



**universidad
de león**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL

GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA MENCIÓN AGROAMBIENTAL

TRABAJO FIN DE GRADO

**Investigación sobre la adaptación del cultivo de cáñamo industrial al
clima de León y Asturias**

**Research about how to adapt the growth of industrial hemp to the
climate in León and Asturias**

Alumno

Diego Álvarez Rodríguez

Tutor

José Benito Valenciano Montenegro

Colaborador

Bonifacio Reinoso Sánchez

León, julio de 2023

HOJA DE CONFORMIDAD

TRABAJOS DE CARÁCTER CIENTÍFICO O TÉCNICO

Título: Investigación sobre la adaptación del cultivo de cáñamo industrial al clima de León y Asturias.

Autor: Diego Álvarez Rodríguez

ELEMENTOS DE OBLIGADA APARICIÓN

- Resumen.** De 400 palabras como máximo.
- Introducción.** Debe incluir los motivos por los que se realiza el trabajo y los antecedentes o estudios previos sobre el mismo.
- Objetivos.** Se detallarán de forma clara y concisa los objetivos que se pretenden alcanzar.
- Material y Métodos / Metodología.** Descripción de las técnicas, los materiales empleados, y los métodos de análisis de datos, de forma que se garantice la repetibilidad de los mismos.
- Resultados / Análisis / Diagnóstico.** La información obtenida con el estudio se presentará de forma sistemática, preferentemente mediante tablas y figuras que deberán ser en todo caso autoexplicativas, y deberán aparecer debidamente numeradas y referenciadas en un índice propio.
- Discusión.** Los resultados propios del trabajo deberán ser discutidos relacionándolos, en su caso, con otros de estudios precedentes.
- Conclusiones.** Deberán ser claras, concisas, y coherentes con los objetivos propuestos. En el caso de planes de ordenación de recursos forestales, propuestas concretas con objetivos, líneas y medidas.
- Planos / Mapas.** Serán obligatorios en trabajos topográficos, estudios de implantación de cultivos o transformaciones de explotaciones, y en general, cualquier trabajo técnico o científico asociado a áreas, parcelas, o territorios determinados.
- Bibliografía.** Listado de las fuentes de información utilizadas debidamente referenciadas y ordenadas.

OBTENIDA LA CONFORMIDAD <input checked="" type="checkbox"/>	El tutor/es: José Benito Valenciano Fdo.: Fdo.:
DENEGADA LA CONFORMIDAD (No se autoriza la presentación) <input type="checkbox"/>	

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Bonifacio Reinoso su apuesta por este cultivo innovador y por haberme transmitido su entusiasmo e ilusión en la investigación de cultivos.

En segundo lugar, a José Benito Valenciano, su dedicación, paciencia y guía en este TFG.

Por último, a la empresa Valle Celta por haber puesto a mi disposición el terreno en Asturias, recursos necesarios y conocimientos imprescindibles para realizar el ensayo.

Resumen

El cáñamo industrial es una planta versátil y se ha empleado a lo largo de la historia en numerosas aplicaciones, desde textil hasta alimentos y cosméticos. En España, el cultivo de esta planta tiene una larga tradición desde la Edad Media (Garrido, 2005). Sin embargo, esta tradición ha desaparecido en la segunda mitad del siglo XX debido mayoritariamente a la llegada de fibras sintéticas al mercado. No obstante, durante el siglo XXI el cultivo ha vuelto a ganar importancia debido a sus numerosas ventajas, como por ejemplo las ambientales (Hemp, 2023), ya que nuestra sociedad necesita utilizar materias primas más eficientes y menos contaminantes.

Actualmente, existen diferentes variedades permitidas por la Directiva 2002/53/CE de la Unión Europea para el cultivo de cáñamo en España. Cada variedad tiene unas características y una adaptabilidad diferente a cada clima (Clarke y Merlin, 2015).

En este trabajo fin de grado, se ha llevado a cabo una comparación de 3 variedades de cáñamo industrial en diferentes climas durante los años 2021 y 2022.

En 2021, se estudió la adaptación de la variedad Felina 32 al clima de León y Quintes (Asturias). Se analizaron parámetros generales como la altura de las plantas, el grosor de tallo o la producción de materia seca. En 2022, se realizó una investigación con más detalle sobre la adaptación de las variedades Uso 31 y Futura 75 al clima de León y Pravia (Asturias). Se estudiaron los rendimientos de fibra y cañamiza de cada variedad en los diferentes climas.

Según los resultados de 2021, la variedad Felina 32 se adaptó de forma correcta a ambos climas. Sin embargo, los rendimientos generados en León fueron superiores. En 2022, las variedades Uso 31 y Futura 75 sembradas en León, generaron cantidades superiores de fibra y cañamiza por m² que en Asturias.

Índice

1	Introducción	7
1.1	Historia del cultivo en España.....	7
1.2	Clasificación taxonómica	12
1.2.1	Cannabis sativa sativa	12
1.2.2	Cannabis sativa indica	12
1.2.3	Cannabis sativa rudelaris.....	13
1.3	Variedades de cáñamo industrial.....	13
1.4	Morfología de la planta	15
1.4.1	Tallo.....	15
1.4.2	Hojas	16
1.4.3	Inflorescencias.....	17
1.4.4	Raíz	19
1.4.5	Semillas	19
1.5	Ciclo vegetativo	20
1.6	Ventajas del cultivo.....	22
1.7	Usos del cáñamo	23
1.8	Usos de fibra de cáñamo	23
1.8.1	Composición de la fibra.	24
1.9	Usos de la cañamiza	25
1.10	Exigencias del cultivo	26
1.10.1	Suelo y nutrientes.	26
1.10.2	Temperatura	26
1.10.3	Fotoperiodo	27
1.10.4	Agua	27
1.11	Rendimientos del cultivo.....	27
1.12	Cultivo	28
1.12.1	Preparación del suelo	28

1.12.2	Siembra	28
1.12.3	Labores del cultivo.....	29
1.12.4	Enfermedades	29
1.12.5	Cosecha	30
1.12.6	Procesado	30
2	Objetivos.	33
3	Materiales y métodos.....	34
3.1	Materiales y métodos 2021	34
3.1.1	Situación geográfica las parcelas	34
3.1.2	Parcelas	34
3.1.3	Clima	35
3.1.4	Material vegetal	36
3.1.5	Preparación del terreno	37
3.1.6	Siembra	38
3.1.7	Labores y operaciones del cultivo.....	39
3.1.8	Cosecha	41
3.1.9	Registro de datos en campo	41
3.1.10	Registro de datos en laboratorio	44
3.2	Materiales y métodos 2022.....	48
3.2.1	Situación geográfica de las parcelas.....	48
3.2.2	Parcelas	48
3.2.3	Clima	49
3.2.4	Análisis de suelo.....	50
3.2.5	Material vegetal	51
3.2.6	Preparación del terreno	54
3.2.7	Siembra	54
3.2.8	Operaciones y labores del cultivo	55
3.2.9	Cosecha	56

3.2.10 Registro de datos en campo	58
3.2.11 Fermentación y procesado.....	59
3.2.12 Registro de datos posteriores a la fermentación	61
4 Resultados y discusión.	64
4.1 Resultados y discusión 2021	64
4.1.1 Asturias 2021.....	64
4.1.2 León 2021.....	67
4.2 Resultados y discusión 2022	70
4.2.1 Mitad de ciclo 2022.....	70
4.2.2 Ciclo entero 2022.....	73
5 Conclusiones.	78
6 Bibliografía.....	79

1 INTRODUCCIÓN

El cáñamo (*Cannabis sativa* L.) es una planta herbácea anual que se ha empleado para producir diferentes tipos de materias primas y productos durante muchos siglos. La planta de cáñamo genera principalmente 3 materias primas. Estas son: cañamiza, fibra y semillas. Este cultivo, presenta numerosas ventajas para el medio ambiente y se adapta a sistemas de producción sostenibles (Hemp, 2023). En los últimos años, el interés por el cultivo del cáñamo ha crecido de manera notable ya que además de sus beneficios, se están buscando nuevas fuentes de fibra sostenibles para encontrar alternativas a cultivos como el del algodón. También se pretende, reducir el impacto de la industria papelera sobre los bosques activos (Ranalli y Venturi, 2004). La demanda de cañamiza también ha aumentado en este siglo, ya que en el pasado no se le daba ningún uso, pero ahora se producen todo tipo de materiales destinados a construcciones sostenibles o para animales.

