltd.
- **Heuser, O.** (1927). *Hanf und Hartfaser.* Julius Springer Verlag, Berlin. 156 pp.
- **Hill, D.S.** (1994). *Agricultural Entomology.* Timber Press, 133 SW 2nd. Ave., Suite 450, Portland, OR. 635 pp.
- **Hockey, J.F.** (1927). Report of the Dominion field laboratory of plant pathology, Kentville, Nova Scotia. Canada Department of Agriculture, pp. 28-36.
- **Hood, L.V.S., Dames, M.E., Barry, G.T.** (1973). Headspace volatiles of marijuana. *Nature* 242:402-403.
- **Israel, S.** (1981). An in-depth plant companionship chart. *Mother Earth News* 69:94-95.
- **Iverson, L.L.** (2000). *The Science of Marijuana.* New York, USA: Oxford University Press.
- **Jakobey, I.** (1965). Kísérletek finomrostú kender előállítására. [Experiments to Produce. Hemp with Fine Fibres. ] *Növénytermelés*, 14. (1):45-54.
- **Jordan, H.V., Lang, A.L., Enfield, G.H.** (1946). Effects of fertilizers on yields and breaking strengths of American hemp, *Cannabis sativa.* *Journal of the American Society of Agronomy* 38(6): 551-563.
- **Kamat, J., Roy, D.N., Goel, K.** (2002). Effect of Harvesting Age on the Chemical Properties of Hemp Plants. *J. of Wood Chem. and Tech.* 22, 4, 285-293.
- **Karus, M.** (2005). *European hemp industry 2001 till 2004: Cultivation, raw materials, markets and trends.* Germany: European Industrial Hemp Association.
- **Kennedy, J.S., Booth, C.O., Kershaw, W.J.S.** (1959). Host finding by aphids in the field. *Annals Applied Biology* 47:424-444.
- **Kirchner, O.** (1906). *Hanf, Cannabis sativa L.* pp. 319-323 En: *Die Krankheiten und Befehädigungen uherfer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.* E. Ulmer, Stuttgart. 637 pp.

- **Kok, C.J., Coenen, G.C.M., de Heij, A.** (1994). The effect of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*) on soil-borne pathogens. *Journal of the International hemp Association*. 1: 6-9.
- **Koo, M.** (1940). Studies on *Pyrausta nubilalis* Hiiber attacking the cotton plant. Unnumbered report, Yamanashi Agricultural Experiment Station, Kofu. 82 pp.
- **Kozlowski, R.** (1995). Interview with Professor R. Kozlowski, director of the Institute of Natural Fibers. *Journal of the International Hemp Association* 2(2):86-87.
- **Kozlowski, T.T., Pallardy, S.G.** (1997). *Physiology of Woody Plants* 2nd Ed. Academic Press, London. 411 pp.
- **Krebs, H., Jäggi, W.** (1999). Pflanzenextrakte gegen Bakterien-Nassfäule der Kartoffeln. *Agrarforschung* 6(1):17-20.
- **Kryachko, Z., Ignatenko, M., Markin, A., Zaets, V.** (1965). Notes on the hemp tortrix. *Zashchizita Rastenii Vredit*. *Bolez.* 5:51-54.
- **Lachenmeier, D., Walch, S.** (2005). Analysis and Toxicological Evaluation of Cannabinoids in Hemp Food Products. *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 4, 1, 812-826.
- **Lachenmeier, D.W., Kroener, L., Musshoff, F., Madea, B.** (2004). Determination of cannabinoids in hemp products by use headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.* 378, 183-189.
- **Lancz, G., Specter, S., Brown, H.K.** (1990). Suppressive effect of delta-9-tetrahydrocannabinol on herpes simplex virus infectivity in vitro. *Procedimientos de: Society Experimental Medicine & Biology* 196:401404.
- **Lancz, G., Specter, S., Brown, H.K., Hackney, J.F., Friedman, H.** (1991). Interaction of delta-9-tetrahydrocannabinol with herpes viruses and cultural conditions associated with drug-induced anti-cellular effects. *Advances Experimental Medicine & Biology* 288:287-304.
- **Lisson, S.N., Mendham, N.J.** (1998). Response of fiber hemp (*Cannabis sativa L.*) to varying irrigation regimes. *Journal of the International Hemp Association* 5(1): 9-15.
- **Lisson, S.N., Mendham, N.J.** (2000). Cultivar, sowing date and plant density studies of fiber hemp (*Cannabis sativa L.*) in Tasmania. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 975-986.

