

**UNIVERSIDAD DE LA EMPRESA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**EFFECTO DE LA ÉPOCA DE SIEMBRA
EN TRES VARIEDADES DE CÁÑAMO INDUSTRIAL (*CANNABIS
SATIVA*) EN RENDIMIENTO FINAL DE SEMILLA**

Tutor/es:

Guillermo Siri Prieto

Tesistas:

Alfredo E. Audiffred

María José Clavera

*TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero/a Agrónomo/a.*

Octubre, 2019

Montevideo, Uruguay

**EFFECTO DE LA ÉPOCA DE SIEMBRA
EN TRES VARIEDADES DE CÁÑAMO INDUSTRIAL (*CANNABIS
SATIVA*) EN RENDIMIENTO FINAL DE SEMILLA**

Tutor/es:
Guillermo Siri Prieto

Tesistas:
Alfredo E. Audiffred
María José Clavera

*TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero/a Agrónomo/a.*

**Octubre, 2019
Montevideo, Uruguay**

Hoja de aprobación

Tesis aprobada por:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nota final: -----

Fecha: -----

Autores: -----

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos con el hoy, de poder hacer una investigación en cannabis desde su perfil productivo en Uruguay.

Damos gracias a la UDE por brindarnos la oportunidad junto a la FAGRO UDELAR. A su vez a cada una de las personas que trabajan en la E.E.M.A.C por su amabilidad y disposición.

Agradecer a todos los que formaron parte de este trabajo de alguna u otra manera. Personas como Mauricio Bustamante, Francisco Sanz, nos han ayudado en la cotidianeidad del trabajo.

A las familias, amigos, amigas por acompañarnos durante la carrera y en el crecimiento personal.

Especialmente, estamos más que agradecidos con María Belén Algorta, que creyó en nosotros para llevar a cabo este proyecto y resultó en más que conclusiones agronómicas. Una gran amistad.

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	VII

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	4
4.2 PANORAMA MUNDIAL.....	5
4.3 URUGUAY	6
4.4 PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN.....	6
4.5 CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO	10
4.5.1 Fotoperíodo	10
4.5.2 Temperatura.....	11
4.5.3 Requerimientos hídricos.....	12
4.5.4 Protección vegetal.....	12
4.5.5 Fecha de siembra.....	14
4.5.6 Fertilización	16
4.5.7 Cosecha	20
4.5.8 Caracterización de las variedades estudiadas	21
5 OBJETIVOS	22
5.1 OBJETIVO GENERAL	22
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
6 MATERIALES Y MÉTODOS	22
6.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	22

6.2	UBICACIÓN	23
6.3	SUELO	23
6.4	DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS	24
6.4.1	Variables.....	24
6.5	POBLACIÓN	24
6.6	MANEJO Y PRÁCTICAS CULTURALES.....	25
6.7	COSECHA Y POST COSECHA	26
6.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
7.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 2017-2018	29
7.1.1	Incidencia del fotoperíodo en el ciclo del cultivo	29
7.1.2	Precipitaciones	31
7.2	DURACIÓN DEL CICLO DEL CULTIVO	32
7.3	ALTURA PROMEDIO FINAL.....	35
7.4	POBLACIÓN	37
7.5	RENDIMIENTO FINAL	37
8	CONCLUSIONES	41
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
10	ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Productos derivados de la planta de cáñamo industrial..... 3

Figura N° 2a y 2b. Área sembrada (a) y producción total de cáñamo para semilla y fibra (b) (2000-2016). Fuente: FAOSTAT..... 4

Figura N° 3. Efecto de retrasar la fecha de siembra en los rendimientos de materia seca del tallo (arriba) y de la semilla (abajo) para cinco cultivares de cáñamo monoico en dos sitios en Bélgica en 2007 y 2008. Se dan la ecuación y r^2 de la regresión general (no mostrada). Fuente: Faux et al. 2013.....	16
Figura N° 4. Acumulación de Materia seca por hectárea diferenciando por órgano. Fuente: Heard, 2001.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 5. Extracción de Nitrógeno por órgano durante el cultivo en lb/ha. Fuente: Heard, 2001.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 6. Extracción de Fosforo por órgano durante el cultivo en lb/ha. Fuente: Heard, 2001.....	19
Figura N° 7. Extracción de Potasio por órgano durante el cultivo en lb/ha. Fuente: Heard, 2001.....	19
Figura N° 8. Rango de latitudes adecuadas para el cultivo de las variedades PR13, CHA, CHY. Elaborado en base a información de Ecofibre Ltd.	21
Figura N° 9. Inflorescencia de CHA S3 en llenado de grano.	27
Figura N° 10. Proceso de trilla a mano, utilizando diferentes tamices.	27
Figura N° 11. Dehiscencia de inflorescencia de PR13.....	28
Figura N° 12. Precipitaciones (mm) ocurridas durante los meses de diciembre a marzo para la zafra 2017-2018 y valores promedio de la serie histórica 1961-2009 (elaborado en base a datos proporcionados por MDN. DNM y la estación meteorológica de la EEMAC).....	31
Figura N° 13. Evolución de altura de cada variedad por siembra a lo largo del ciclo del cultivo.....	34
Figura N° 14. Variedades CHY (altura 155cm) y CHA (altura 175 cm) S1 a 81 días desde la emergencia. Estado vegetativo (CHY y CHA respectivamente).	37
Figura N° 15. Rendimiento promedio de cada variedad por fecha de siembra.	38

Figura N° 16. Estado reproductivo de la variedad PR13 sembrada el 1 de noviembre a 22 días de su emergencia. 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Definiciones y códigos de estados de germinación y emergencia de C. sativa. 7

Tabla N° 2. Definiciones y códigos de estados de floración y formación de semilla de C. sativa (Plantas dioicas). 8

Tabla N° 3. Definiciones y códigos de estados de floración y formación de semilla de C. sativa (plantas monoicas)..... 9

Tabla N° 4. Definiciones y códigos de estados de senescencia de C. sativa. 10

Tabla N° 5. Extracción de nutrientes por cultivo. 17

Tabla N° 6. Precipitaciones totales en cada fecha de siembra. 25

Tabla N° 7. Duración del día y eventos del ensayo 29

Tabla N° 8. Descripción del ciclo de cada variedad por fecha de siembra .. 33

1. RESUMEN

A nivel mundial el área sembrada del cultivo de Cáñamo (*Cannabis sativa L.*) ha incrementado paulatinamente en la última década. Su amplia variedad de usos y producción han aumentado con la tecnología disponible. El objetivo de este ensayo fue cuantificar el efecto de la época de siembra sobre el rendimiento en semilla. Además, cuantificar, cuáles fueron los aspectos ambientales que expliquen dicho efecto y determinar cuáles de ellos fue el limitante en el rendimiento final dependiendo del tipo de material genético utilizado. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, en el departamento de Paysandú. El diseño experimental utilizado fue un diseño factorial completo al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron tres genotipos (CHY, CHA, PR13) sembrados en tres épocas de siembra (1 de noviembre, 1 de diciembre, 19 de enero). Las variables de estudio fueron altura, días a floración, días de emergencia, duración de ciclo reproductivo y vegetativo, entre otros. Existió un efecto época de siembra y variedad, el cual provoca una disminución considerable en el rendimiento final a medida que se atrasa la fecha de siembra, no siendo de la misma magnitud en las variedades ensayadas. Las variedades CHY y CHA, alcanzaron un desarrollo vegetativo más prolongado, mayor altura y rendimiento, PR13 evidenció que está adaptada a mayores latitudes, por lo que es de esperar bajo rendimiento para las condiciones de Uruguay. La fecha de siembra óptima para las tres variedades fue la del 1 de noviembre.

Palabras claves: Cáñamo; Cultivares; Fecha de siembra; Rendimiento.

2. SUMMARY

Worldwide, the area planted with *Cannabis sativa* L. has increased gradually over the last decade. The wide variety of uses, production and byproducts have increased with the available technology. The objective of this experiment was to quantify the effect of the sowing season on seed yield. Also, to qualify which were the environmental aspects that explain this yield and determine which of them limit the final performance, according to each genetic material used. The experiment took place at Experimental station Mario A. Cassinoni (EEMAC) Facultad de Agronomía, in Paysandú, Uruguay. The experimental design was completely randomized with four repetitions. Three genotypes were evaluated (CHY, CHA, PR13), sown in three different dates (November 1, December 1, January 19). Cultivar data was collected: plant height, days to flowering, days to emergency, reproductive and vegetative cycle duration, among others. There was an effect between sowing date and yield, which caused a decreased yield in late sowing date, not being of the same magnitude between varieties tested. The CHY and CHA varieties reached a longer vegetative stage, higher altitude and yield. PR13 showed that it is adapted in greater latitudes, so this variety would show low yield in Uruguay conditions. The optimum sowing date for the three varieties was on November 1.

Keywords: Hemp; Cultivars; sowing date; Yield.

3. INTRODUCCIÓN

Producir cáñamo industrial (*Cannabis sativa*) con altos niveles de rendimiento en semilla, requiere determinar y establecer las condiciones agronómicas favorables de este cultivo. Considerando que trata de una planta *multipropósito*, es necesario especificar el objetivo final de la cosecha, a pesar de que su ciclo presente bajos requerimientos nutritivos (Amaducci et al, 2015). Los requerimientos nutritivos varían en base al destino productivo fijado, considerando sus tres órganos procesables: tallo, semilla e inflorescencias. La Figura 1 muestra industrias que utilizan cáñamo, que derivan en más de 25.000 subproductos (Fassio et al, 2013; Schluttenhofer y Yuan, 2017)



Figura 1: Productos derivados de la planta de cáñamo industrial.

El área sembrada se acrecienta, producto de la expansión de la demanda y el interés motivado hacia esta planta milenaria (Tang et al, 2016). En el año 2016 se sembraron 192.000 hectáreas en todo el mundo (Figura 2a), donde cerca de 119.000 eran destinadas a fibra y el resto a semilla, alcanzando una producción de 162.000 toneladas totales de grano (Figura 2b).

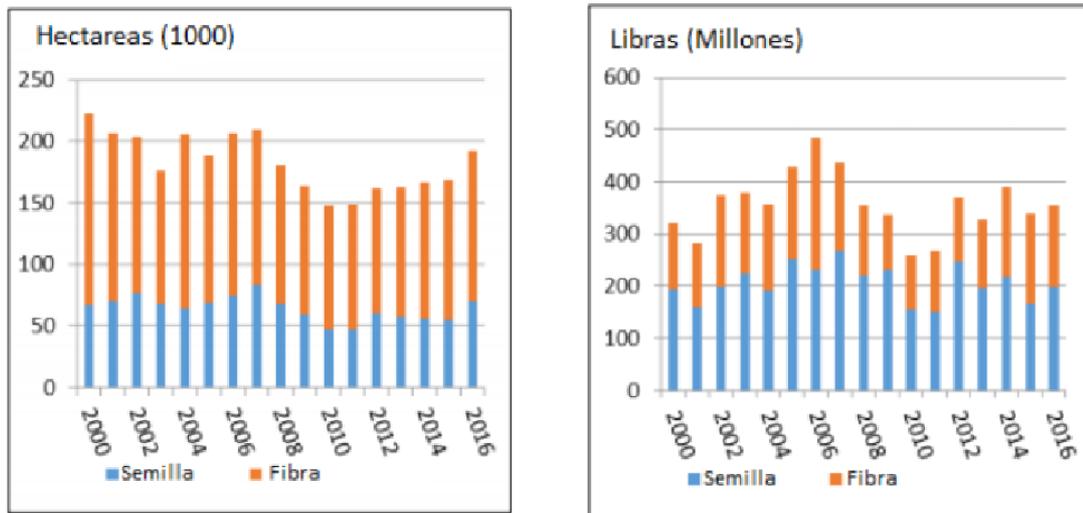


Figura 2a y 2b: Área sembrada (a) y producción total de cáñamo para semilla y fibra (b) (2000-2016).