No obstante, la producción de cáñamo no es siempre sencilla y ventajosa frente a otros cultivos. Esto se debe a que los rendimientos van a depender de la variedad que se siembre y de las condiciones del cultivo (Clarke y Merlin, 2015). Existen numerosas variedades de cáñamo industrial en el mercado. Los bancos de semillas dan unas especificaciones técnicas de estas variedades para algún tipo de latitud. Sin embargo, en España, no se han realizado a penas ensayos en los que se comparen los rendimientos de diferentes variedades y como es su adaptación al clima que pueda darse en diferentes ubicaciones de la península.

1.1 Historia del cultivo en España

El cáñamo, es conocido entre otras cosas por sus amplios usos desde tiempos inmemorables. Fue una de las primeras especies tratadas por los humanos y se piensa que comenzó a cultivarse en China hace 8500 años (Schultes y Hofmann, 1980). Más tarde, se fue expandiendo hacia el oeste entrando a Europa hace 3000-4000 años. Sin embargo, fue hace 2500 años cuando su cultivo se conoció en todo el continente europeo (Small, 2015).

En el siglo VII a.C los celtas que se encontraban en la vieja Europa, exportaban desde la actual Marsella, cuerdas y estopas fabricadas con cáñamo, a todo el mediterráneo (Molina, 2008). En la época romana el cáñamo se cultivaba en el sur de la Península Ibérica (García Sánchez, 2011).

En la Europa medieval el cultivo de cáñamo a pequeña escala era común, ya que a menudo la gente lo cultivaba para el uso doméstico debido a su buena adaptación a los diferentes climas y suelos que se daban en aquella época. Desde el siglo XVIII España empezó a competir en la industria del cáñamo contra Italia. Sin embargo, nunca se ha atribuido una causa clara a este hecho, ya que las técnicas de mecanización que tenían eran similares y las de fermentación de la materia vegetal también. Cabe la posibilidad de que las razones por las que la fibra de Italia era de mayor calidad sea por las condiciones climáticas que allí se daban en comparación con España. Además, intervenía un factor claro sobre los costes de producción ya que en España se necesitaba cultivar en zonas de regadío lo que suponía una mayor renta mientras que en Italia no necesitaba riego. (Garrido, 2005)

En la Edad Moderna el cultivo fue ganando importancia hasta que a mitad del siglo XVIII se expandió de forma notable por toda España. El principal motivo de este crecimiento fue el abastecimiento de la industria naval del país (Garrido, 2005).

El cáñamo se cultivaba por casi toda España. No obstante, entre el País Valenciano, Aragón, Cataluña y Granada producían entre el 80% y el 90% de la cosecha total (Garrido, 2005).

La época dorada del cáñamo español fue corta y comenzó a empeorar en el siglo XIX debido al desplome de los precios y aumento de las importaciones. En 1875 comienza a considerarse que es un cultivo ruinoso y en retroceso ya que las importaciones aumentaron y no compensaba cultivarlo en España (Garrido, 2005).

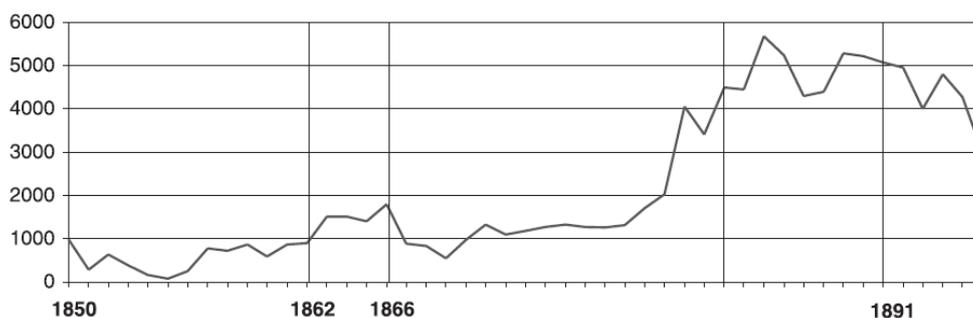


Figura 1 Importaciones españolas de cáñamo en la segunda mitad del siglo XIX en TM (Garrido, 2005).

No obstante, en los comienzos del siglo XX, la producción industrial de cáñamo se concentra en Cataluña y varias empresas del sector se fusionan en 1904 y 1906. De este modo consiguen alcanzar su viabilidad económica de nuevo (Millán, 2015).

La creciente demanda del cáñamo en esta primera mitad del siglo se debió a varios factores. El principal era que la I Guerra Mundial hizo desaparecer la

competencia que existía con Rusia e Italia, y por lo tanto se empezó a exportar cáñamo a buenos precios, sobre todo a Francia (Millán, 2015).

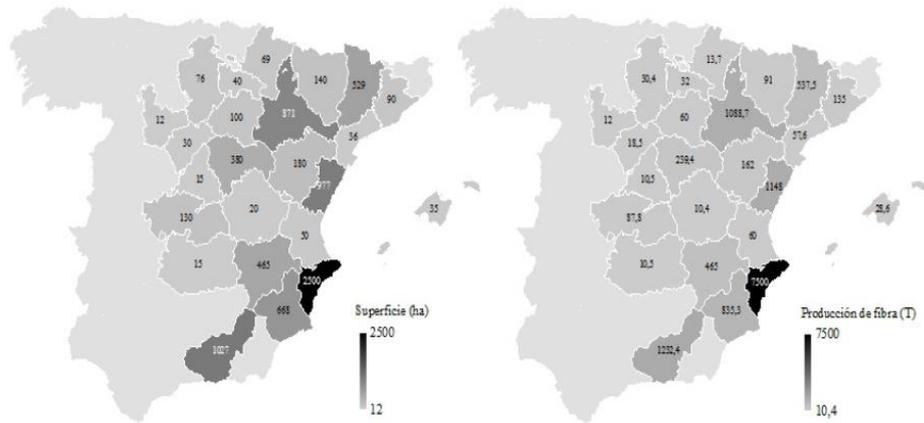


Figura 2 Distribución en provincias de las hectáreas cultivadas y las toneladas de fibras producidas en 1922 (Alonso Esteban *et al.*, 2022).

En 1928 se creó el Comité Oficial del Cáñamo. Este estaba formado por tres representantes de los agricultores y cinco representantes de la industria. Las labores de este comité eran clasificar las cosechas, fijar sus precios mínimos, llevar a cabo mejoras en los cultivos...Para conseguir mejorar los cultivos se creó una granja experimental en la Vega del Segura (Alonso Esteban *et al.*, 2022).

En España, entre los años 1925 y 1930, se cultivaron en la provincia de Alicante una media de 610 hectáreas (Vallejos *et al.*, 2006).

Como se puede observar en la figura, en las últimas décadas del siglo XX el cultivo del cáñamo creció notablemente en Europa.

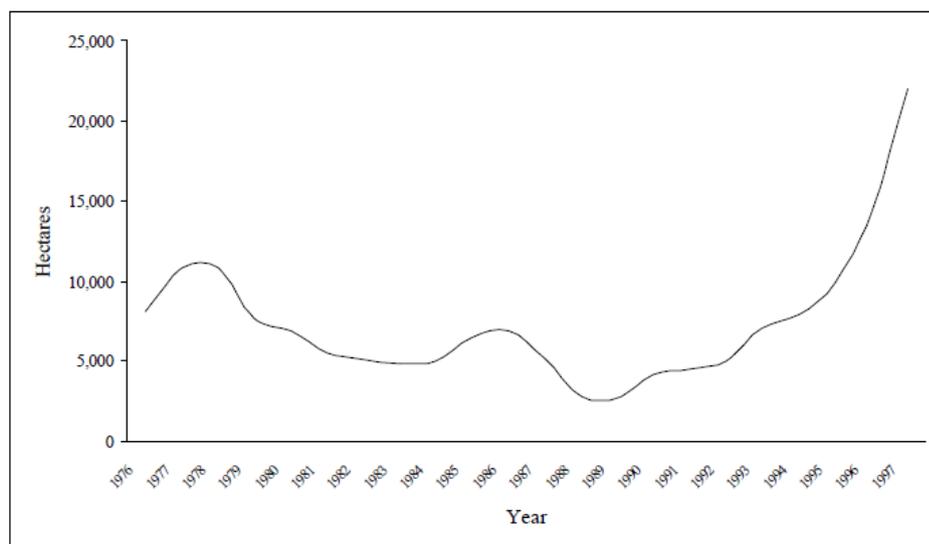


Figura 3 Área destinada al cultivo del cáñamo en Europa (Bócsa y M. Karus, 1998)

En el 2001, se cultivaron 800 ha en el interior de Cataluña aprovechando la fibra, cañamiza y las semillas. (Acosta, 2001).