- **Lisson, S.N., Mendham, N.J., Carberry P.S.** (2000c). Development of a hemp (*Cannabis sativa L.*) simulation model 3. The effect of plant density on leaf appearance, expansion and senescence. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 419-423.
- **Lisson, S.N., Mendham, N.J.** (1995). Tasmanian hemp research. *Journal of the International Hemp Association* 2(2): 82-85.
- **Lisson, S.N., Mendham, N.J., Carberry, P.S.** (2000a). Development of a hemp (*Cannabis sativa L.*) simulation model 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:405-411.
- **Lisson, S.N., Mendham, N.J., Carberry, P.S.** (2000b). Development of a hemp (*Cannabis sativa L.*) simulation model 2. The flowering response of two hemp cultivars to photoperiod. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 413-417.
- **Lotz, L.A.P., Groeneveld, R.M.W., Habekotte, A., van Oene, H.** (1991). Reduction of growth and reproduction of *Cyperus esculentus* by specific crops. *Weed Research* 31:153-160.
- **Mancini, M., Coronel, A., Sacchi, O., Costanzo, M.** (2006). Las heladas en Zavalla: ¿Sufrieron modificaciones en los últimos años? Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR.
- **Matthews, P.** (1999). *Cannabis Culture: A Journey Through Disputed Territory*. London, UK: Bloomsbury Publishing Plc.
- **McCain, A.H., Noviello, C.** (1985). Biological control of *Cannabis sativa*. *Procedimientos del: 6th International Symposium on Biological Control of Weeds*, pp. 635-642.
- **McEno, J.** (1991). *Cannabis Ecology: A Compendium of Diseases and Pests*. AMRITA Press, Middlebury, Vermont. 254 pp.
- **McPartland, J.M.** (1992). The Cannabis pathogen project: report of the second five-year plan. *Mycological Society of America Newsletter* 43(1):43.
- **McPartland, J.M.** (1996a). Cannabis pests. *Journal of the International Hemp Association* 3, 2, 49 & 52-55.
- **McPartland, J.M.** (1997b). Cannabis as a repellent crop and botanical pesticide. *Journal of the International Hemp Association* 4(2):89-94.
- **McPartland, J.M., Clarke, R.C., Watson, D.P.** (2000). *Hemp Diseases and Pests: Management and Biological Control*. New York, USA: CABI Publishing.

- **Mediavilla, V., Jonquera, M., Schmid-Slembrouck, I., Soldati, A.** (1998). Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa L.*). Journal of the International Hemp Association 5 (2), 65, 68-74.
- **Mediavilla, V., Steinemann, S.** (1997). Essential oil of *Cannabis sativa L.* strains. Journal of the International Hemp Association 4 (2): 82-84.
- **Merfield, C.N.** (1999, noviembre). Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. Un reporte para el Curso de Liderazgo Rural de Kellogg de 1999.
- **Miller, W.E.** (1982). *Grapholita delineana* (Walker), a Eurasian hemp moth, discovered in North America. Annals Entomological Society America 75(2):184-186.
- **Mostafa, A.R., Messenger, P.S.** (1972). Insects and mites associated with plants of the genera *Argemone*, *Cannabis*, *Glaucium*, *Erythroxyllum*, *Eschscholtzia*, *Humulus* and *Papaver*. Department of Entomological Sciences, University of California, Berkeley. Unpublished manuscript, 240 pp.
- **Nagy, B.** (1976). Host selection of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) populations in Hungary. Sym. Biol. Hung. 16:191-195.
- **Nagy, B.** (1986). European corn borer: historical background to the changes of the host plant pattern in the Carpathian basin. Procedimientos del: 14th. Symposium of the International Working Group on *Ostrinia*, pp. 174-181.
- **Parker, W.B.** (1913a). The hop aphid in the Pacific region. USDA Entomology Bulletin 111:9-39.
- **Pate, D.W.** (1999). Chapter 11: Hemp Seed: A Valuable Food Source. En: P. Ranalli (Ed.), *Advances in Hemp Research*. New York, USA: Food Products Press.
- **Patschke, K., Gottwald, R., Müller, R.** (1997). Erste Ergebnisse phytopathologischer Beobachtungen im Hanfanbau im Land Brandenburg. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 49 :286-290.
- **Pertwee, R.** (2004). Pharmacological and therapeutic targets for  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol and cannabidiol. *Euphytica* 140, 73-82.
- **Ranalli, P.** (1999). Agronomic and physiological advances in hemp crops. En: Ranalli, P. (ed.). *Advances in Hemp Research*. New York: Food Products Press, pp. 61-84.
- **Ranalli, P.** (2004). Current status and future scenarios of hemp breeding. *Euphytica* 140, 121-131.