Fuente: Tomado de FAOSTAT 2018.

El desarrollo de información agronómica en base a rendimiento del cultivo en la región es de suma importancia. No sólo estableciendo parámetros básicos para su producción, como lo son la variedad utilizada y fecha de siembra que se analizará en este ensayo, también observar el desempeño que tiene durante todo su ciclo en las condiciones dadas (Schlutenhofer y Yuan, 2017).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 RESEÑA HISTÓRICA

El cáñamo o *hemp* en inglés, es conocido por el hombre desde la era mesolítica. Fue alimento para civilizaciones antiguas y se cree que es uno de los primeros cultivos en ser domesticado. La variedad de usos fue evolucionando junto con los avances de la civilización (Schattenhofer y Yuan, 2017). Por ejemplo, para la producción de biocombustible por síntesis de etanol, sustituyendo el combustible fósil no renovable, y también el

procesado del grano como suplemento alimenticio para animales y humanos (Balat, 2011).

Hallazgos arqueológicos indican que el sitio de origen data de la zona que hoy conocemos como Asia Central (Vavilov, 1952) hace cerca de 10.000 años. A pesar de su potencial productivo y ser un cultivo contemporáneo del maíz (*Zea mays*) o el trigo (*Triticum* spp), su explotación se vio interrumpida, pasando a ser estigmatizada y penalizada. Sin embargo, muchos países revieron su postura, reivindicando el cultivo de cáñamo como opción innovadora en el sistema productivo actual (Tang y Amaducci, 2016).

4.2 PANORAMA MUNDIAL

Hoy en día solo un número reducido de países cuentan con un marco jurídico apto para cultivar *cáñamo*. Australia y Nueva Zelanda lo permiten hace años como cultivo de investigación (Estados Unidos lo hizo en 2014); Francia, Canadá, Alemania, Gran Bretaña, Finlandia y Dinamarca liberaron su cultivo en la década de los noventa mientras que, en Rusia, Holanda, Rumania, India, China, Corea del Norte y Chile presentan políticas más flexibles. Siendo estos últimos tres, los mayores productores mundiales de semilla y fibra de *Cannabis sativa* (Schlutenhofer y Yuan, 2017).

En el año 2017 en E.E.U.U, bajo el gobierno de Donald Trump, se aprobó la ley agrícola que legaliza la industrialización del cáñamo, abriendo puertas del mercado mundial para este cultivo, que le aportará más oportunidades a la hora de generar un flujo de productos exportables. Se brindarán subsidios al sector agrícola de 19 millones de dólares anuales aproximadamente. En consecuencia, aportará herramientas para la investigación agronómica del cultivo y ayudará a efectuar exportaciones en los próximos años.

Sabiendo esto, es necesario destacar que en el hemisferio norte es donde más se investiga y produce cannabis, a excepción de Chile y Oceanía (Schattenhofer y Yuan, 2017), quienes tienen un rol protagónico en este tipo de investigación. A su vez, Canadá cuenta con una cadena agroindustrial establecida de la mano de una regulación total, el precio de la producción es fijado mediante un contrato, previo a la siembra (Gobierno de Canadá - Ministerio de Salud, 2018).

4.3 URUGUAY

En el año 2013 Uruguay aprobó la Ley 19.172 legalizando el uso y control de Cannabis en su totalidad, siendo pionero en el mundo. Más precisamente el Decreto N° 372 aprobado en diciembre del 2014 por el poder ejecutivo reglamenta el cultivo de Cannabis no psicoactivo y semillas de cáñamo menor a 0,5 % de THC. Se crea una brecha que le da ventaja a Uruguay y lo posiciona como opción viable. Es así como empresas del globo apuntan a este territorio tal como lo es Ecofibre Industrial Operations Pty Ltd., originaria de Australia (Blasina, 2017).

4.4 PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN

La extracción en grano varía entre 500 - 1000 kilos por hectárea, pudiendo alcanzar hasta los 2000 kg (Callaway, 2004). Mientras en materia seca por hectárea, ronda las 20 toneladas, aunque ensayos demuestran que la producción varía entre 1,5 y 25 toneladas por hectárea, alcanzando valores de 22,7 toneladas según Tang (2016) y 22,5 en el experimento de (Struik et al 2000).

Según Callaway (2004) el grano de Cannabis contiene 30 % de aceite y 25 % de proteína aproximadamente con niveles considerables de fibra, vitaminas y minerales (Oomah et al, 2002). Se trata de una excelente

opción alimentaria para consumo directo, refinado o en forma de aceite. El perfil oleico de este procesado es rico en ácidos grasos insaturados como linolénico (18: 3 omega-3) y linoleico (18:2 omega-6); ambos presentan propiedades benéficas para el consumo humano como detallan (Birch y Teh 2013).

También es posible destinar la semilla para los siguientes productos: biodiesel, harinas, solventes oleicos, lociones o bálsamos y para la industria cosmética (Roulac, 1997; Oomah et al, 2002; Eriksson y Wall, 2012; Carus et al, 2013; Schluttenhofer y Yuan, 2017).

Existe una escala creada por Mediavilla et al (1998) la cual permite describir las 4 etapas: Germinación y Emergencia (0), Estado Vegetativo (1), Floración y Formación de semillas (2), Senescencia (3).

A su vez este escalafón adaptado del código Zadoks (1974) se subdivide en estadios secundarios, el primer dígito indica el estadio principal, el segundo evidencia el sexo de la planta (planta macho (1), planta hembra (2) y plantas monoicas (3), por último, el tercer y cuarto dígito demuestra el estado de desarrollo de la planta (Fassio et al, 2013).

En las Tablas 1 a 4 muestra lo comentado anteriormente.

Tabla 1: Definiciones y códigos de estados de germinación y emergencia de *C. sativa*.

Germinación y emergencia		
Código	Estado fenológico	Observaciones
0000	Semilla seca	
0001	Aparición de radícula	
0002	Emergencia de hipocótilo	
0003	Cotiledones desplegados	
Estado vegetativo		
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	9 folíolos
:	:	:
10xx	n par de hojas	xx= 2(n par de hojas)

Fuente: Tomado de Mediavilla et al 1998.

Tabla 2: Definiciones y códigos de estados de floración y formación de semilla de *C. sativa* (Plantas dioicas).

Floración y formación de semilla		
Código	Estado fenológico	Observaciones
2000	Variación de filotaxis	Cambio en la filotaxis de opuesta a alterna
2001	Primordios florales	Sexo casi indistinguible
Planta dioica: macho		
2100	Formación de flores	Primeras flores con estambres cerrados
2101	Comienzo de floración	Primeras flores con estambres abiertos
2012	Floración	50 % de flores con estambres abiertos
2013	Finalización de Floración	95 % de flores con estambres abiertos

Planta dioica: hembra		
2200	Formación de flores	Primeras flores con gineceo.
2201	Comienzo de floración	Primeros pistilos visibles
2202	Floración	50 % de brácteas formadas
2203	Comienzo maduración de semilla	Primeras semillas duras
2204	Semilla madurando	50 % de semillas duras
2205	Madurez total de semilla	95 % de semillas duras

Fuente: Tomado de Mediavilla et al 1998.

Tabla 3. Definiciones y códigos de estados de floración y formación de semilla de *C. sativa* (plantas monoicas).

Floración y formación de semilla		
Planta Monoica		
Código	Estado fenológico	Observaciones
2300	Formación de flor femenina	Flores con gineceo
2301	Comienzo de formación de flor femenina	Primeros pistilos visibles
2302	Floración femenina	50 % de brácteas formadas
2303	Formación de flor masculina	Primeras flores masculinas
2304	Comienzo de formación de flor masculina	Mayor parte de flores con estambres abiertos
2305	Comienzo de maduración de semilla	Primeras semillas duras
2306	Semilla madurando	50 % de semillas duras
2307	Madurez de la semilla completa	95 % semillas duras

Fuente: Tomado de Mediavilla et al 1998.

Tabla 4: Definiciones y códigos de estados de senescencia de C. sativa.

Senescencia		
Código	Estado fenológico	Observaciones
3001	Desecación de las hojas	Hojas se secan
3002	Desecación de tallos	Hojas se caen
3003	Descomposición del tallo	Liberación de los atados de fibras

Fuente: Tomado de Mediavilla et al 1998.

4.5 CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO

4.5.1 Fotoperíodo

El fotoperíodo se define como la duración luminosa del día, desde la salida hasta la puesta del sol. El fotoperíodo (horas de luz) varía con la latitud del lugar en que se mide. En lo que respecta a Cannabis Sativa, Small (2016) confirma la idea que la floración está inducida por días cortos durante días consecutivos, y retrasada por días largos.

El cáñamo cuenta con el factor lumínico como determinante para su ciclo vital, permitiendo anteceder la duración del ciclo (dependiendo del cultivar) y ajustar el momento de floración para extender el estado vegetativo (Fassio et al, 2013).

El fotoperíodo crítico es menor para plantas macho que para plantas hembra (ejemplo: 13 horas para machos y 12,5 horas para hembras), por lo que las plantas masculinas tienen una respuesta anticipada al fotoperíodo crítico, floreciendo antes (Borthwick y Scully, 1954).

La respuesta al fotoperíodo es característica de cada variedad comercial, es producto de selección genética y su comportamiento se estudia para conocer la viabilidad comercial. Algunos genotipos están estrictamente adaptados a latitudes altas, por lo que florecen temprano en latitudes bajas y se denominan cultivares de ciclo corto (De Meijer, 1995).

4.5.2 Temperatura

La temperatura óptima para la germinación es 24 °C (Ceapoiu, 1958). Temperaturas menores demoran el proceso, que usualmente lleva de 3 a 7 días (Clarke, 1999). La temperatura mínima de germinación es 0 °C (Van der Werf et al, 1995a). La emergencia 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. Durante su desarrollo, las plántulas resisten temperaturas mínimas de -8 a -10 °C y hasta -6 °C las plantas adultas en heladas cortas (Van der Werf et al, 1995b).

Teniendo en cuenta que el ciclo del cultivo estaría ubicado en los meses libres o de menor frecuencia de heladas (octubre- abril), se concluye que no existe un riesgo importante de daños por heladas al cultivo de cáñamo en Uruguay (Fassio, 2013).

La plasticidad que tiene este cultivo en cuanto a destino final del producto vegetal sea para producción de fibra o semilla, lleva a establecer prácticas agronómicas variables (Amaducci et al, 2015) con el afán de obtener el máximo potencial alcanzable. Existe evidencia de que para llegar al óptimo en cuanto a calidad de fibra o semilla es necesario utilizar densidades de siembra diferentes (Campiglia et al, 2017).

4.5.3 Requerimientos hídricos

Son variados a lo largo del ciclo del cultivo, pero hay ciertos límites a tener en cuenta. Su alta producción de materia seca por hectárea, con aproximadamente 15 toneladas, demandan altas cantidades de agua. Las necesidades rondan en los 250 mm a 450 mm teniendo en cuenta la humedad en el suelo (Ranalli y Venturi, 2004). En la germinación y emergencia, la planta no exige mucha agua, salvo la humedad necesaria para emerger. Luego de la formación del quinto par de hojas esta incrementa sus necesidades hídricas (Fassio et al, 2013).