En la figura se puede apreciar la evolución del cultivo del cáñamo desde el 2010 al 2020. En los comienzos de la década el cultivo era prácticamente nulo en España. A partir del 2013, el número de hectáreas cultivadas comienza a despegar ligeramente hasta que en el 2019 la producción se dispara exponencialmente.

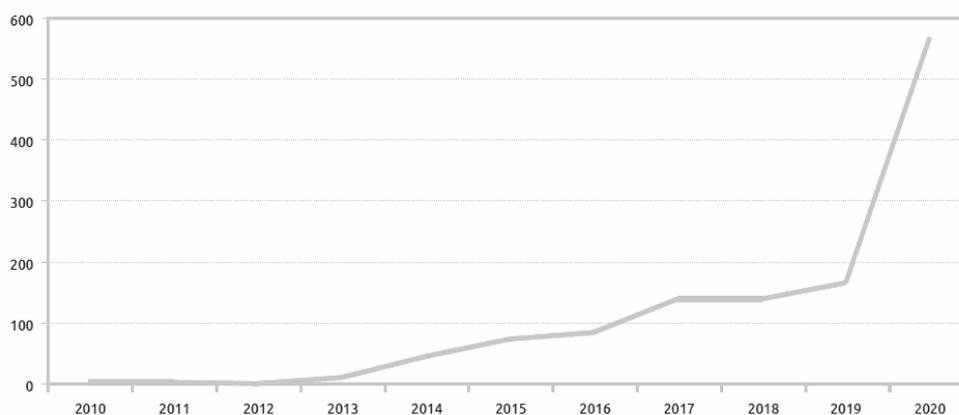


Figura 4 Evolución del cultivo del cáñamo en España (MAPA, 2021).

En 2020 se sembró en España un total de 688 hectáreas (MAPA, 2021). En la siguiente tabla se puede observar el fin con el que se sembró cada plantación. El motivo de plantación puede ser destinado a fibra o la obtención de semilla para alimentación. Además, también se pueden observar los rendimientos obtenidos.

Tabla 1 Tabla de elaboración propia a partir del anuario de estadística de 2020. (MAPA, 2021).

Cultivo	Superficie (hectáreas)			Rendimientos (kg/ha)		Producción (toneladas)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
Cáñamo para fibra	77	493	570	981	3000	1557
Cáñamo para semillas	13	105	118	2500	3401	390

La siguiente tabla muestra las provincias en las que se cultivó cáñamo en el 2020 y el número de hectáreas. Por comunidades autónomas destacan Andalucía y Castilla-La Mancha.

Tabla 2 Tabla elaborada a partir del anuario de estadística (MAPA, 2021).

PROVINCIA	Número de hectáreas.
Asturias	11
Teruel	44
Girona	6
Burgos	6
Palencia	1
Salamanca	8
Albacete	177
Cuenca	1
Guadalajara	23
Toledo	31
Madrid	60
Alicante	10
Valencia	2
Murcia	7
Badajoz	8
Cáceres	9
Almería	30
Cádiz	86
Córdoba	3
Granada	54
Jaén	1
Sevilla	3

1.2 Clasificación taxonómica

El cáñamo fue clasificado botánicamente por primera vez en 1753 (Díaz, 2003). La clasificación taxonómica del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) es la siguiente:

Tabla 3 Clasificación taxonómica cáñamo (Acosta, 2003).

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Magnoliophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Urticales</i>
Familia	<i>Cannabaceae</i>
Género	<i>Cannabis</i>
Especie	<i>Cannabis sativa</i> L.

Dentro de la especie *Cannabis sativa* L existen las siguientes subespecies:

Cannabis sativa sativa, *Cannabis sativa indica* y *Cannabis sativa rudelaris*. Cada una se define por unas características determinadas que se detallan a continuación.

1.2.1 *Cannabis sativa sativa*

Esta variedad es conocida como el cáñamo común. Es el cáñamo que se ha plantado a lo largo de toda la historia y siempre ha tenido usos industriales. Las variedades plantadas en este estudio pertenecen a esta subespecie.

Se caracteriza por plantas poco ramificadas, que alcanzan entre los 2 y 5 m de altura y que producen semillas, conocidas como cañamones, las cuales se caen cuando la planta alcanza su madurez.

De esta subespecie se obtiene fibra y cañamiza. Estas materias primas son muy apreciadas en la industria textil y de la construcción. Además, se obtienen los cañamones que tienen amplias utilidades en la industria agroalimentaria.

1.2.2 *Cannabis sativa indica*

Pertenece a esta subespecie las plantas con elevados componentes psicoactivos conocidas como la marihuana común. Estas plantas se cultivan en climas más cálidos y además con una mayor separación entre plantas para así obtener un mayor desarrollo de las flores femeninas, más apreciadas por contener semillas.

Estas plantas pueden llegar a medir alrededor de 1,5 m y desarrollan amplias ramificaciones (Acosta, 2001).

1.2.3 *Cannabis sativa rudelaris*

Esta subespecie es reconocida como planta silvestre y se diferencia en que tiene unos contenidos diferentes de sustancias psicoactivas.

Se caracteriza por alcanzar una altura de 0,3 a 1 m y por poder florecer independientemente del nivel de luminosidad.

1.3 Variedades de cáñamo industrial

Las variedades de cáñamo que actualmente se encuentran en el mercado y se pueden emplear para uso comercial, están certificadas por la Unión Europea (UE) mediante la Directiva 2002/53/CE. Existen 75 variedades certificadas (Hemp,2023). No obstante, los diferentes países pueden hacer restricciones en el uso de algunas variedades. Que una variedad este certificada significa que cumple las siguientes características marcadas por la UE:

- El cáñamo en bruto clasificado en el código NC 5302 10 debe tener un contenido de THC inferior al 0,3 %.

- Las semillas de cáñamo para siembra deben ir acompañadas de una analítica que muestre que el contenido de THC de la variedad en cuestión no supera el 0,3 %.

- Las semillas de cáñamo que no se utilizan para la siembra pueden importarse únicamente con la autorización de los países de la UE.

- Los países de la UE también pueden aplicar normas más restrictivas de conformidad con los tratados de la UE y las obligaciones internacionales.

En España el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) establece una serie de requisitos que no contempla la UE y que deben de cumplir los cultivos de cáñamo que no necesitan ser aprobados por la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. Estos son los siguientes:

- El cultivo solo puede destinarse a la obtención de fibra, semillas y cañamiza.

- La finalidad hortícola del cultivo, incluida su producción en invernaderos está prohibida.

- Las flores del cultivo están consideradas como estupefacientes.

- Solo se podrán destinar a alimentación aquellos que procedan de las semillas.

-Las explotaciones del cultivo deberán estar dadas de alta en el Registro General de la Producción Agrícola.

-La producción de semilla debe cumplir el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Semillas de Plantas Textiles aprobado por Orden ARM/3372/2010.

-No se puede realizar multiplicación vegetativa.

Todo lote de semillas certificadas debe incluir una etiqueta como la que se muestra en la Figura 4. En ella debe indicarse de qué variedad se trata, el número de lote, el peso de este, la dirección del banco de semillas, su país de origen y la fecha de germinación de esta partida.



Figura 5. Certificación de lote de semillas.

Los agricultores de cáñamo deben custodiar estas etiquetas durante el desarrollo del cultivo ya que las autoridades pueden reclamar esta información para verificar que se está cultivando una variedad de cáñamo certificada por la UE.

Existen diferentes bancos de semillas de cáñamo. La mayor parte de producción de estas semillas se lleva a cabo en Hungría, Rumania y Francia. Cada variedad tiene diferentes características de adaptación al clima y tiene diferentes rendimientos en la semilla, la cañamiza y la fibra que producen. En la tabla, se pueden observar algunas de las variedades certificadas por la UE y su país de origen.

Tabla 4 Variedades de cáñamo registradas por la Unión Europea y su origen.

Variedad	Origen
Dioica 88	Francia
Fedora 17	Francia
Felina 32	Francia
Finola	Finlandia
Kompolti	Hungría
Santhica 70	Francia
Uso 31	Países bajos
Futura 75	Francia
Tiborzallasi	Hungría
Fibrol	Francia

1.4 Morfología de la planta

El cáñamo es una planta dioica y por lo tanto en un cultivo siempre va a haber plantas macho y plantas hembra. Las flores de las plantas permiten distinguir los sexos. No obstante, en algunas variedades además de haber machos y hembras también existen plantas hermafroditas las cuales tienen los dos tipos de flores. Esto es muy común en las variedades destinadas a semillas ya que la polinización siempre es mayor, por lo que se generan más semillas.