- **Ranalli, P., Venturi, G.** (2004). Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica* 140, 1- 6.
- **Rataj, K.** (1957). Skodlivi cinitele pradnych rostlin. *Prameny literatury* 2:1-123.
- **Rawson, J.M.** (2005). Hemp as an Agricultural Commodity. Congressional Research Service Report for Congress.
- **Ree, J.H.** (1966). Hemp growing in the Republic of Korea. *Economic Botany*, 20: 176-186.
- **Robinson, B.B., Wright, A.H.** (1941). Hemp - its production and use as a fiber crop. U.S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Division of Cotton and Other Crops and Diseases, 9 pp.
- **Robinson, B.B.** (1943). Hemp. Farmers' Bulletin No. 1935, U.S. Department of Agriculture. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- **Robinson, R.** (1996). *The Great Book of Hemp*. Rochester, USA: Park Street Press.
- **Rosenthal, E.** (1987). *Marijuana Growers Handbook*. Indoor/greenhouse edition. Quick American Publishing Company, San Francisco, USA.
- **Rosenthal, E.** (1993). Hemp realities. En: Rosenthal, E. (ed.). *Hemp today*. Oakland: Quick American Archives, pp. 67-82.
- **Rosenthal, E.** (Ed.) (1994). *Hemp Today*. Oakland, USA: Quick American Archives.
- **Ross, S.A., Eisohly, M.A.** (1996). The volatile oil composition of fresh and air-dried buds of *Cannabis sativa*. *J. Natural Products* 59:49-51.
- **Rothschild, M., Rowan, M. R., Fairbairn, J.W.** (1977). Storage of cannabinoids by *Arctia caja* and *Zonocerus elegans* fed on chemically distinct strains of *Cannabis sativa*. *Nature* 266:650-651.
- **Roulac, J.W.** (1997). *Hemp Horizons: The Comeback of the World's Most Promising Plant*. Vermont, USA: Chelsea Green Publishing Co.
- **Schäfer, T., Honermeier, B.** (2006). Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (*Cannabis sativa L.*). *Industrial Crops and Products* 23 (1), pp. 88-98.
- **Schultes, R.E.** (1976). *Plantas Alucinógenas*. Ilustración Elmer W. Smith. New York: Golden Press.

- **Schultes, R.E., Klein, W.M., Plowman, T., Lockwood, T.E.** (1974). Cannabis: an example of taxonomic neglect. *Folleto Mus. Bot.*. Harvard University, 23:337-367.
- **Sengloung, T., Kaveeta, L., Nanakorn, W.** (2009). Effect of Sowing Date on Growth and Development of Thai Hemp (*Cannabis sativa L.*). *Kasetsart Journal (Natural Science)* 43:423-431.
- **Slonov, L.K., Petinov, N.S.** (1980). Nucleotide content and ATPase activity in hemp leaves as a function of water supply. *Soviet. Plant Physiol.* 27, 811-815.
- **Small, E.** (2002). Hemp: A new crop with new uses for North America. p. 284.326. En: Janick J. y Whipkey A. (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- **Small, E., Jui, P., Lefovitch, L.P.** (1976). A Numerical Taxonomic Analysis of Cannabis with Special Reference to Species Delimitation. *Syst. Bot.* 1, 67-84.
- **Small, E., Marcus, D.** (2002). Hemp: A New Crop with New Uses for North America. Janick, J. y A. Whipkey (Eds.), *Trends in new crops and new uses*. Alexandria, USA: ASHS Press.
- **Small, E., Marcus, D.** (2003). Tetrahydrocannabinol Levels in Hemp (*Cannabis sativa*) Germplasm Resources. *Econ. Bot.* 57, 4, 545-558.
- **Smith, G.E., Haney, A.** (1973). *Grapholitha tristrigana* (Lepidoptera: Tortricidae) on naturalized hemp (*Cannabis sativa L.*) in east-central Illinois. *Transactions Illinois State Academy Science* 66:38-41.
- **SOHMA datos** (2010). Base de datos astronómicos del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA), Uruguay. Consultados el 20 de febrero de 2011, de: <http://www.sohma.armada.mil.uy/almanaq.htm>.
- **Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Ventura, G., Cromack, H.T.H.** (2000). Agronomy of fiber hemp (*Cannabis sativa L.*) in Europe. *Industrial Crops and Products* 11, 107-118.
- **Tamm, E.** (1933). Weitere Untersuchungen iiber die Keimung und das Auflaufen landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. [Further investigations on the germination and the emergence of agricultural crop plants.] *Pflanzenbau* 10:297-313.
- **Tarasov, A.V.** (1975). Hemp yield and yield of other crops in a technical rotation at different growing systems. En: *Biology, cultivation and the primary processing of hemp and kenaf*. All Union Scientific and Research Institute of Bast Crops, Glukhov, 38:83-88.