Vale destacar que el cáñamo no se desarrolla óptimamente en suelos húmedos en superficie y necesita de suelos bien drenados. Según Lisson y Mendham (1998) la exploración radicular para extracción de nutrientes y agua puede alcanzar los 140 cm de profundidad. Estos autores también establecen que la aireación del suelo y estructuras franco arenosa, son ideales para desarrollar buen cuerpo vegetativo a base de una buena implantación a nivel radicular.

4.5.4 Protección vegetal

Se estima que existen alrededor de 272 especies de insectos que atacan el cannabis (Mostafa y Messenger, citado por Fassio 2011), expresan que especialmente los ácaros, lepidópteros y homópteros son los que tienen mayor influencia. Es común la presencia de *Tetranychus urticae*, insectos del género Aleyrodidae (mosca blanca), y ciertos Thysanopteros siendo algunas de las principales causas de enfermedad. Estos insectos son los que provocan mayor desgaste para elaborar un método de control eficiente (Mostafa y Messenger, 1972).

El género *Cannabis sativa* posee muy pocos patógenos específicos, aunque ciertos tipos de agentes, como *Botrytis cinerea* o especies de *Fusarium*, provocan daño económico. Al estar presente en otros cultivos convencionales, persiste la fuente de inóculo en el suelo. En lo que respecta al Moho gris (*Botrytis cinerea*), es una enfermedad que prolifera más rápidamente con temperaturas frías a templadas y en condiciones de humedad. Es por ello que en Uruguay se debe hacer un control persistente ya que la humedad relativa suele ser alta en promedio (Fassio et al, 2013).

Su daño es visible en las inflorescencias femeninas ya que estas retienen la humedad necesaria para la proliferación del hongo. Las consecuencias visibles en la planta es el marchitamiento de plántulas. El método de control debe hacerse luego de la cosecha, donde necesariamente se debe colocar el material en lugares con baja humedad para inhibir la formación de hongos (Fassio et al, 2011).

Al ser una planta que tolera las sequías el contenido de humedad relativa en el suelo debe ser bajo, alrededor de 40 % - 50 % (Franck, 1988), sino puede propiciar enfermedades por hongos (*damping off fungi*). Es común en cultivos sembrados a cielo abierto, y el cáñamo industrial no es la excepción. Ocurre decoloración en hojas en tonos de amarillo pálido comenzando por raíces amarronados evidenciando un debilitamiento vegetativo. Puede alcanzar la muerte y vuelco de la planta (Kirchner, 1906).

Por último, la *Septoriosis* ocasiona daños en hojas inferiores dando como resultado la disminución del área fotosintética, presentando lesiones de color blanco, amarillo, ocre o marrón grisáceo. Su control es esencial para impedir su multiplicación y evitar futuros daños severos. Las especies que ocasionan la enfermedad se denominan: *Septoria cannabis* y *Septoria neocannabina* (Fassio et al, 2013).

En las primeras fases de desarrollo es imprescindible el control de las hormigas. Algunos expertos insisten en la idea que el cáñamo sí tiene problemas con parásitos y enfermedades. Para altos rendimientos, cultivos extensivos y monocultivo, la sanidad puede alterar el rendimiento final. Las cuatro formas de control son: mecánico, biológico, cultural y químico. En *Cannabis sativa* el control suele ser mecánico y cultural, ya que aplicaciones de fungicidas o insecticidas no son usuales a gran escala (Conrad, 1994; Herer, 2000).

4.5.5 Fecha de siembra

La duración del ciclo es de aproximadamente 4 a 5 meses para rendimiento de semilla, el cual se divide en 4 estadios anteriormente nombrados. La fecha de siembra óptima es aquella que produce los mejores rendimientos teniendo en cuenta los condicionamientos del lugar. Para el hemisferio sur es entre los meses de septiembre y diciembre. La bibliografía recomienda que la siembra óptima debe ser lo más anticipada posible para que el cultivo alcance su máximo potencial productivo, luego de un cereal de invierno preferentemente (Faux et al, citado por Amaducci et al 2015).

La elección de la fecha de siembra permite predecir en qué momento se dará la floración del cultivo dependiendo de las características de largo de ciclo de cada variedad y las latitudes donde se siembre. La pérdida de rendimiento puede estar directamente relacionada con una incorrecta decisión de la fecha de siembra (Consentino et al, 2012).

De acuerdo con Amaducci et al (2005), el cultivo requiere de la máxima incidencia solar posible al momento del llenado de grano, junto con temperaturas moderadas. La etapa que más influye en el rendimiento de grano final es el período que se comprende entre el estado vegetativo y la inducción floral. Es importante lograr un área fotosintética adecuada previo a

alcanzar el estado reproductivo, según Struik et al (2000) para el cierre de canopeo son necesarios entre 400-450 grados-día.

El estado vegetativo procede desde la emergencia hasta la aparición de los primordios florales en el 50 % del cultivo. A partir de ese momento la conversión de materia seca por interceptación solar disminuye drásticamente.

Si la planta no recibe las horas luz mínimas, la floración puede ser inducida y habrá una baja en el rendimiento final. Debido a esto es importante determinar dos factores que correlacionados influyen en la producción: Fecha de siembra y variedad a plantar (genotipo x ambiente) (Amaducci et al, 2015).

En el Norte de Tailandia en 2009 mediante la realización de ensayos, se constató la importancia de las siembras tempranas para Cáñamo. Las plantas lograron un estado vegetativo más extenso a mayor altura mientras que en siembras tardías la altura era menor y el desarrollo vegetativo más corto. Igualmente lograr tallos largos no es el propósito cuando se siembra para semillero, sino priorizar la formación de cabezuelas voluminosas (Small, 2016).

Por otro lado, en el ensayo de Faux et al (2013), se analizó el rendimiento final de semilla y fibra de cinco variedades monoicas de cáñamo industrial en 2007 y 2008, en dos sitios de Bélgica utilizando 5 fechas de siembra entre 17 de abril y 27 de junio.

Vinculado a la duración de cada momento fenológico, desde emergencia a cierre de canopeo, del momento de emergencia hasta la floración y duración del llenado de grano, etc. Los días a cierre de canopeo se acortaron cuando se atrasó la siembra de 32 a 23 días.

Por otro lado, la duración de días a floración femenina como masculina también se acortaron al postponer la siembra, ocurriendo antes la floración masculina en cada variedad y siembra (Faux et al, 2013).

La Figura 3 muestra las gráficas de regresión en cada fecha de siembra y cada variedad del ensayo anteriormente caracterizado. Demostrando una reducción en el rendimiento de semilla y fibra al demorar la fecha de siembra.

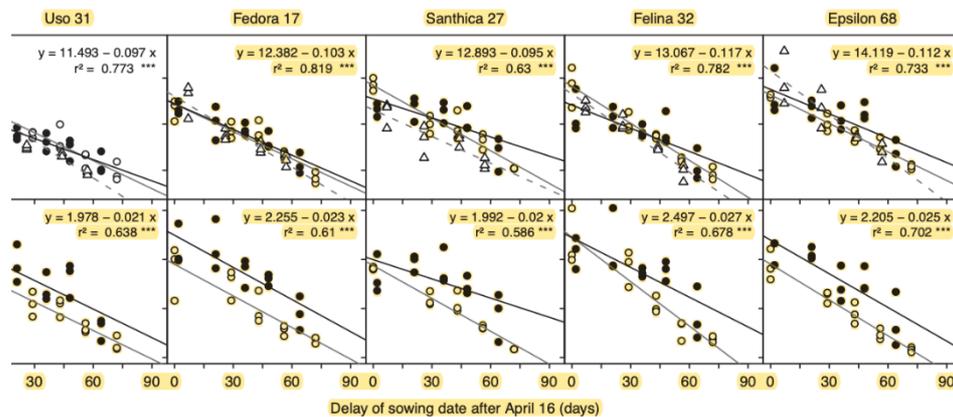


Figura 3: Efecto de retrasar la fecha de siembra en los rendimientos de materia seca del tallo (arriba) y de la semilla (abajo) para cinco cultivares de cáñamo monoico en dos sitios en Bélgica en 2007 y 2008. Se dan la ecuación y r^2 de la regresión general (no mostrada).

Fuente: Tomado de Faux et al 2013.

4.5.6 Fertilización

El cultivo de cáñamo presenta requerimientos distintos de acuerdo con el destino final que se le otorgue. Según Duke (1982) el pH conveniente es 6,5. En niveles inferiores a 5 el cultivo podría presentar más dificultades para desarrollarse. Respecto a la fertilización, el cultivo requiere 75 kg de nitrógeno, 38 kg de fósforo y 103 kg de potasio por hectárea según el experimento de fertilidad realizado por Van der Werf (2004).

Por otro lado, la Tabla 2 compara los requerimientos nutritivos de macronutrientes para diferentes cultivos de agricultura tradicional como maíz, trigo y avena en comparación con *Cannabis sativa* con diferentes fines productivos. Los valores de fertilizante varían según estudios, esto claramente puede estar influenciado por el genotipo utilizado, la fertilidad del suelo y el factor clima (Berger, 1969; McEne, 1991; Wolf, 1999). Sin embargo, se mantiene una relación entre N, P y K extraído por la planta, donde la mayor extracción es de Potasio para planta entera y tallo, continua con nitrógeno y por último fósforo en menor proporción (Fassio et al, 2013).

En cuanto a semilla, el Cáñamo extrae mayormente nitrógeno disponible en el suelo, posteriormente fósforo y en cantidades menores calcio, potasio, magnesio y micronutrientes (McEne, 1991) (Tabla 5).

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

Tabla 5: Extracción de nutrientes por cultivo.

Fuente: Tomado de Wolf 1999; Berger 1969; McEne 1991.

En otro estudio realizado en E.E.U.U, la variedad USO 31 produjo 5250 kg de materia seca por hectárea (MS) y 420 kg de semilla, estableciendo que en planta entera (analizando por órgano aisladamente), el

tallos acumulan la mayor cantidad de materia seca. En ese momento aumentaba 165 kg/ha/día. Se puede observar (Figura 4) que el ritmo de acumulación de MS/ha se da a fines de julio, o enero como mes homólogo en el hemisferio sur, por lo que existen dos filas de meses en el eje X. La fila superior corresponde al ensayo en cuestión, mientras que, la fila inferior fue agregada para ejemplificarlo con el hemisferio sur (Heard, 2001).

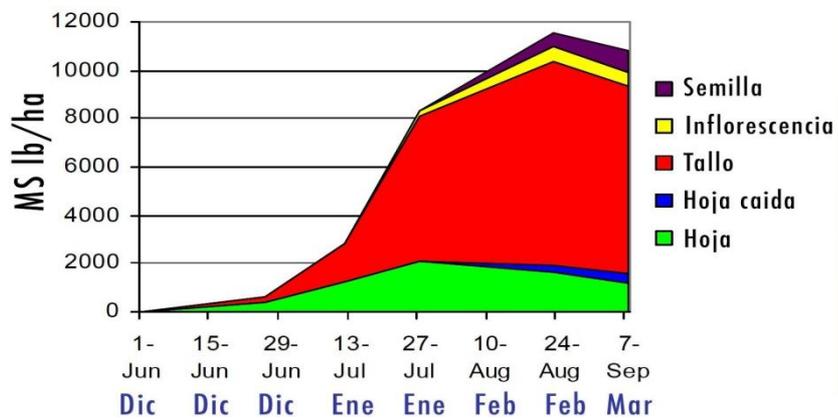


Figura 4: Acumulación de Materia seca por hectárea diferenciando por órgano.
Fuente: Tomado de Heard 2001.