1.4.1 Tallo.

El tallo de la planta de cáñamo está formado por dos tipos de materiales fibrosos. En el interior del tallo se encuentra la matriz leñosa, formada por fibras muy cortas. Esta matriz leñosa, formada por el xilema y la médula se denomina la cañamiza. La parte externa del tallo que recubre la cañamiza es lo que se conoce como la fibra de la planta. Está compuesta por las fibras secundarias, el cambium, las fibras primarias y la epidermis. El grosor del tallo es inversamente proporcional a la densidad de siembra (Campiglia *et al.*, 2017)

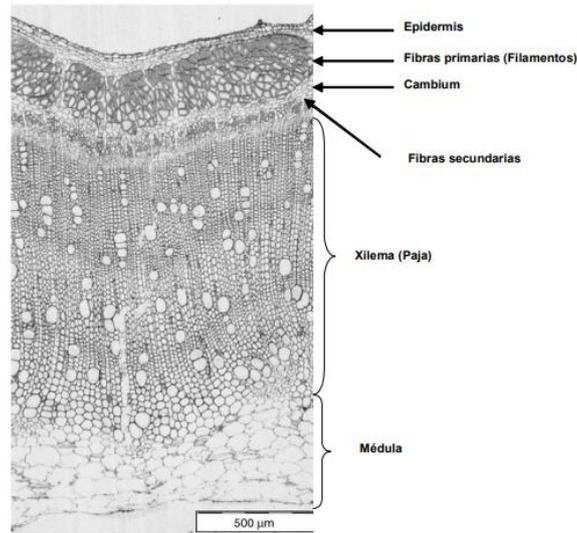


Figura 6 Partes del tallo (Schäfer and Honermeier, 2006)

La composición del tallo en seco suele ser del 50-55% cañamiza, 30-35% fibra y 10-15% de impurezas (Vallejos *et al.*, 2006). Estas denominadas impurezas se conocen hoy en día como las microfibras y se sabe que tienen unas propiedades constructivas magnificas. El problema que presentan es que su obtención es muy difícil y también costosa.



Figura 7. Detalle tallo corte transversal.

1.4.2 Hojas

Son palminervadas y tienen un número variable de segmentos dependiendo de si se trata de una planta macho o hembra (Acosta, 2001).



Figura 8 Detalle hojas.

1.4.3 Inflorescencias.

Las inflorescencias también son diferentes según el sexo de la planta. En un cultivo la proporción de hembras siempre es superior. La mayoría de variedades son monoicas, en las que se desarrollan plantas hermafroditas además de las plantas macho y hembra. También existe alguna variedad con plantas dioicas pero no es lo normal. En un cultivo de cáñamo, las flores macho y hembra se diferencian fácilmente debido a las características que tienen.

Flores masculinas.

Las flores crecen en grupos pequeños y están dispuestas en racimos (Figura 9). Tienen un tamaño reducido y un color amarillo-verdoso. Contienen un pequeño pedúnculo donde se encuentra el receptáculo. Este está compuesto por 5 sépalos y 5 estambres con sus respectivas anteras, que se abren longitudinalmente cuando maduran, quedando colgantes. Las flores se desarrollan en la parte superior de la planta y surgen en las axilas de las hojas (Acosta, 2001). Las flores macho son las encargadas de desprender el polen para así poder polinizar a las hembras y que generan las semillas.



Figura 9. Detalle flor macho.

Flores femeninas.

Las flores se agrupan en inflorescencias que surgen en la parte superior de la planta, en las axilas. Cada flor presenta una bráctea y un perianto (cáliz y corola no diferenciados) compuesto por una delicada envoltura que cubre el ovario y el pistilo. El pistilo consta de un ovario que es bilocular, pero más tarde se transforma en unilocular por aborto, con un único óvulo que es campilótropo y ocupa completamente la cavidad ovárica al crecer. En la parte superior del ovario, se encuentra un estilo corto con dos estigmas filiformes y largos. La bráctea que rodea el ovario es de color verde, peluda, acartonada y abierta en la parte superior (Acosta, 2001).



Figura 10. Detalle de flores femeninas ya formadas.

1.4.4 Raíz

Es pivotante, especialmente gruesa en el cuello. Alcanza profundidades variables y emiten numerosas raíces secundarias en los primeros 30 cm (Acosta, 2001). El tamaño de las raíces y su grosor depende en gran parte del tipo de suelo en el que se encuentren y de las condiciones climáticas (Amaducci *et al.*, 2008)



Figura 11 Detalle raíz.

1.4.5 Semillas

Las semillas de cáñamo pueden verse en las plantas con florescencias femeninas, pasadas 3 semanas desde su fecundación por el polen de un macho. La verdadera semilla se encuentra rodeada por un pericarpio que la protege. En el interior de este, se encuentran dos cotiledones con una radícula no desarrollada. El color de las semillas en la mayoría de casos, es moteado como se observa en la Figura 12. Su forma suele ser ovalada y el tamaño que tiene puede ser diferente en cada variedad. Lo más común es que midan entre 3 y 5 mm de largo y entre 2 y 3 mm de ancho.



Figura 12 Semillas sobre papel con tamaño de 1 mm² por cuadrado.

Las semillas de cáñamo tienen un gran valor en la alimentación y en los últimos años su consumo alimenticio ha aumentado de forma considerable debido a sus altos

porcentajes en proteína y ácidos grasos saludables (insaturados). En la siguiente tabla se puede observar el valor nutricional de una semilla de la variedad Finola.

Tabla 5 Contenido nutricional de una semilla de cáñamo (Callaway, 2004)

Aceite %	35,5
Proteína	24,8
Carbohidratos	27,6
Agua	6,5
Energía (kJ/ 100g)	2200
Fibra	27,6
Fibra digestible	5,4

1.5 Ciclo vegetativo

La duración de cada etapa del ciclo vegetativo del cáñamo puede variar según la variedad de cada planta y las condiciones de cultivo, como la cantidad de luz, agua y nutrientes que recibe la planta. En general, el ciclo vegetativo puede durar entre 3 y 5 meses. A continuación, se detalla el ciclo en sus diferentes fases:

Tabla 6 Ciclo vegetativo del cultivo (Acosta, 2001).

Primer estadio	Al brotar, la raíz emerge del extremo puntiagudo de la semilla.
Segundo estadio	Tras 48 horas de la germinación, la raíz mide aproximadamente entre 2,5 y 4 cm de longitud. A partir de entonces, el crecimiento comienza a disminuir su ritmo.
Tercer estadio	Después de transcurrir entre 72 y 96 horas, se inicia el crecimiento de un sistema de raíces secundarias debajo del suelo, y los cotiledones empiezan a emerger hacia la superficie, ejerciendo fuerza para romper la

	cubierta de la semilla.
Cuarto estadio	A partir del quinto día, el brote empieza a erguirse, se desprende la cubierta y los cotiledones se abren, teniendo una forma oval y pareciendo húmedos.
Quinto estadio	El tallo aumenta de longitud de forma continua hasta aproximadamente el décimo día. Las primeras hojas reales, con forma simple y dentada, emergen, seguidas de un segundo y tercer par de hojas.
Sexto estadio	Cuando empieza la tercera semana, se desprenden los cotiledones. La planta crece correctamente si tiene la luz que demanda.
Séptimo estadio	El tercer mes los machos echan flores y más tarde las hembras de tal forma que se produce la fecundación.
Octavo estadio	Los machos cambian de coloración a tonos amarillos antes de fallecer, mientras que los individuos femeninos generan las semillas y posteriormente comienzan a decaer.

En esta figura se puede apreciar como a partir del día 35 de crecimiento aproximadamente, la planta experimenta un crecimiento muy elevado que dura unos 50 días. Este periodo de tiempo corresponde al sexto estadio.