- **Termorshuizen, A.J.** (1991). Literatuuronderzoek over Ziekten bij Nieuwe Potentiële Gewassen. IPO-DLO Rapport No. 91-08, Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek, Wageningen. 18 pp.
- **Turner, C.E., Elsohly, M.A., Boeren, E.G.** (1980). Constituents of *Cannabis sativa L.* XVII. A review of the natural constituents. *J. Natural Products* 43:169-234.
- **Van der Werf, H.G.M.** (1994). Crop physiology of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). PhD thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 153 pp.
- **Van der Werf, H.M.G.** (1994a). Fiber hemp in France. pp. 213-220 En: Rosenthal, E. (ed.) *Hemp Today*. Quick American Archives, San Francisco, USA.
- **Van der Werf, H.M.G.** (2004). Life Cycle Analysis of field production of fiber hemp, the effect of production practice on environmental impacts. *Euphytica*, 140, 13-23.
- **Van der Werf, H.M.G., Brouwer, K., Wijlhuizen, M., Withagen, J.C.M.** (1995a). The effect of temperature on leaf appearance and canopy establishment in fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). *Annals of Applied Biology* 126: 551-561.
- **Van der Werf, H.M.G., Mathijssen, E.W.J.M., Haverkort, A.J.** (1999). Crop physiology of *Cannabis sativa L.*: a simulation study of potential yield of hemp in northwest Europe. En: Ranalli, P. (ed.). *Advances in Hemp Research*. New York: Food Products Press, pp.85-108.
- **Van der Werf, H.M.G., Van den Berg, W.** (1995). Nitrogen fertilization and sex expression affect size variability of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). *Oecologia* 103, 462–470.
- **Van der Werf, H.M.G., Van Geel, W.C.A., Van Gils, L.J.C., Haverkort, A.J.** (1995c). Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). *Field Crops Res.* 42, 27–37.
- **Van der Werf, H. M. G., Wijlhuizen, M., De Schutter, J. A. A.** (1995b). Plant density and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). *Field Crops Res.* 40, 153–164.
- **Vantreese, V.L.** (1997). *Industrial Hemp: Global Markets and Prices*. (rev. ed.). Lexington, USA: University of Kentucky, Department of Agricultural Economics.
- **Venturi, P., Amaducci, S., Amaducci, M.T. y Venturi, G.** (2007). Interaction between agronomic and mechanical factors for fiber crops harvesting: Italian results. *Note II. Hemp. J. Nat. Fibr.*, 4, 83–97.

- **Vogl, C.R., Mölleken, H., Lissek-Wolf, G., Surböck, A., Kobert, J.** (2004). Hemp (*Cannabis sativa L.*) as a Resource for Green Cosmetics: Yield of Seed and Fatty Acid Compositions of 20 Varieties Under the Growing Conditions of Organic Farming in Austria. *Journal of Industrial Hemp*, 9, 1, 51- 68.
- **Walker, D.W.** (1990). Can hemp save our planet? En: Rosenthal, E. (ed.). 1994. *Hemp today*. Oakland: Quick American Archives, pp. 83-108.
- **West, D.P.** (1998). *Hemp and Marijuana: Myths and Realities*. Madison, WI: North American Industrial Hemp Council, 4 pp.
- **Wolf, B.** (1999). *The Fertile Triangle: The Interrelationship of Air, Water, and Nutrients in Maximizing Soil Productivity*. Haworth Press, New York. 463 pp.
- **Wollenweber, H.W.** (1926). *Hypomyces cancri. Fusaria Autographice Delineata* No. 55. Berolini, Italy. 509 tabulis.
- **Wool, R.P., Khot, S.N.** (2001). *Bio-Based Resins and Natural Fibers. Composites*, ASM Handbook 21, 184-193.
- **Wright, A.H.** (1941). *A report on the hemp fiber situation in Wisconsin and the United States*. University of Wisconsin, College of Agriculture, radio script, July 15.
- **Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F.** (1974). A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- **Zelenay, A.** (1960). Fungi of the genus *Fusarium* occurring on seeds and seedlings of hemp and their pathogenicity. *Prace nauk. Inst. Ochr. Rosl.*, Pozan 2(2):248-249.
- **Zomers, F.H.A., Gosselink, R.J.A., Van Dam, J.E.G., Tjeerdsma, B.F.** (1995). Organosolv pulping and test paper characterization of fiber hemp. *TAPPI Journal* 78(5):149-155.