En la Figura 5, el nitrógeno es el nutriente más acumulado por el tallo y la hoja en la etapa vegetativa. En el estado reproductivo, este nutriente tiende a translocarse hacia semilla e inflorescencia al terminar su ciclo.

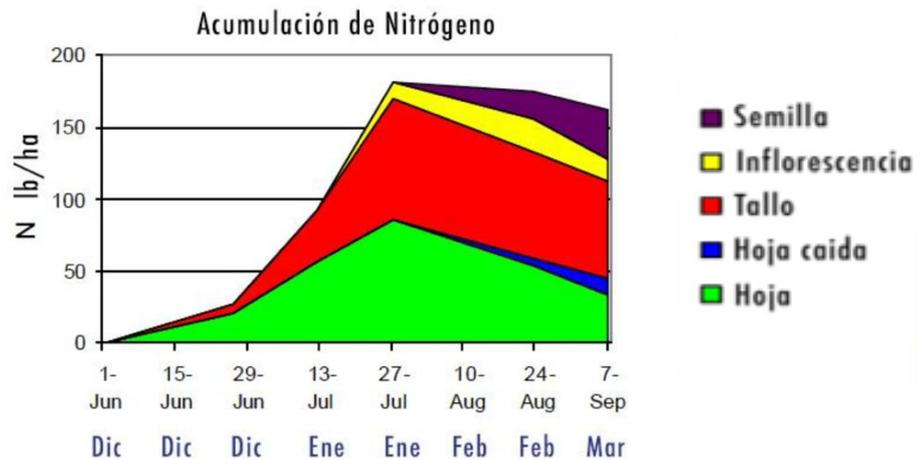


Figura 5: Extracción de Nitrógeno por órgano durante el cultivo en lb/ha.
Fuente: Tomado de Heard 2001.

Como nombramos anteriormente, la figura 5, 6 y 7 poseen dos filas de meses en el eje X para extrapolar lo que ocurre en el hemisferio norte y sur a nivel estación del año.

El fósforo es el nutriente que más extrae la semilla, con valores de hasta 40 % del fósforo extraído al final del ciclo (Figura 6), en un total de 19 kg de P2O5 por hectárea. A su vez contiene en grandes cantidades azufre y en menor cantidad Ca y Mg siendo casi despreciable (Fassio et al, 2011). Este estudio evidenció que la cantidad de nutrientes (P, K, N, Ca, Mg, S) permanecen en el tallo a excepción del P que se encuentra en la semilla (Heard, 2001).

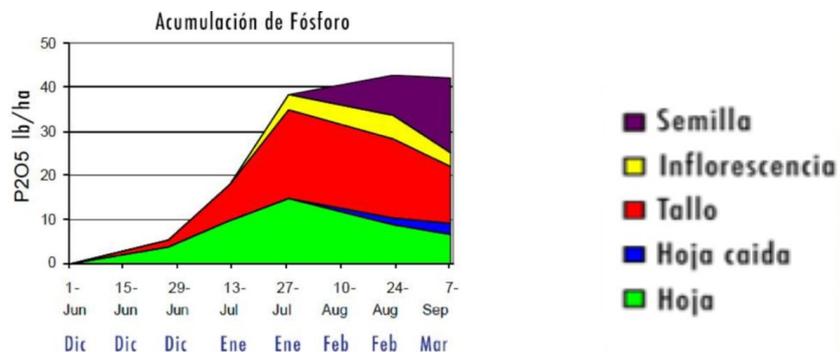


Figura 6: Extracción de Fósforo por órgano durante el cultivo en lb/ha.
Fuente: Tomado Heard 2001.

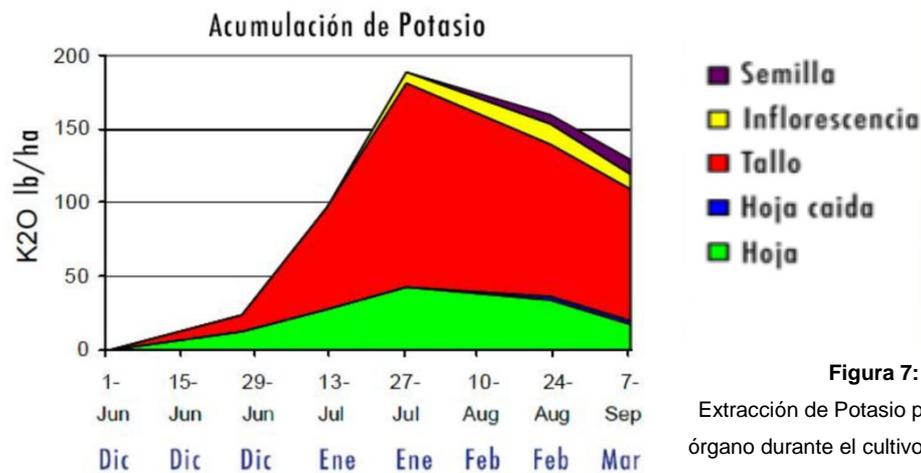


Figura 7:
Extracción de Potasio por órgano durante el cultivo en lb/ha.

Fuente: Tomado de Heard 2001.

La Figura 7 evidencia la acumulación de K en el tallo en comparación con las demás estructuras. Es importante destacar que el punto máximo de cada gráfica coincide con el final del estado vegetativo.

4.5.7 Cosecha

Existen varios indicios para establecer el momento de cosecha, en cultivares dioicos las plantas presentan protandria, la planta macho madura antes que la femenina y por lo tanto también muere con antelación. Para la producción de semilla es altamente probable que no haya ejemplares masculinos vivos en la cosecha (Fassio et al, 2013).

Por otro lado, la planta en estado avanzado reproductivo transloca nutrientes de las hojas inferiores a las más jóvenes, se observa una senescencia de las hojas viejas desde la base de la planta hacia arriba (Rosenthal, 2010).

Para la cosecha del grano de cáñamo, puede determinarse el momento óptimo cuando las inflorescencias comienzan a abrirse

(dehiscencia). La maduración de las inflorescencias avanza desde la base hasta el ápice, cuando las ramas medias son sacudidas y se observa caída de semillas, estamos en el punto óptimo de trilla (Robinson, 1943).

Las variables climáticas pueden denotar cosechas tempranas o tardías. Las condiciones predisponentes son la ausencia de precipitaciones en días anteriores y posteriores, para asegurarnos bajos contenidos de humedad en los primeros horizontes del suelo (Tang y Amaducci, 2016).

4.5.8 Caracterización de las variedades estudiadas

Los cultivares a analizar en el ensayo son materiales genéticos seleccionados por Ecofibre Ind. Operations.

CHY: Variedad dioica de cáñamo. Su ciclo es largo y floración extensa, adaptada a latitudes subtropicales. Fibra.

CHA: Variedad dioica de cáñamo. Su ciclo es medio-largo y floración extensa, adaptada a climas tropicales, subtropicales. Tanto la CHY y CHA son utilizados comúnmente en Canadá (Ecofibre LTD.)

PR13: Variedad dioica de cáñamo. Ciclo medio y floración media, adaptada a latitudes altas. Demuestra adaptación favorable en Tasmania.

La Figura 8 muestra las zonas donde cada variedad está adaptada a desarrollarse de manera óptima en una siembra de verano. Ya que las latitudes están correlacionadas a cierto fotoperíodo, estas áreas se encuentran entre paralelos terrestres, (Elaborado con base en información proporcionada por Ecofibre ltd).

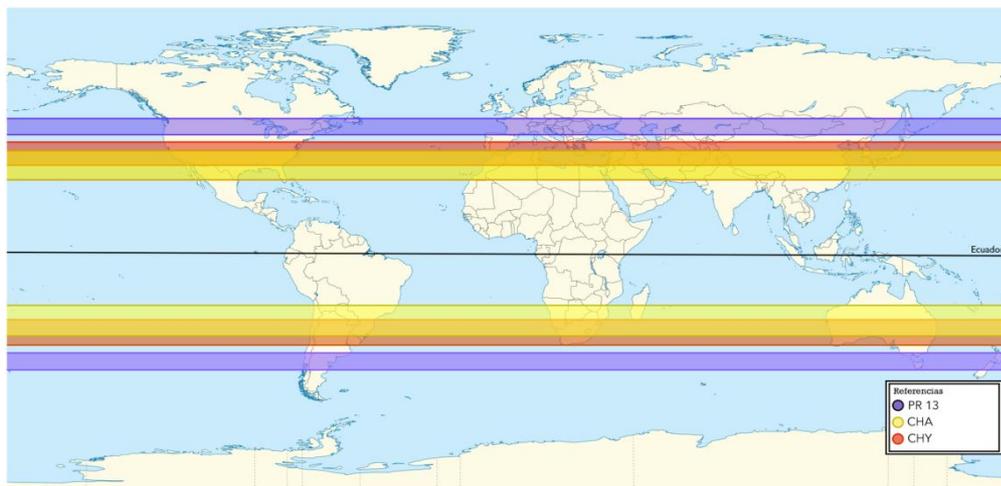


Figura 8: Rango de latitudes adecuadas para el cultivo de las variedades PR13, CHA, CHY
Fuente: Elaborado con base a información de Ecofibre Ltd.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general en el presente trabajo es determinar el efecto de la época de siembra de tres variedades sobre el rendimiento final de grano, para comparar el potencial productivo de cada genotipo y su adaptabilidad a las condiciones climáticas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relevar datos fenológicos de cada estado del cultivo por variedad.
- Establecer la fecha de siembra óptima para cada genotipo
- Analizar la viabilidad agronómica de cada cultivar

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El clima es subtropical húmedo (Cfa, según la clasificación climática de Köppen) con una temperatura anual promedio de 17,9 °C con una

temperatura mínima promedio de 6,9 °C en Junio y una temperatura máxima promedio de 31,5 °C en el mes de Enero (promedio 1960-1990).

Las precipitaciones anuales alcanzan los 1218 mm donde la mayor concentración se da en los meses de febrero y marzo. Es importante destacar la gran variabilidad que existe entre los años (conocido como efecto año), por lo que el promedio no es un dato confiable y estricto.

6.2 UBICACIÓN

El ensayo se llevó a cabo en el Departamento de Paysandú, ubicado al Noroeste del territorio uruguayo. Exactamente en la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” (E.E.M.A.C.) de la Facultad de Agronomía (32°19'17" S), Universidad de la República, ubicada en el kilómetro 363 de la Ruta 3, desde noviembre del 2017 hasta mayo del 2018. Se obtuvieron las precipitaciones, la radiación incidente por día y, las temperaturas medias máximas y mínimas por localidad, lo que nos permitió calcular la temperatura media diaria para distintas etapas fenológicas del cultivo.