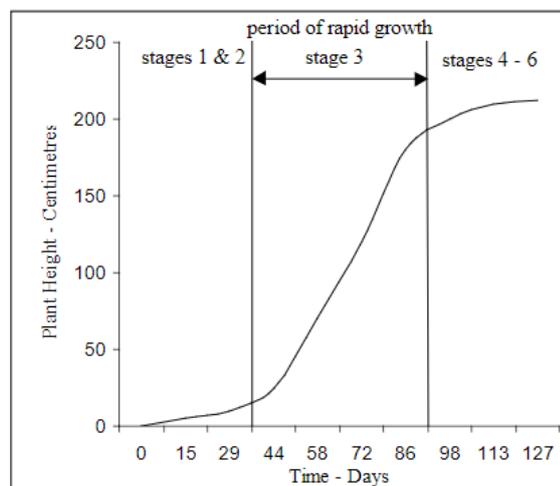


Figura 13 Crecimiento de la planta en función de los días. (Bócsa y M. Karus, 1998)

1.6 Ventajas del cultivo

Muchos autores hablan de las ventajas que el cáñamo suponía en el pasado. Sin embargo, en la actualidad estas ventajas se han aumentado notablemente y se le han dado más importancia debido a los beneficios medioambientales que tiene.

Según la UE (Hemp, 2023) estos beneficios medioambientales son numerosos y ayudan de forma efectiva a cumplir el conocido “European Green Deal”. Las ventajas que la UE destaca son las siguientes:

- Una hectárea de cáñamo es capaz de consumir entre 9 y 15 toneladas de CO₂, una cantidad similar a la que consume un bosque joven. La diferencia es que el cáñamo solo necesita 3 meses para desarrollarse.

- Es un cultivo muy beneficioso para llevar a cabo rotaciones de cultivos ya que ayuda a romper los ciclos de las posibles enfermedades de otros cultivos y hace desaparecer las malas hierbas debido a su rápido crecimiento.

- Cuando las hojas de la planta caen al suelo producen una cubierta natural que reduce la pérdida de agua y protege el suelo frente a la erosión. A las pocas semanas de su germinación el cáñamo ya comienza a formar una cubierta vegetal del suelo.

- Los meses en los que el cultivo se lleva a cabo suelen coincidir con la época en la que hay falta de producción en otros cultivos por lo tanto mantiene la diversidad del hábitat. Además, las semillas del cultivo sirven de alimento para las aves.

- Es un cultivo que no precisa del uso de insecticidas, herbicidas ni fungicidas.

También son muchas las ventajas que el cáñamo aporta a la construcción sostenible. La cañamiza juega un papel muy importante en la fabricación de diversos materiales como el hormigón de cáñamo conocido como “hemcrete”. Este tiene unas características que lo hacen una opción muy llamativa en el sector de la construcción. Algunas de las más importantes son (Jami *et al.*, 2019):

- No se contrae, por lo que tiene gran estabilidad y hace que no se formen grietas.

- Es relativamente sencillo de producir in situ en la obra.

- Es muy versátil ya que se puede aplicar en suelos, paredes y techos.

- Tiene gran eficiencia energética debido a sus propiedades aislantes.

- También es un buen aislante acústico.

- Ofrece gran resistencia al fuego.

1.7 Usos del cáñamo

En el pasado la planta entera como tal no tenía ninguna aplicación más que favorecer el terreno donde se desarrollaba. Sin embargo, hoy en día se están usando las plantas enteras para hacer biomasa. Para ello, todo el cultivo es triturado en conjunto.

En la actualidad, todos los componentes del cáñamo se pueden usar también de forma separada. Es decir, se crean diferentes productos a partir de fibra, cañamiza o semillas. En otras ocasiones, los productos que se hacen con el cáñamo mezclan la fibra, cañamiza y semillas. Para ello mezclan en pequeña porción de uno de ellos para complementar a otro. En la siguiente figura se pueden apreciar los principales campos en los que se usa el cáñamo.

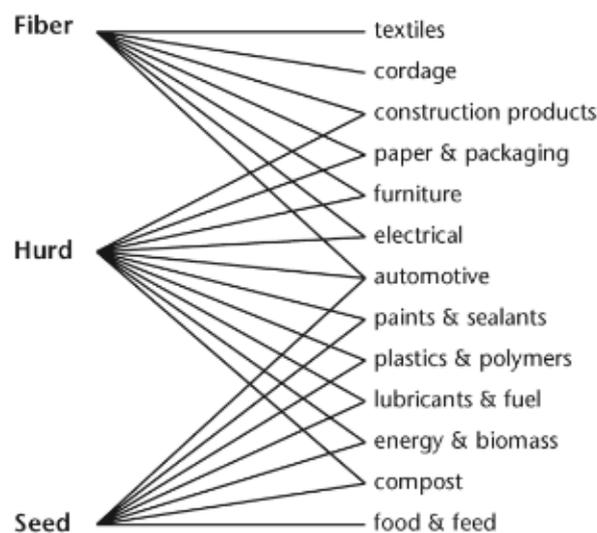


Figura 14. Diferentes usos del cáñamo (Rowan Robinson, 1996).

1.8 Usos de fibra de cáñamo

La fibra de cáñamo ha destacado a lo largo de la historia por sus numerosos usos en la industria. Se ha usado tradicionalmente en la industria papelera y textil. Su uso fue desapareciendo con la llegada de los plásticos y otras fibras sintéticas. No obstante, los grandes problemas de contaminación que han generado estos materiales, hacen que en los últimos años haya crecido el interés por volver a usar fibras naturales (Vallejos *et al.*, 2006). En la actualidad se están descubriendo numerosas aplicaciones innovadoras y con grande éxito gracias al avance de la tecnología. En las últimas décadas, la industria de los materiales compuestos ha empezado a usar la fibra de cáñamo como material de refuerzo en sus productos.

1.8.1 Composición de la fibra.

El componente principal de la fibra de cáñamo es la celulosa. También contiene hemicelulosa y lignina en menor medida. Los porcentajes en la composición de la fibra pueden variar dependiendo del momento de cosecha y de la variedad cultivada. Este porcentaje también se puede ver afectado por la densidad de siembra ya que cuanto mayor es esta mayor será el porcentaje de fibra por planta (Yazici, 2023). En la siguiente tabla se pueden apreciar los diferentes componentes de esta fibra.

Tabla 7 Componente fibra cáñamo (Mora y Mena, 2021).

Componente	% en masa
Agua	6,60
Ceniza	1,20
Ceras	1,47
Solubles en agua	2,45
0,5% de solubles en HCl	0,89
Pectina A	1,35
Hemicelulosa	6,08
Lignina	1,75
Celulosa	77,89
Proteína	2,65

Las fibras de cáñamo, al igual que otras fibras vegetales, están formadas por microfibrillas (Vallejos *et al.*, 2006). Tienen una serie de propiedades importantes como la frescura, suavidad, resistencia al calor, resistencia a la abrasión (Muriel-Páez y Pullas, 2023).

Además de tener grandes propiedades, ofrecen unas características mecánicas que se asemejan mucho a las de otras fibras naturales. En algunos casos, las fibras de cáñamo resultan mejores. Por ejemplo, la resistencia a rotura medida en MPa destaca frente a otras fibras vegetales como se puede observar en la tabla.

Tabla 8 Propiedades mecánicas de algunas fibras naturales (Vallejos *et al.*, 2006).

Fibra	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a rotura (Mpa)	Módulo de Young (Gpa)	Elongación de rotura (%)
Cáñamo	1,48	600-1100	32-70	1,6
Lino	1,54	344-1035	27-80	2,7-3,2
Algodón	1,50	287-597	5,5-12,6	1,5-1,8
Coco	1,30	175	4-6	30,0
Bambú	1,50	575	27	3
Banana	1,35	500	12	5,9
Yute	1,40	393-1000	10-59	1,5-1,8

1.9 Usos de la cañamiza

En el pasado los usos que se le daban a la cañamiza eran prácticamente nulos. La cañamiza está formada por una estructura fibrosa diferente a la de la fibra. Las fibras que la forman son de pared delgada y lumen ancho.

En los comienzos de la década del 2000, el 95% de la cañamiza se aprovechaba para la creación de lechos para animales. De esta cantidad, el 87% se emplea como lecho de caballo, el 11% como lecho de animales pequeños y el 2% para la cría de aves de corral. Las principales razones para el uso de la cañamiza son sus características de buena absorción de líquidos, fácil utilización y posibilidad de fertilizante después de su uso (Vallejos *et al.*, 2006). El sector de la construcción utilizaba el 5% de cañamiza restante como material de aislamiento para la preparación de tableros o aditivos para ladrillos (Vallejos *et al.*, 2006).

En la actualidad la cañamiza ha ganado importancia por su incremento en el uso en las construcciones sostenibles debido a sus beneficios. Algunas de las características de la cañamiza que más destacan en este sector son (Hempcrete, 2023):

- Tiene una densidad aparente de 100 a 110 kg/m³, lo que proporciona mucha ligereza.
- Gran poder aislante: coeficiente de conductividad térmica de 0,048 W·m⁻¹·K⁻¹,
- Es capaz de absorber hasta 4 veces su peso en agua en un minuto.

1.10 Exigencias del cultivo

1.10.1 *Suelo y nutrientes.*

Las necesidades de cultivo dependerán de la zona en la que este se encuentre y el tipo de suelo que se emplee para el cultivo. El cáñamo tiene un pH óptimo de 6,5 (Duke, 1982). Sin embargo, puede llegar a resistir ciertos niveles de salinidad (Merfield, 1999). Se adapta bien a diferentes tipos de suelos, pero donde mejor se cultiva es en los que tienen una estructura franco-limosa, franco-arcillosa o arcillo-limosa (Robinson y Wright, 1941).

En las zonas de Francia donde se planta cáñamo, el cultivo necesita 75 kg de nitrógeno (N), 113 kg de cloruro de potasio (K_2O) y 38 kg de fosfato triple (P_2O_5) por hectárea para poder obtener sus máximos rendimientos (Van der Werf, 2004). Aunque el cultivo necesite bastantes nutrientes para tener un buen desarrollo, muchos de estos nutrientes vuelven al suelo ya que durante la cosecha la mayoría de las hojas y restos vegetales caen a la tierra (Merfield, 1999).

Para obtener fibra de calidad, es importante que el suelo contenga calcio, humus y potasio (Acosta, 2001). Este último juega un papel crucial en la tensión y elasticidad que van a alcanzar las fibras durante la cosecha. Además, es importante saber que un exceso de nitrógeno puede llegar a reducir la calidad de la fibra (Merfield, 1999). No obstante, este exceso producirá un aumento en la cantidad de cañamiza que algunos casos puede ser lo que se busque.

1.10.2 *Temperatura*

Las bajas temperaturas tienen efectos negativos en las variedades comerciales de cáñamo. Es necesario un periodo libre de heladas de cinco meses o más para que se produzcan semillas y alrededor de 4 meses para que las plantas puedan generar fibra (Robinson y Wright, 1941). La temperatura mínima que pueden llegar a soportar las plántulas con una helada de corta duración es de $-8^{\circ}C$ a $-10^{\circ}C$. Si las plantas adultas se ven afectadas por una helada pueden llegar a morir o tener una notable reducción de su tamaño.

El rango de temperaturas idóneo para el cultivo del cáñamo se ha calculado que es de $14,3^{\circ}C$ (rango desde $5,6$ hasta $27,5^{\circ}C$) (Duke, 1982). La suma térmica necesaria para cubrir el terreno es de $400^{\circ}C$ (Struik *et al.*, 2000). No obstante, para que el cultivo pueda llegar a generar fibra la suma térmica debe de ser de $2000^{\circ}C$. Debido a esto, algunas regiones septentrionales no tienen veranos suficientemente cálidos o largos como para alcanzar la suma térmica necesarias para producir semillas

(Merfield, 1999). La temperatura afecta de forma significativamente a la producción de biomasa de este cultivo (Chandra *et al.*, 2008).

1.10.3 Fotoperiodo

El cáñamo es una planta de día corto (Van der Werf y Van der Berg, 1995). El momento en el que comienza la floración depende del clima, las condiciones del lugar y las prácticas de manejo. Algunas variedades de cáñamo son capaces de florecer sin tener en cuenta las horas de luz a las que están sometidas. No obstante, la mayoría de variedades, necesitarán días cortos para poder alcanzar la floración (Merfield, 1999).

1.10.4 Agua

Algunos estudios afirman que a veces hacen falta cantidades de hasta 700 mm (Fassio *et al.*, 2013). Dadas estas necesidades hídricas, el cultivo debe de llevarse a cabo en zonas de regadío donde las precipitaciones no cubran las demandas de este. El déficit de agua no provoca la muerte de las plantas, pero hace que se disminuyan las cantidades de biomasa y el rendimiento en semillas del cultivo (Gill *et al.*, 2022)

1.11 Rendimientos del cultivo.

El cáñamo produce una media de 650 kg de fibra por hectárea, siendo el máximo 2000 kg por cada hectárea (Muriel-Páez y Pullas, 2023). Se ha llegado a la conclusión de que, en un rango de 140 días, el cultivo puede llegar a producir este máximo de 2 toneladas de fibra y 540 kg de semillas por hectárea.(Farith, 2019). No obstante, el rendimiento del cáñamo puede variar dependiendo de la época en que se siembre el cultivo y cuando se realice la cosecha. Si se deja bastante tiempo entre siembra y cosecha se incrementa la cantidad de materia seca generada por el cultivo (Van der Werf *et al.*, 1999). A densidades mayores los rendimientos por hectárea en semillas y peso de tallos son mayores (Campiglia *et al.*, 2017). Las plantas de cáñamo pueden contener una media de un 27% de fibra aproximadamente dependiendo de cada variedad (Yazici, 2023). Según algunos autores se ha estimado que los rendimientos de una plantación de cáñamo pueden asemejarse a los mostrados en la Figura 6.

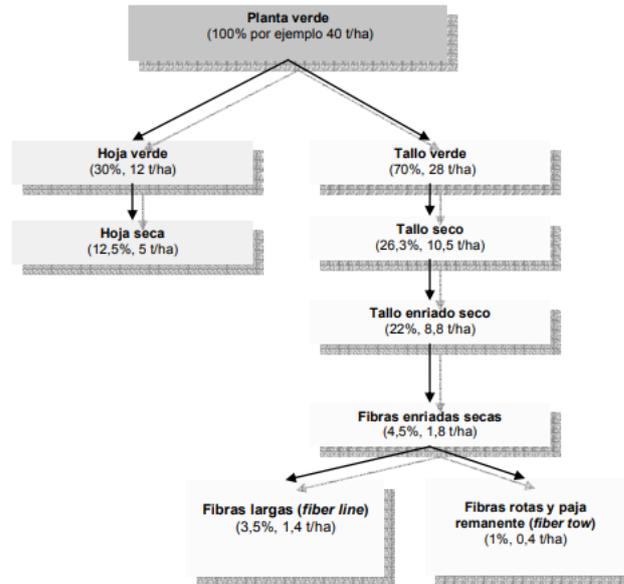


Figura 15 Rendimientos de una plantación de cáñamo (Vallejos *et al.*, 2006).

1.12 Cultivo

1.12.1 Preparación del suelo

La preparación correcta del suelo es crucial y afecta de forma directa al desarrollo y rendimiento de la planta.

El cultivo precisa llevar a cabo laboreo profundo del suelo para conseguir deshacer bien todos los terrones. Si se aplica materia orgánica al suelo como por ejemplo estiércol, el cultivo se beneficiará (Acosta, 2001). Lo más aconsejable es llevar a cabo un laboreo primario arando la parcela y posteriormente aclimatar el terreno mediante un laboreo secundario con una grada.

1.12.2 Siembra

Para obtener fibra de calidad, es aconsejable realizar una siembra temprana, con densidades correctas, con variedades adaptadas a la localidad y que tengan un ciclo largo. Esto hará que la floración sea tardía y por lo tanto el ciclo de crecimiento vegetativo sea más largo (Van der Werf, 1994). Actualmente, la época óptima de siembra depende de las condiciones climáticas en las que se encuentre el cultivo, pero por lo general suele ser desde marzo hasta mayo.

El momento de siembra depende del producto final que se quiera obtener del cultivo. Si se quiere obtener fibra, se puede realizar una siembra tardía ya que no habrá que esperar a que las planas alcancen su madurez. Si por el contrario se

quieren obtener las semillas, el cultivo deberá comenzarse en marzo-abril para poder desarrollar su ciclo entero y generar las semillas de forma correcta.

En el pasado la siembra se llevaba a cabo de forma manual. Hoy en día existen sembradoras específicas de cáñamo, aunque se pueden adaptar sembradoras monograno en algunos casos o también sembradoras a chorrillo. A menudo su siembra se realiza con abonadoras y por lo tanto las semillas son sembradas a voleo. Después de realizar la siembra de este modo es necesario dar un pase con un apero que compacte la semilla con el terreno, como por ejemplo, un rodillo.

La densidad de siembra afecta de forma notable al rendimiento por planta en sus diferentes componentes (Campiglia *et al.*, 2017). También es importante tener en cuenta la densidad, ya que cuanto menos separación se deja entre cada planta mejor calidad tendrá la fibra. Cuando se quieren obtener semillas las plantas se dejan más separadas para que desarrollen más ramificaciones con más flores.