6.3 SUELO

Según CONEAT la zona del ensayo pertenece al tipo de suelo 10.3, unidad San Manuel. El origen geológico trata de sedimentos limosos consolidados, posiblemente del material Fray Bentos. El relieve es mesetiforme, con pendientes variables de 3 - 8 % (3 % en el ensayo). En las zonas altas aparecen Brunosoles Éutricos de color pardo muy oscuro, textura franco-arcillo-limosa, con fertilidad alta y moderada en conjunto con algún Solonetz. Las laderas exhiben Brunosoles Éutricos Típicos, profundos, moderadamente profundos y superficiales, de características similares a los

mencionados en el grupo anterior. En la ubicación exacta del experimento el suelo es un Brunosol Éutrico típico con una profundidad de 60-80 cm de textura franco arcillo limosa y con una pendiente de 1,5 %. (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de suelos,1979).

6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental utilizado fue factorial completo (tres variedades, tres épocas de siembra y dos densidades de siembra) con cuatro bloques.

6.4.1 Variables

Las variedades analizadas (CHY, CHA y PR13) son propiedad de la empresa Ecofibre Limited y su subsidiaria en Uruguay, Ecofibre Uruguay SA.

6.4.1.2 Fecha de siembra

Las fechas de siembra fueron definidas en función de la posibilidad y capacidad a campo. Las siembras se realizaron en las siguientes fechas: 1 de noviembre, 1 de diciembre y 19 de enero (S1, S2 y S3, respectivamente).

6.5 POBLACIÓN

El trabajo en cuestión tuvo como objetivo el manejo de la población como variable. En función de los datos recabados para el rendimiento en grano se estableció una densidad mayor a 100 plantas/m² y una población baja de 45 plantas por metro cuadrado. Para dicha población objetivo, se manejó en función de % de germinación, % de emergencia y peso de mil semillas por variedad.

Siendo que el objetivo de plantas por m² por tratamiento no fue alcanzado, el número de plantas por metro cuadrado fue menor y la distribución de los datos no son normales, se procedió a analizar el trabajo de forma descriptiva.

6.6 MANEJO Y PRÁCTICAS CULTURALES

La superficie donde tuvo lugar el ensayo tiene una superficie de 1000 m², se plantó posteriormente a un cultivo de Canola (*Brassica napus*). Las dimensiones de las parcelas fueron de 1,25 x 5 metros (6,25 m²). Cada sub-bloque distaba a tres metros de cada uno y contaba con un corredor central de 5 m de ancho por donde transitaba la maquinaria.

En cuanto al manejo de barbecho, se realizaron trabajos de excéntrica y arado previo a la siembra.

En el momento de la siembra se fertilizó con 100 kg/ha de 18-46-0, según resultado de análisis de suelo (9,5 ppm de P Bray). Se sembró de forma directa a una profundidad de 1,5 centímetros con una distancia entre surco de 0,15 m.

En cuanto a malezas, las mismas fueron extraídas de forma manual cuando fue debido, con el objetivo que las mismas no fuesen un impedimento en cuanto a competencia por luz, agua y nutrientes para un correcto desarrollo del cultivo.

Se destaca que luego del cierre del canopeo no fue necesaria ninguna acción posterior en cuanto al manejo de malezas.

Lo que respecta a la exigencia hídrica y decisión de riego, la misma fue tomada en función de las precipitaciones y priorizando que el cultivo no

presente deficiencias hídricas principalmente en estado emergencia y vegetativo.

Luego de cada siembra, se procedió a regar en diferentes ocasiones emulando precipitaciones de 20 mm, manteniendo las mejores condiciones posibles para el desarrollo del cultivo en estado vegetativo. Cuando fue necesario (aproximadamente cada 14 días), se procedió a un riego manual por aspersión.

Cabe destacar que luego de alcanzada la floración no se regó más. La Tabla 6 evidencia las precipitaciones acumuladas por siembra junto con el riego aplicado.

Tabla 6: Precipitaciones totales en cada fecha de siembra.

Fecha de Siembra	Lluvia efectiva (mm)	Riego adicional (mm)	Agua Total (mm)
1	734	80	814
2	509	60	569
3	418	40	458

6.7 COSECHA Y POST COSECHA

La cosecha fue realizada de forma manual, escalonada y priorizando el estado fenológico por parcela y por variedad. Cada 10 días se identificaba las parcelas en estado óptimo de cosecha, y se procedía a su cosecha.

Se realizaban cortes transversales en los tallos a una altura de 2,15 m promedio en las variedades CHY y CHA y 50 cm promedio en PR13

cuando los granos se observaban como demuestra en la Figura 9. Posteriormente, se colocaban en bolsas de papel permeables, facilitando el proceso de secado y reduciendo el riesgo de aparición fúngica. Las mismas se rotulaban con su variedad y época de siembra correspondiente y se colocaban en hornos a una temperatura de 60 °C para extraer la humedad de las partes vegetativas. Este proceso tenía una duración de 4 días aproximadamente.

La Figura 9 muestra una inflorescencia a 75 días de floración aproximadamente. Donde el grano ya está duro y firme al tacto. La semilla ya tiene potencial de germinación en este punto, sin embargo, puede permanecer en la planta hasta 2 semanas previo a la dehiscencia de las flores.



Figura 9: Inflorescencia de CHA S3 en llenado de grano.

A continuación, se descartaban los tallos y hojas adyacentes al tallo, dejando inflorescencias libres, para la posterior separación del grano.

Como último paso, se tomaron tamices de diferentes tamaños separando las semillas de la parte vegetal, tal como se muestra en la Figura 10.



Figura 10: Proceso de trilla a mano, utilizando diferentes tamices.

En la Figura 11 se observa la apertura de los cálices de la flor, aumentando la posibilidad de aparición de aves y pérdida de grano. La bibliografía recomienda no esperar hasta este punto para cosechar, ya que en la recolección puede reducirse la productividad (Amaducci et al, 2005).



Figura 11: Dehiscencia de inflorescencia de PR13.

6.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A lo largo del ensayo se tomaron una serie de datos del desarrollo del cultivo junto con factores externos como precipitaciones y por último rendimiento final de cada unidad experimental.

El programa utilizado para realizar el análisis estadístico de los datos del ensayo fue INFOSTAT (Di Rienzo et al, 2008).

Para las variables rendimiento potencial y altura promedio se realizó un análisis de normalidad Shapiro Wilks modificado. En el caso que las variables no presentaran una distribución normal las mismas se transforman a través de de Ln, Log 10, Log 2, etc. En caso de no ajustarse con la variable transformada, fue realizado un análisis de varianza no paramétrica, utilizando el test de Kruskal Wallis (prueba H).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 2017-2018

7.1.1 Incidencia del fotoperíodo en el ciclo del cultivo

La duración del largo del día varía en el año, en la Tabla 7 se muestra la tendencia en el 2017 que suele repetirse de forma cíclica todos los años. En estas latitudes los días se alargan hacia el 21 diciembre (solsticio de verano) y se acortan hacia el 21 julio (solsticio de invierno).

Tabla 7: Duración del día y eventos del ensayo.

Día	Horas luz	Evento
1 de noviembre de 2017	13h 32m 22s	1a Siembra
15 de noviembre de 2018	13h 57m 43s	Floración PR13 S1
1 de diciembre de 2017	14h 04m 31s	2a Siembra
15 de diciembre 2017	14h 15m 17s	Floración PR13 S 2
21 de diciembre de 2018	14h 30m 21s	Solsticio verano
19 de enero de 2018	14h 08m 22s	3a Siembra
30 de enero de 2018	13h 38m 32s	Floración PR13 S3 / Masculina CHY & CHA S1S2
15 de febrero de 2018	13h 19m 46s	Floración PR13 S3 / Femenina CHY & CHA de S1S2
28 de febrero de 2018	12h 45m 23s	Floración Masculina CHY & CHA S3
13 de marzo de 2018	12h 19m 34s	Floración Femenina CHY & CHA S3

En la Tabla 7 se puede observar la duración del día al momento de cada siembra y las fechas de floración de cada variedad, tomándose como floración del cultivo cuando el 50 % está en estado reproductivo (Mediavilla et al 1973).

En lo que respecta a las horas luz en primera y segunda siembra relacionada con los momentos de inicio de floración de las variedades CHA Y CHY, estas florecieron con fotoperíodo de 13 horas 19 minutos y 46 segundos, indicando que se encontraban en el mínimo fotoperíodo requerido

para reproducirse. No ocurrió lo mismo con la siembra 3. Posteriormente analizaremos estos datos.

Todo esto se explica por el fotoperiodo necesario para comenzar la floración para cada variedad. Por lo que PR13 resultó ser la más influenciada por las horas luz recibidas, ya que se evidencia su poca adaptación y su floración prematura a los 15 días de sembrada en cualquiera de las épocas de siembra.

7.1.2 Precipitaciones

Las condiciones climáticas dadas en los años 2017-2018, precisamente en Paysandú, fueron de un verano extremadamente seco en lo que respecta a lluvias para el cultivo. Si bien, no hubo plantas muertas, esta sequía seguramente pudo haber incidido en el rendimiento final de semilla.

En cuanto a las precipitaciones acumuladas anuales, se registraron valores de 1585 y 1444 mm en cada año respectivamente, donde el promedio de este factor en las últimas dos décadas fue de 1889 mm. Esto indica una menor presencia de agua disponible anual de aproximadamente 20 % cada año (INIA Salto Grande). Es importante destacar que en momentos es más notoria la deficiencia en precipitaciones.

En la Figura 12, se presentan las precipitaciones mensuales registradas en el campo experimental de la EEMAC y los valores de precipitaciones promedio para Paysandú, obtenidos en la serie histórica comprendida entre los años 1961 y 2009 (en base a datos proporcionados por MDN.DNM y la estación meteorológica de la EEMAC) comparadas con las precipitaciones de la zafra de estudio.

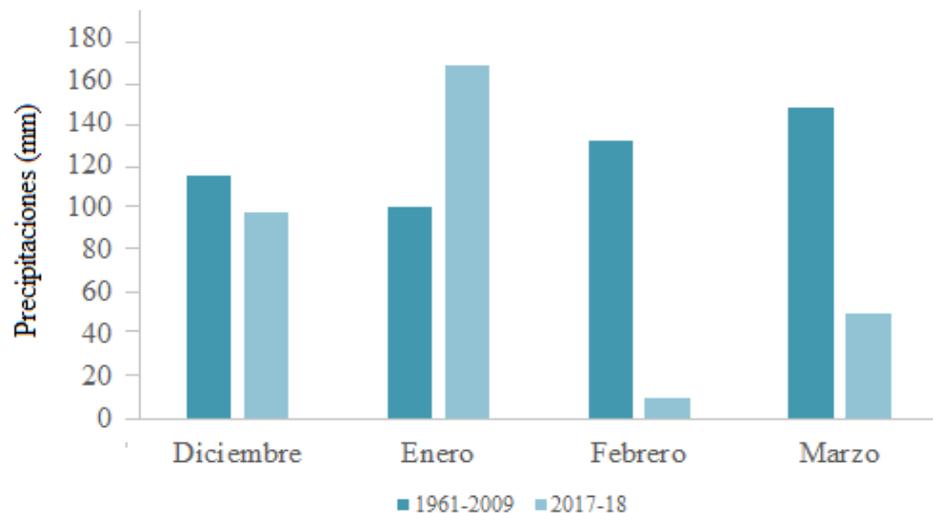


Figura 12: Precipitaciones (mm) ocurridas durante los meses de diciembre a marzo para la zafra 2017-2018 y valores promedio de la serie histórica 1961-2009.

Fuente: Elaborado en base a datos proporcionados por MDN. DNM y la estación meteorológica de la EEMAC.