1.12.3 Labores del cultivo

El cáñamo no exige grandes labores de mantenimiento debido a su eficacia combatiendo con las malas hierbas. Es por esta razón, que a veces se plantaba para así limpiar una huerta de malas hierbas (González, 1992). No obstante, es necesario que el terreno se encuentre en buenas condiciones cuando se realice la siembra para que ninguna mala hierba tenga ventaja en el crecimiento frente al cultivo.

1.12.4 Enfermedades

No se conocen enfermedades que afecten al tallo de la planta del cáñamo que es donde se encuentra la fibra y la cañamiza. Sin embargo, las flores sí que son fuente de problemas sobre todo en climas con bastante humedad. Estas enfermedades pueden afectar a la cantidad de semilla que genera cada flor y por lo tanto afectar al rendimiento general de la plantación.



Figura 16. Parte de flores de una planta atacadas por botritis.

1.12.5 Cosecha

La composición de la fibra de cáñamo puede variar según el momento de su cosecha. Por esta razón, si se quieren obtener fibras de buena calidad, las plantas deben cosecharse seguidamente de la floración antes de que se desarrollen las semillas (Merfield, 1999). Además, para poder ser usada en la industria textil, los tallos tienen que permanecer paralelos durante esta. Para llevar a cabo esta labor era necesario realizarla manualmente, ya que apenas existieron avances tecnológicos en el siglo XX debido a su prohibición durante largos periodos de tiempo en la mayoría de países exceptuando Francia (Mora y Mena, 2021). En los últimos años se han fabricado máquinas que permiten cosechar los tallos dejándolos paralelos en una hilera a medida que son segados.

Si lo que se desea es obtener fibra de menor calidad y para producir papel o otros materiales compuestos, la cosecha no es tan complicada ya que los tallos no se deben de mantener de forma paralela. Se pueden emplear cosechadoras de forraje, segadoras de heno y empacadoras. Debido a los duros tallos del cáñamo los costes de mantenimiento de estas máquinas serán altos (Merfield, 1999).

Actualmente se dispone de maquinaria preparada exclusivamente para la cosecha de este cultivo. Dependiendo de la parte de la planta que se quiera aprovechar se puede emplear un tipo de cosechadora u otro. En general, lo que más se practica es la cosecha de las plantas con una cosechadora que tiene un peine que permite coger la semilla. Cuando se quiere obtener fibra es recomendable no esperar a que las plantas desarrollen semillas y en estos casos la cosecha se lleva a cabo con segadoras. También se puede triturar toda la materia vegetal con una picadora en los casos que el cultivo es destinado a la obtención de biomasa o productos destinados a la construcción.

1.12.6 Procesado

El procesamiento del cáñamo tras su cosecha se puede realizar de diferentes maneras. En algunas ocasiones el procesamiento no será necesario ya que con la cosecha ya se obtenga la materia prima que se desee como por ejemplo en el caso de la biomasa. Esto también sucede cuando se han cosechado las semillas y el resto de la planta no se va a aprovechar.

Sin embargo, cuando se quiere separar la fibra y cañamiza que forman los tallos es necesario llevar a cabo la fermentación de la masa vegetal y su posterior agramado. Estos procesos se explican a continuación:

FERMENTACIÓN TRADICIONAL

Son muchas las formas de procesar las plantas una vez cosechadas. El principal objetivo que se alcanza con la fermentación es separar la fibra de la cañamiza gracias a la acción de los microorganismos que rompen los enlaces químicos. Existen diferentes métodos para poder separar estos dos componentes, pero en todos ellos es necesario que se produzca una fermentación de las plantas. La calidad final que se obtiene en la fibra depende del proceso de fermentación y separación de la cañamiza que se lleve a cabo.

Entre las múltiples opciones conocidas para llevar a cabo la fermentación del cáñamo, las siguientes tres son las más empleadas a lo largo de la historia:

-Extender cáñamo sobre el terreno.

Esta técnica era llevada a cabo en algunas zonas de Rusia y en los Estados Unidos. Consistía en dejar el cáñamo extendido sobre el terreno durante varios meses para que el rocío y las lluvias tuviesen efecto sobre la descomposición. Este método era muy barato pero producía fibra de muy mala calidad ya que esta era muy negruzca y basta y además era necesario tener una gran disponibilidad del terreno (Garrido, 2005).

-Enriado del cáñamo.

Era llevado a cabo en algunas zonas de Francia y Bélgica. Consistía en sumergir las plantas en un cauce de agua corriente. Este sistema proporcionaba fibras de excelente calidad, pero se tenían que dar unas condiciones determinadas en el agua y además producía contaminaciones indeseadas (Garrido, 2005).

-Sumergimiento del cáñamo en balsas.

Esta opción era la adoptada por Italia y España. Cuanto mayor era la temperatura del agua se obtenían mejores resultados y por esta razón la primera balsa realizada en agosto, duraba menos días que las siguientes y además generaba fibra más blanca y de más calidad. Los inconvenientes de esta técnica eran las atenciones que requerían las balsas y las dificultades para conseguir un producto final uniforme (Garrido, 2005).

FERMENTACION CON TECNOLOGÍA STEX

Estas formas de fermentación se usaban en el pasado y daban buenos resultados. Sin embargo, en la actualidad estos métodos son poco rentables ya que precisan de mucho tiempo y mucha mano de obra.

Hoy en día hay métodos más avanzados como la tecnología (STEX). Gracias a este método las fibras se tratan con un líquido impermeabilizante y se exponen a vapor intenso y productos químicos alcalinos en un recipiente de alta presión. Al cabo de un rango de tiempo de entre 1 y 30 minutos, se libera de forma súbita la presión, lo que provoca la separación de las fibras (Merfield, 1999).

AGRAMADO

El principal objetivo de esta tarea es conseguir separar la fibra de la cañamiza, una vez ha sido fermentado el material vegetal. De no ser así, esta labor sería prácticamente imposible.

El agramado consiste en romper la parte leñosa de los tallos (cañamiza) para así poder separarla de la fibra que contiene el tallo.

Las agramadoras manuales eran muy similares en todos los países. Consistían en un tronco con una hendidura longitudinal, sobre la que encajaba una palanca reforzada con hierro. Se colocaban los manojos de cáñamo y se movían poco a poco con un brazo mientras que con el otro se accionaba la palanca para así poder golpearlo. Después de este proceso era necesario llevar acabo el espadado para separar la fibra que se quedaba junto con la cañamiza (Garrido, 2005).

Este proceso era muy lento y además presentaba grandes riesgos de perder la cosecha debido a las altas probabilidades de producirse un incendio. En 1970 se inventaron en España dos agramadoras mecánicas (Garrido, 2005).

No obstante, el agramado mecánico presentaba grandes dificultades debido a las propiedades físicas del cáñamo.

El agramado mecánico en España solo tuvo presencia notable en las primeras décadas del siglo XX.

En la actualidad la separación de la fibra se lleva a cabo de manera mecánica con grandes plantas de descortización.

2 OBJETIVOS.

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es analizar la viabilidad del cultivo del cáñamo industrial en Asturias y León haciendo un estudio comparativo con algunas de las variedades más conocidas del mercado.

En el año 2021 uno de los objetivos fue comprobar el efecto de la densidad de siembra en Asturias para la variedad Felina 32. También se perseguía conocer, tanto en Asturias como en León, los parámetros de las plantas en comparación con los referidos por los bancos de semillas y por otros autores para esta variedad.

En el año 2022 el principal objetivo fue determinar la influencia del clima, de la cantidad de agua recibida y del momento de cosecha, en la obtención de fibra y cañamiza en las variedades Uso31 y Futura 75 haciendo un estudio comparativo entre Asturias y León.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo durante los años 2021 y 2022 en León y en las localidades de Quintes y Pravia de Asturias.

Para realizar el estudio en 2021 se sembró la variedad de cáñamo industrial Felina 32 tanto en León como en Quintes, mientras que en 2022 se sembraron en León y en Pravia las variedades Futura 75 y Uso 31.

3.1 Materiales y métodos 2021

3.1.1 *Situación geográfica las parcelas*

Las parcelas utilizadas en 2021 se encontraban en León y en la localidad de Quintes que pertenece a Villaviciosa en Asturias. La parcela de León estaba ubicada en la finca de la Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal (EIAF) de la Universidad de León. La parcela en Quintes se situó anexa a la finca de una vivienda particular.

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de las parcelas obtenidos de la Sede de Catastro.