Es notoria la diferencia de precipitaciones en los meses de febrero y marzo de 2017-2018 con la serie histórica, especialmente en esos meses donde las variedades CHY y CHA comenzaban a florecer y la PR13 se encontraba en llenado de grano.

Posiblemente la deficiencia hídrica haya afectado el rendimiento final en semilla por el estadio de desarrollo que se encontraba el cultivo.

7.2 DURACIÓN DEL CICLO DEL CULTIVO

Previo a la realización del ensayo, existía información sobre la adaptación de los cultivares. Por un lado, las variedades CHY y CHA muestran desarrollarse en un rango de latitudes (Figura 8) donde Uruguay se ve comprendido. Por lo contrario, PR13 muestra adaptación a latitudes más altas, teniendo requisitos distintos para su desarrollo. El comportamiento esperado de las variedades cultivadas se vio reflejado a

nivel de campo. La Tabla 8, muestra la duración del ciclo del cultivo por variedades bajo diferentes fechas de siembra.

Es importante analizar la duración del ciclo vegetativo con respecto al potencial productivo debido a que el ciclo total del cultivo se reduce significativamente en siembras más tardías (De Meijer, 1994).

Un ensayo realizado por Faux et al (2013) evidenció que el momento de floración masculina puede utilizarse para predecir el rendimiento final en semilla. Esto se vincula a que la entrada al estado reproductivo de Cannabis se muestra primero en los ejemplares masculinos y luego en los femeninos.

La duración del ciclo vegetativo se reduce al retrasar la siembra ya que la reducción del estímulo lumínico impulsa el cambio fenológico. De hecho, existen diferencias entre cultivares tempranos y tardíos en rendimiento final tanto en semilla como fibra cuando son sembrados en la misma fecha (Faux et al, 2013).

Tabla 8: Descripción del ciclo de cada variedad por fecha de siembra.

	Fecha de siembra	Días a floración	Día de cosecha	Duración total ciclo
P	1 de noviembre	25	19 de enero	79
R	1 de diciembre	15	18 de febrero	49
13	19 de enero	15	28 de febrero	40
	Fecha de siembra	Días a floración	Día de cosecha	Duración total ciclo
C	1 de noviembre	105	4 de mayo	184
H	1 de diciembre	90	4 de mayo	154
Y	19 de enero	65	24 de mayo	125
	Fecha de siembra	Días a floración	Día de cosecha	Duración total ciclo
C	1 de noviembre	105	4 de mayo	184
H	1 de diciembre	90	4 de mayo	154
A	19 de enero	65	24 de mayo	125

Como se puede observar en la Tabla 8, la variedad PR13 tuvo un desarrollo considerablemente menor en cuanto a duración del largo del ciclo. Esto puede explicarse ya que está adaptada a latitudes altas (como muestra la Figura 8), donde los días son más extensos en los meses de verano y requiere de un fotoperíodo mayor para completar su ciclo.

Por otra parte, las variedades CHY y CHA demostraron tener un ciclo similar en cuanto a duración total y días a floración. La duración del ciclo de estas dos variedades fue el mismo.

Con respecto al análisis estadístico Kruskal Wallis de rendimiento final en semilla y siembra se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), donde es posible anticipar este resultado por la duración del ciclo en cada fecha de siembra, evidenciando diferencia entre medias de la S1 y S2 con la S3.

Para días a floración, la prueba Kruskal Walis resultó en diferencias significativas tanto para las variables floración masculina como femenina (p valor $<0,05$) por variedad, demostrando ser significativamente diferente las variedades CHY y CHA, con la PR13.

Un Kruskal Wallis de días a floración femenina y rendimiento en semilla dio como resultado un p valor $< 0,0001$. Entre 15 a 60 días a floración dieron similar en el rendimiento. Se diferenciaron de 90 a 105 días a floración.

7.3 ALTURA PROMEDIO FINAL

Se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los momentos de siembra y el desarrollo del cultivo a campo.

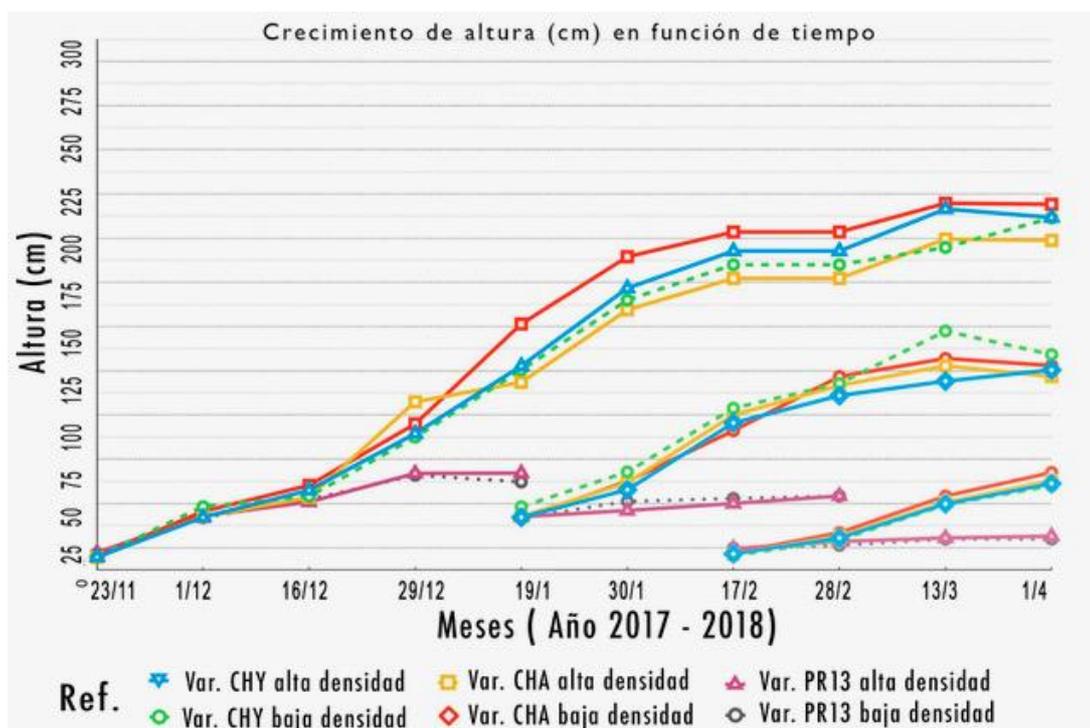


Figura 13: Evolución de altura de cada variedad por siembra a lo largo del ciclo del cultivo.

La Figura 13 muestra cómo evoluciona la altura de la planta por variedad y fecha de siembra. La altura aumenta más rápido en el estado vegetativo, en el momento que los ejemplares macho florecen (aparición de primordios florales estaminados) y aproximadamente 10 días después comienza la floración femenina y cese del crecimiento en altura.

La variedad que mayor altura alcanzó fue la CHA con 205 cm seguida por la CHY con 200 cm en promedio, 54 cm para PR13, correspondientes a la primera fecha de siembra. En la S2 la altura final fue de 117 cm, 113 cm y 51 cm para las variedades respectivamente. Entre

estas dos fechas de siembra hay una disminución de 43 % en altura final para la CHA y 44 % para la CHY, mientras que PR13 solo disminuyó 6 %.

Para la siembra 3 (19 de enero) la altura final disminuyó 75 % con respecto a la S1 para CHY y CHA. PR13 también tuvo una caída en crecimiento total, alcanzando 19 cm de altura, equivalente a 35 % de la altura en la S1. Es evidente que el momento de siembra influencia en la altura final del cultivo, por ende, una mayor producción de área fotosintética, biomasa y producción de grano.

En contraste la variedad PR13 a nivel de campo, no mostró una adaptabilidad adecuada, confirmando lo que se suponía en teoría. Las plantas comenzaron a florecer rápidamente desde la primera siembra, esto es debido al fotoperíodo crítico necesario para desarrollarse vegetativamente.

Como mencionamos anteriormente, PR13 se adapta a latitudes más cercanas a los polos (Figura 8), es decir, de días más largos y noches más cortas. Por lo tanto, al no lograr la cantidad de horas luz necesaria en sus primeros estadios, la planta inmediatamente floreció (15 días post siembra).

Esta variedad alcanzó el estado reproductivo con una altura en la primera siembra de 25 cm promedio, en la segunda siembra en 18 cm y la tercera siembra 8 cm. Se demostró claramente que PR13 no puede ser sembrada en Uruguay únicamente por la no adaptabilidad a las latitudes de nuestro país.

7.4 POBLACIÓN

Una de las variables a estudiar en el ensayo fue la densidad de siembra utilizando dos poblaciones objetivo (alta densidad: 90 plantas/m² y baja densidad: 45 plantas/m²) para determinar si existían diferencia. Dado que no se pudieron establecer en todas las parcelas por igual, se decidió no tener en cuenta este parámetro, sin embargo, la fecha de siembra permaneció como principal base a analizar.

El resultado de regresión del rendimiento en función de población dio que no tenía relación lineal $r=0,02$. Es decir, la población no demostró que incidió en lograr alto o bajo rendimiento. Podemos pensar que se debió a la baja densidad de plantas logradas por parcela.

7.5 RENDIMIENTO FINAL

Una característica importante que se pudo observar al final del ciclo a nivel de campo es que la floración de CHY es más heterogénea en comparación con CHA. Esta última variedad fue más uniforme en la maduración.

Tanto por el desarrollo a nivel de campo (Figura 14) como la productividad obtenida en grano demuestran que CHY y CHA son variedades que tienen posible potencial comercial para la explotación en nuestro país.



Figura 14: Variedades CHY (altura 155 cm) y CHA (altura 175 cm) S1 a 81 días desde la emergencia. Estado vegetativo (CHY y CHA respectivamente).

En cuanto a rendimiento en semilla, como resultado de un estado vegetativo más prolongado de las variedades CHY y CHA alcanzaron mayores niveles productivos. La Figura 15 muestra los rendimientos obtenidos por variedad en cada fecha de siembra. Como observación destacable, todas las variedades tuvieron un descenso en la producción de grano en las siembras más tardías.

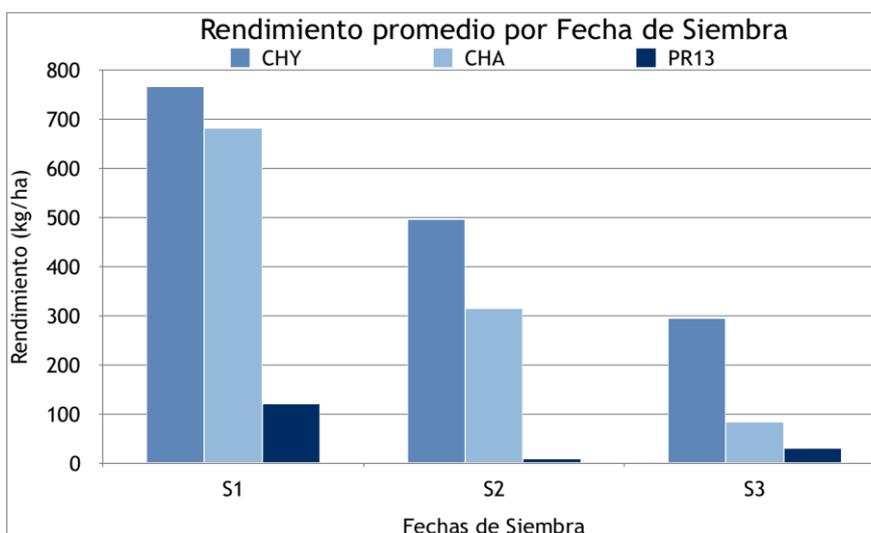


Figura 15: Rendimiento promedio de cada variedad por fecha de siembra.

En todos los tratamientos realizados de fecha de siembra, CHY fue la que tuvo mejor desempeño productivo en semilla. En contraparte PR13 alcanzó índices de cosecha extremadamente bajos. Posiblemente justificados por el tiempo entre la germinación y floración de esta variedad (Consentino et al, 2012). El estado vegetativo se acortó en cuanto aumentaba cada fecha de siembra (25, 15, 15 días para la S1, S2, S3 respectivamente).

El rendimiento de kg/ha en grano de CHY fue de 766, 599 y 295 kg para la S1, S2 y S3 respectivamente, demostrando un mayor potencial a nivel experimental con respecto a la variedad CHA. Esta tuvo rendimientos de 683, 316 y 85 kg de semilla por hectárea para las mismas fechas de siembra descritas anteriormente.

Con respecto a la PR13, es preciso acotar que la adaptabilidad de esta variedad a la latitud y clima donde se dio el ensayo es muy poca. A nivel de campo esta variedad demostró tener un comportamiento acelerado en cuanto a duración del ciclo, alcanzando la floración de forma prematura como se explicó anteriormente y una altura final baja, con respecto a las otras variedades.

En resumen, la Figura 15 evidencia que el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento es la variedad CHY sembrada en la fecha más temprana, con un valor de 766 kg/ha seguido de la variedad CHA sembrada en la misma fecha (1 de noviembre) con 682,8 kg/ha. Esto permite afirmar que para estos cultivares una siembra temprana resulta en un estado vegetativo más largo y por ende en mayor producción de semilla.

El rendimiento final en grano fue 35 % menor en la segunda siembra para CHY y 62 % menor en la última, con respecto a la S1. Para CHA, se

observó una disminución de 54% y 88 % en la segunda y tercera siembra respectivamente.

La variedad PR13 tuvo altibajos dentro de su rendimiento agronómico, producto de la adaptación a zonas de desarrollo con mayor fotoperíodo, entre otros factores determinantes como muestra la Figura 16.

Tanto la altura final como la fecha de siembra demostraron tener influencia en el rendimiento en grano del cultivo (p valor = 0,0249 y p valor < 0,0001 respectivamente).

El análisis de varianza no paramétrica Kruskal Wallis de rendimiento potencial y altura promedio (altura/var.) caracterizado por siembra resultó en diferencias significativas (p valor = 0,0249 y 0,0019 respectivamente) para ambas variables. Indicando una semejanza entre la S2 y S3 (rend/ha), en relación a la S1.

La correlación de rendimiento en semilla y altura promedio final = 0,74 (p valor < 0,0001) en general, sin discriminar por variedad.

Se puede observar en la Figura 16, el bajo desarrollo de la variedad PR13 producto de una adaptación a latitudes más altas. Esta variedad presentó el período de emergencia – floración más corta (Tabla 7), junto con un rendimiento extremadamente bajo, como muestra la Figura 16.



Figura 16: Estado reproductivo de la variedad PR13 sembrada el 1 de noviembre a 22 días de su emergencia.

8 CONCLUSIONES

La fecha de siembra óptima para las tres variedades fue la más temprana, demostrando el mayor rendimiento en semilla para todas las variedades.

La variedad CHY fue la que más se adaptó al ambiente y alcanzó un rendimiento potencial mayor en comparación con la variedad CHA y PR13.

La variedad PR13 demostró no estar adaptada a las latitudes del ensayo (30-35° sur) por alcanzar el estado reproductivo luego de 25 días de siembra, obteniendo los rendimientos más bajos en cualquier fecha.

Es posible que el fotoperíodo máximo de ciertas latitudes no sea suficiente para obtener rendimientos altos para determinadas variedades.

Posiblemente los rendimientos en semilla no pudieron alcanzar niveles tan altos como los sugeridos por la bibliografía, por escasas precipitaciones al final del ciclo del cultivo.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADUCCI, E.; SCORDIA, D.; LIU, F.H.; ZHANG, H.; TESTA, G.; COSENTINO, L. 2015. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial crops and products*. 68: 2-16.
- BALAT, M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: a review. *Energy conversion and management*. 52(2): 858-875.
- BAGHERPOUR, H.R.; AZIZPOUR, K.; ANDABJADID, S.S.; KARDAN, J. 2015. Effect of sowing date on yield and yield components of cannabis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*. 6(4): 292-295.
- BERGER, J. 1969. *The world's major fibre crops: their cultivation and manuring*. New York: Cornell University. Centre d'étude de l'azote. 294 p.
- BIRCH, J.; THE, S. 2013. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*. 30(1): 26-31.
- BLASINA, E. 2017. La victoria del cannabis. (en línea). Montevideo. Consultado: 1 Jun. 2019. Disponible en: <https://www.elobservador.com.uy/nota/la-victoria-del-cannabis-20171014500>
- BORTHWICK, H.A.; SCULLY, N.J. 1954. Photoperiodic responses of hemp. *Botanical Gazette*. 116(1): 14-29.
- BÓCSA, I.; KARUS, M. 1998. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. (en línea). Sebastopol. Consultado: 20 Jul. 2019. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Cultivation-of-Hemp%3A-Botany%2C-Varieties%2C-and-B%3%BC3%BC3a-Karus/05d7ce569a509e6be4ac2c4b88d2d3e311f93486>
- BOERSMA, M. 2018. Industrial hemp production trials in Tasmania. (en línea). Australia. Consultado: 19 Ago. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326698195_Industrial_hemp_production_trials_in_Tasmania

- CALLAWAY, J.C. 2004. Hempseed as a nutritional resource an overview. *Euphytica*. 140(1-2): 65-72.
- CAMPIGLIA, E.; RADICETTI, E.; MANCINELLI, R. 2017. Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) In Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*.100: 246-254.
- CANADÁ. Gobierno de Canadá. Ministerio de Salud. 2018. Industrial hemp licensing application guide. Canadá. (en línea). Consultado: 19 Oct. 2019. Disponible en: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/drugs-health-products/industrial-hemp-licensing-application-guide/pub-eng.pdf>
- CARUS, M.; KARST, S.; KAUFFMANN, A.; HOBSON, J.; BERTUCELLI, S. 2013. The European hemp industry: cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds. (en línea). Consultado: 23 Mar. 2018. Disponible en: <http://eiha.org/media/2014/10/13-06-european-hemp-industry.pdf>
- CEAPIU, N. 1958. Hemp, monographic study. Rumania: Editura Academiei Republicii Populare române. 734 p.
- CLARKE, R.C. 1999. Botany of the genus *Cannabis*. En: Ranalli, P. (eds.). *Advances in hemp research*. New York: Haworth. p. 1-19.
- CONRAD, C. 1994. Hemp: lifeline to the future: the unexpected answer for our environmental and economic recovery. West Point: Creative xpressions publications. 314 p.
- CONSENTINO, S.L.; TESTA, G.; SCORDIA, D.; COPANI, V. 2012. Sowing time and prediction of flowering of different hemp (*Cannabis sativa* L.) Genotypes in southern Europe. *Industrial Crops and Products*. 37(1): 20-33.
- 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.
- DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZALEZ, L.; TABLADA M.; ROBLEDO, C. 2008. Infostat, versión 2008, grupo infostat. Córdoba: FCA, Universidad Nacional de Córdoba.

- DUKE, J.A. 1982. Ecosystematic data on medicinal plants. En: Ck atal & bm kapur, Utilization of medicinal plants. New Delhi: United printing press. p. 13-23.
- ERIKSSON, M.; WALL, M. 2012. Hemp seed cake in organic broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*. 171(2-4): 205-213.
- FASSIO, A.; RODRÍGUEZ, M.J.; CARETTA, S. 2013. Cáñamo (*Cannabis sativa* L.). Montevideo, Uruguay. INIA. 88 p. (Boletín de Divulgación no. 103).
- FAUX, A. M.; DRAYE, X.; LAMBERT, R.; D'ANDRIMONT, R.; RAULIER, P.; BERTIN, P. 2013. The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*. 47: 11-22.
- FRANK, M. 1988. Marijuana Grower's Insiders Guide. Los Ángeles: Red Eye Press. 371 p.
- HEARD, J. 2001. Industrial hemp seed fertility: summary of manitoba studies. En: Reunión Anual de la Sociedad de la Ciencia del Suelo de Manitoba. (44, 2001, Winnipeg, Canadá). Avance. Winnipeg, Canadá. Manitoba. 180-185.
- HERER, J. 2000. The emperor wears no clothes: 11th ed: Van nuys, USA: Ah ha publishing. 330 p.
- JANISCHEVSKY, D. E. 1924. A form of hemp in wild areas of southeastern Russia. *Učenyje zapiski Saratovskogo Gosudarstvennogo imeni N.G. Černyševskogo Universiteta*. 2(2): 3-17.
- KAMAT, J.; ROY, D.N.; GOEL, K. 2002. Effect of harvesting age on the chemical properties of hemp plants. *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 22(4): 285-293.
- KIRCHNER, O. 1906. Hanf, *Cannabis Sativa* L. En: die krankheiten und befähigungen uherer landwirtschaftlichen kulturpflanzen. Stuttgart: E. Ulmer. p. 319-323.
- LACHENMEIER, D.; WALCH, S. 2005. Analysis and toxicological evaluation of cannabinoids in hemp foods products. *Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 4(1): 812-826.

- LISSON, S.N.; MENDHAM, N.J. 1998. Effect of plant density, sowing date and irrigation on the yield of fibre hemp (*cannabis sativa*) and flax (*linum usitatissimum*). En: *Agronomy - Growing Greener Future: Proceedings of the 9th Australian Society of Agronomy Conference* (9, 1998, Wagga Wagga, NSW, Australia). Michalk, D.L.; Pratley, J.E. (eds.). Proceedings. Wagga Wagga, NSW, Australian Society of Agronomy. Australia. p. 559.
- LU, X.; CLARKE, R.C. 1995. The cultivation and use of hemp (*cannabis sativa* L.) In ancient china. *Journal Of the Interntational Hemp Association*. 4(2): 76-79.
- McENO, J. (1991). *Cannabis Ecology: A Compendium of Diseases and Pests*. Vermont: AMRITA Press. 254 p.
- 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.
- MOSTAFA, A.R.; MESSENGER, P.S. 1972. Insects and mites associated with plants of the genera *argemone*, *cannabis*, *glaucium*, *erythroxyllum*, *eschscholtzia*, *humulus* and *papaver*. Berkeley: Department of entomological sciences, University of California, Berkeley. Unpublished manuscript. 240 p.
- OOMAH, B.D.; BUSSON, M.; GODFREY, D.V.; DROVER, J.C.G. 2002. Characteristics of hemp (*cannabis sativa* L) seed oil. *Food Chemistry*. 76(1): 33-43.
- POTTER, D. 2004. Growth and morphology of medical cannabis. The medicinal uses of cannabis and cannabinoids. En: Guy, G.W., WHITTLE, B. A., and ROBSON, P.J. eds. Londres: Pharmaceutical press. p. 17-54.
- RANALLI, P; G. VENTURI. 2004. Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*. 140(1-2): 1-6.
- ROBINSON, B.B. 1943. Hemp. Farmers' bulletin: No. 1935: Washington d.c U.S. Department of Agriculture: government printing office. p. 6-8
- ROSENTHAL, E. 2010. *Marijuana grower's handbook: your complete guide for medical and personal marijuana cultivation*. San Francisco: Quick American Archives. 448 p.
- ROULAC, J.W. 1997. *Hemp horizons: the comeback of the world's most promising plant*. Vermont: Chelsea green publishing company. 211 p.

- STRUIK, P.C.; AMADUCCI, S.; BULLARD, M.J.; STUTTERHEIM, N.C.; VENTURI, G.; CROMACK, H.T.H. 2000. Agronomy of Fibre Hemp (*cannabis sativa* L.) In europe. *Industrial Crops and Products*. 11(2-3): 107-118.
- SCHLUTTENHOFER, C.; YUAN, L. 2017. Challenges towards revitalizing hemp: a multifaceted crop. *22(11)*: 917-929.
- SMALL, E. 2016. *Cannabis a complete guide*. Boca ratón: Crc Press. 597 p.
- TANG, K.; Amaducci, S. 2016. Comparing hemp (*cannabis sativa* L.) Cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial crops and products*. 87: 33-44.
- URUGUAY. MGAP (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de suelos). 1979. *Carta de Recomendación de suelos del Uruguay*. Tomo III. Parte I, descripciones y datos físico y químicos de los suelos dominantes. (en línea). Consultado: 20 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/>
- VAN DER WERF, H.M.G. 2004a. 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.; 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 Research*. 40(3): 153-164.
- VAN DER WERF, H. M. G.; BOUWER, K.; WIJLHUIZEN, M.; WITHAGEN, J. C. M. 1995c. The effect of temperature on leaf appearance and canopy establishment in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) *Annals of Applied Biology*. 126(3): 551-561.
- VAVILOV, N.I. 1952. *The origin, variation. Immunity and breeding of cultivated plants: selected writings*. Waltham: Chronica botanica co. 366 p. (*Chronica botanica*: 13, 1-6).
- WOLF, B. 1999. *The fertile triangle: the interrelationship of air, water, and nutrients in maximizing soil productivity*. Haworth press. New York: 463 p.
- ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*. 14: 415-421.

10 ANEXOS

ANEXO 1. GERMINACIÓN

Tabla 1. Prueba de germinación de cada variedad. (50 semillas)

Var.	Semillas germinadas (2 días)	Semillas germinadas (7 días)	Suma	% prom
CHA	45	1	46	87
CHA	38	4	42	
CHA	41	2	43	
PR13	38	0	38	81
PR13	37	4	41	
PR13	42	1	43	
CHY	19	4	23	47
CHY	16	4	20	
CHY	23	4	27	

ANEXO 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 2. Correlación de Pearson

<u>Variable(1)</u>	<u>Variable(2)</u>	<u>n</u>	<u>Pearson</u>	<u>p-valor</u>
REND. POT.(Kg/ha)	REND. POT.(Kg/ha)	58	1,00	<0,00019
H. PROM FINAL(cm)	REND. POT.(Kg/ha)	58	0,74	<0,0001
H. PROM FINAL(cm)	H. PROM FINAL(cm)	58	1,00	<0,0001

Prueba de Kruskal Wallis

<u>Variable</u>	<u>siembra</u>	<u>N</u>	<u>Medias</u>	<u>D.E.</u>	<u>Medianas</u>	<u>H</u>	<u>p</u>
H. PROM FINAL(cm)	1	24	128,75	78,90	162,50	26,93	<0,0001
H. PROM FINAL(cm)	2	23	84,13	47,63	90,00		
H. PROM FINAL(cm)	3	24	24,83	36,21	0,00		

Trat. Medias Ranks

3	24,83	19,00	A
2	84,13	39,98	B
1	128,75	49,19	B

Prueba de Kruskal Wallis

Variable DÍAS FLORACIÓN F (+50%) N Medias D.E. Medianas
H 43,52 p <0,0001

REND. POT.(Kg/ha) 15	9	38,24	47,05	19,20
REND. POT.(Kg/ha) 30	8	64,80	86,41	9,60
REND. POT.(Kg/ha) 65	16	163,50	158,63	132,00
REND. POT.(Kg/ha) 90	14	421,83	296,82	315,20
REND. POT.(Kg/ha) 105	13	757,29	376,00	822,40

Trat. Medias Ranks

15	38,24	21,06	A
30	64,80	22,31	A
65	163,50	31,19	A
90	421,83	47,43	B
105	757,29	57,46	B

Prueba de Kruskal Wallis

Variable DÍAS FLORACIÓN M (+50%) N Medias D.E. Medianas
H 40,79 P <0,0001

REND. POT(Kg/ha) 15	24	35,94	61,05	7,20
REND. POT(Kg/ha) 35	8	268,60	154,01	284,80
REND. POT(Kg/ha) 65	8	58,40	70,38	37,60
REND. POT(Kg/ha) 75	14	421,83	296,82	315,20
REND. POT(Kg/ha) 90	14	703,20	414,08	816,00

Trat. Medias Ranks

15	35,94	17,81	A
65	58,40	21,69	A B
35	268,60	40,69	B C
75	421,83	47,43	C
90	703,20	53,96	C

ANEXO 3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Trata de una planta herbácea anual con un solo tallo recto y hueco, el cual contiene hemicelulosa y celulosa en mayores proporciones que lignina (Roulac, 1997; Kamat, 2002).

Sus hojas son compuestas, palmadas e imparipinnadas con número variable de folíolos, el primer par de hojas verdaderas consta de un solo foliolo, el segundo par tiene tres, aumentando de a dos hasta alcanzar once en total.

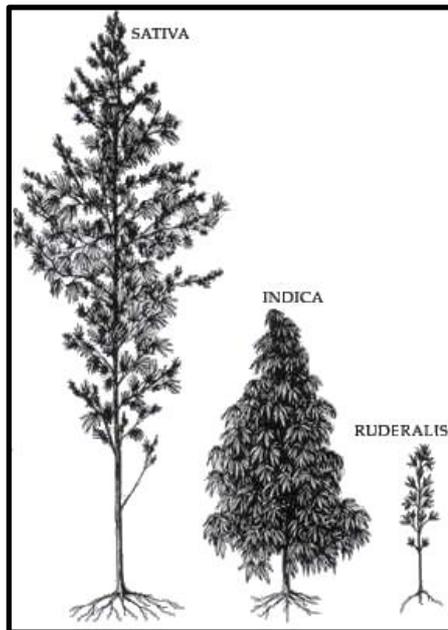


Figura 1: Morfología de los diferentes géneros de Cannabis.

Fuente: Tomado de Fassio et al. 2013.

Poseen forma lanceolada de base acuminada y margen aserrado, levemente discolor y pubescente en el envés. Su filotaxis es opuesta en estado vegetativo y torna a alterna cuando comienza el estado reproductivo, el pecíolo es largo, aunque nunca supera la longitud de la hoja. En los nudos del tallo aparecen dos estipulas libres y persistentes, al igual que en las axilas, detrás de estas emergen los primordios florales que demuestran el estado de madurez de la planta y su sexo (Roulac, 1997).

Al ser la *única* planta anual dioica (Fassio et al, 2013) dispone de ejemplares macho y hembra, con flores estaminadas y pistiladas de manera individual como describe la bibliografía. Las flores masculinas están organizadas en forma cimosa. Su androceo está comprendido por un conjunto de filamentos

adheridos a cinco estambres cortos, los cuales poseen dos anteras cada uno, rodeados por cinco sépalos que forman el cáliz.

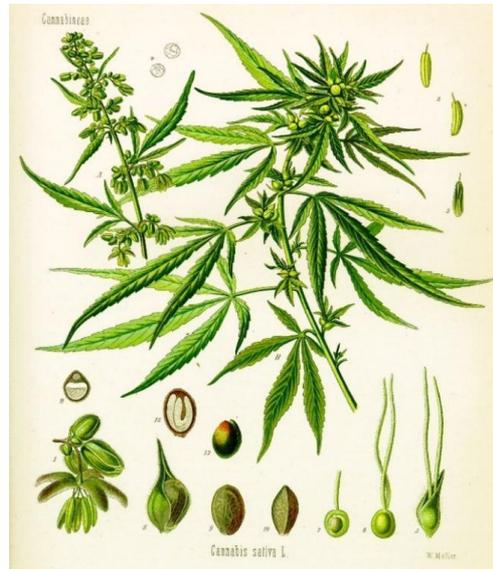


Figura 2: Ilustración botánica de los órganos reproductivos y semilla de Cannabis sativa.

Fuente: Tomado de UNODC 2018.

Las flores femeninas se agrupan como inflorescencia de manera racimosa compacta, presenta un único cáliz tubular membranoso que varía entre 2 a 9mm de largo, de este emergen dos estilos que continúan en estigmas (Figura 2). El ovario es unilocular, esto significa que cada lóculo da lugar a una semilla. Cuando el ovario es fecundado los pistilos se secan y tornan marrones (Clarke, 1999).

Existen claras diferencias entre los órganos reproductivos individualmente, sin embargo, mantienen la característica disposición cimosa. En contraste, únicamente la inflorescencia femenina presenta tricomas glandulares (Clarke, 1999).

Tanto en dioicas como monoicas, la fecundación se da por anemofilia, en las primeras el grano de polen es capaz de viajar kilómetros hasta dar con flor

pistilada. En el otro caso, lo que se da usualmente es la protandria, es decir la maduración temprana del androceo con respecto al gineceo, el cual fecunda y da lugar al fruto (Fassio et al, 2013).

Luego del encuentro entre ambos gametos, se comienza a formar el fruto, el cual luego de 3 a 6 semanas alcanza su madurez y viabilidad reproductiva. Es una nuez de forma suavemente ovoide aplanada de 2 a 6mm de largo y 1 a 4mm de ancho. Es un fruto indehiscente, duro y de textura lisa, su tegumento varía en colores y tonalidades. Botánicamente es llamado aquenio (Figura 20) el cual alberga en su interior dos cotiledones, una radícula y las primeras hojas verdaderas. Envolviendo todo esto, está el pericarpo o tegumento, protegiendo las estructuras anteriores. El peso de mil semillas varía entre 2 y 70 gramos según la variedad (Bòsca y Karus, 1998).



Figura 3: Semillas desnudas de Cannabis (aquenio maduro).

Fuente: Tomado de Catacoa 2019.

Cannabis sativa L. está comprendido dentro de la familia de las Cannabáceas.

El género se caracteriza por la producción de compuestos llamados *fitocannabinoides*, son compuestos orgánicos pertenecientes al grupo de los Terpenoles, que activan los receptores de endocannabinoides en el cerebro humano. La descripción y farmacología de los cannabinoides sigue siendo estudiada y trata de un campo nuevo de la medicina (Tang, 2016).

Las variedades de cáñamo industrial generan cantidades de CBD (Cannabidiol) relativamente altas, el cual exhibe efectos benéficos en la salud humana. Por otra parte, este cultivo produce cantidades menores a

1 % de THC (tetrahidrocanabinol) por definición (Roulac, 1997). Valores mayores a 1 % de este cannabinoide demuestran que la planta es destinada para uso recreativo (Lachenmeier y Wach, 2005).



SEMILLAS GERMINADAS EN LA PLANTA

En una parcela de PR13 que tenía pocos ejemplares y no se decidió cosechar las semillas maduras de la planta comenzaron a germinar (Figura 4), debido a la humedad acumulada por las lluvias. Este es otro indicador de que la planta ya pasó su momento óptimo de cosecha.