Tabla 9 Ubicación exacta parcelas de ensayo 2021. Fuente:(Sede Electrónica del Catastro - 2023).

Ubicación	Av Portugal 41 24071 Leon (León)	Quintes, 33314 Villaviciosa (Asturias)
Referencia catastral	7777206TN8177N0000OY	52076A011170890000P H
Polígono	-	11
Número de parcela	-	17089
Uso principal	Agrario	Agrario

3.1.2 *Parcelas*

En León se estableció una única parcela de 15 m² (3 m de ancho por 5 m de largo) que se encontraba anexa a otras parcelas de ensayo en las que había diferentes tipos de leguminosas.

En Quintes se establecieron dos parcelas (A y B). La parcela A tenía una forma cuadrada (2 metros de ancho por 2 metros de largo). La parcela B era adyacente a esta, y tenía forma rectangular (1,5 metros de ancho por 4 metros de largo). Ambas parcelas, se encontraban anexas a un cultivo de faba asturiana.

3.1.3 Clima

LEÓN: El clima de esta localidad se caracteriza por ser de tipo mediterráneo con influencia continental en algunos casos afectado por el atlántico. En este tipo de clima las precipitaciones se reparten a lo largo de todo el año de forma irregular.

Los datos climáticos que se registraron desde el día de siembra (16 de abril) hasta el día de recolección (6 de septiembre) fueron los siguientes:

Tabla 10. Datos climáticos en León 2021 durante el periodo de cultivo. Fuente:(*Inforiego, 2023*)

Precipitación total	121 mm
Temperatura media	16,21°C
Temperatura mínima media	8,26°C
Temperatura máxima media	24,24°C
Días con temperaturas menores de 0°C	3 días
Humedad media	67,25%

QUINTES: El clima en esta localidad es similar al del resto de la costa asturiana. Por su cercanía al Mar Cantábrico, es un clima fresco y húmedo. Los inviernos son normalmente templados y lluviosos, mientras que los veranos son frescos y nublados. Por lo general, las precipitaciones son bastante abundantes ya que rondan los 1000mm por año en las zonas próximas a la costa.

Para conseguir los datos climatológicos de Quintes se utilizaron los registrados por la estación meteorológica más cercana, situada en el Musel en Gijón. Los datos climáticos que se registraron desde el día de siembra (25 de abril) hasta el día de recolección (29 de agosto) fueron los siguientes

Tabla 11 Datos climáticos en Quintes 2021 durante el periodo de cultivo (AEMET, 2023)

Precipitación total	264,26 mm
Temperatura media	17,40°C
Temperatura mínima media	15,30°C
Temperatura máxima media	20,72°C
Días con temperaturas menores de 0°C	0
Humedad media	67,25%

3.1.4 Material vegetal

Para realizar los ensayos en ambas parcelas se empleó la variedad de cáñamo industrial denominada Felina 32 y certificada por la Unión Europea. Su lugar de producción es Francia y su creador fue la ``Federación Nacional des Producteurs de Chanvre`` y es comercializada por numerosos bancos de semillas europeos.

Es una variedad monoica y tiene un ciclo de duración de 133 a 138 días. Se recomienda sembrar a principios de mayo y su recolección se debe de llevar a cabo en septiembre.



Figura 17 Datos obtenidos de banco de semillas. Fuente: Hemp It.

Según los bancos de semillas que la comercializan esta semilla da buenos rendimientos tanto en cañamones como en cantidad de fibra y cañamiza (*Felina 32 - Hemp It, 2023*). Dependiendo de donde se encuentra el cultivo, producirá diferentes cantidades. Como se puede observar en la Figura 18, la producción de semilla y cañamiza varía dependiendo de la latitud en la que se encuentre el cultivo. En zonas frías la producción de cañamiza es superior a la de semillas mientras que en las zonas calientes la producción de semillas predomina sobre la cañamiza.



Figura 18 Zonas de cultivo de la Felina 32. Fuente: Hemp it.

(Sankari y Mela, 1998) obtuvo 3727 kg por hectárea de materia seca con esta variedad. Otras características de interés de esta variedad, según el banco de semillas Legal Hemp (Legal Hemp, 2023), son las siguientes:



Figura 19 Características Felina 32. Fuente: Legal Hemp

3.1.5 Preparación del terreno

En León, se preparó la parcela de ensayo con tractor, llevando a cabo un laboreo primario de volteo con un arado de vertederas reversible y, posteriormente, se realizó un laboreo secundario con el pase de una grada de discos. Ambas labores fueron llevadas a cabo en el mes de marzo. Unos días antes de realizar la siembra se niveló la parcela de forma manual con ayuda de un rastrillo.

En Quintes, la primera labor fue un pase con un rotavator y seguidamente se acondiciono definitivamente de forma manual con la ayuda de un rastrillo. Ambas labores se realizaron la primera semana de abril.

3.1.6 Siembra

En León, la siembra se realizó el 16 de abril. Se establecieron 4 surcos (Figura 20), de 5 m de longitud, dejando entre cada uno 75 cm de separación. Se distribuyó la semilla en los surcos de forma manual sin tener en cuenta la densidad de siembra. Posteriormente, se cubrieron las semillas con unos dos cm de tierra con la ayuda de una azada.



Figura 20 Aspecto de los 4 surcos plantados en León

En Quintes, la siembra se realizó el 25 de abril. En la parcela A la densidad de siembra fue elevada mientras que en la parcela B fue inferior. La siembra se realizó a marco regular de forma manual en ambas subparcelas.

En la parcela A, se estableció una densidad de 55 semillas por metro cuadrado. Se realizó una siembra a marco regular (separación entre semillas 13,5 cm y separación entre surcos 13,5 cm). Para realizar la siembra, una vez depositadas las semillas se cubrieron con unos 2 cm de tierra con la ayuda de una azada.



Figura 21 Detalle de separación entre plantas en la subparcela A.

En la parcela B, se estableció una densidad de siembra de 4 semillas por metro cuadrado con una distancia entre surcos de 50 cm y una separación entre semillas de 50 cm (Figura 22). Una vez depositadas las semillas se cubrieron del mismo modo que en la parcela A.



Figura 22 Detalle de separación entre plantas en la subparcela B.

3.1.7 *Labores y operaciones del cultivo*

En León fue necesario regar la parcela de forma periódica debido a la falta de precipitación y el clima. El primer riego se dio el mismo día de la siembra para favorecer la germinación de las semillas. Los primeros riegos, hasta el 20 de mayo inclusive, se dieron por aspersión. Los demás riegos se dieron por gravedad. También

fue necesario llevar a cabo una escarda manual de las malas hierbas dos veces durante el cultivo. En la siguiente tabla, se puede observar los días que se realizaron estas tareas de forma detallada.

Tabla 12 Fechas de labores y operaciones llevadas a cabo en León.

Fecha	Tarea
16 de abril	Siembra de Felina 32 y primer riego
21 de abril	Riego por aspersión
28 de abril	Riego por aspersión
5 de mayo	Riego por aspersión
12 de mayo	Riego por aspersión
18 de mayo	Escarda de malas hierbas
20 de mayo	Riego por aspersión
28 de mayo	Riego por gravedad
2 de junio	Riego por gravedad
9 de junio	Riego por gravedad
15 de junio	Escarda de malas hierbas
18 de junio	Riego por gravedad
24 de junio	Riego por gravedad
2 de julio	Riego por gravedad
8 de julio	Riego por gravedad
16 de julio	Riego por gravedad
23 de julio	Riego por gravedad
27 de julio	Riego por gravedad
4 de agosto	Riego por gravedad
9 de agosto	Riego por gravedad

En Quintes no fue necesario regar la parcela de ensayo en ningún momento ya que la precipitación caída en el inicio y durante el desarrollo del cultivo fue suficiente. También se llevó a cabo una escarda manual de las malas hierbas el 15 de mayo y el

19 de junio. A principios de agosto, algunas plantas de la parcela A manifestaron *Botrytis* en sus flores, pero no se aplicó ningún tipo de tratamiento al cultivo.

3.1.8 Cosecha

Tanto en León como en Quintes se cosecharon las plantas con unas tijeras de poda, siendo estas cortadas a 2 cm del suelo aproximadamente. En León la cosecha se llevó a cabo el 6 de septiembre y en Quintes el 29 de agosto.

En León se cosecharon 12 plantas al azar de la parcela. En Quintes se cortaron 12 plantas al azar en la parcela A, mientras que en la parcela B se cortaron 3 plantas que se encontraban contiguas.



Figura 23. Las plantas escogidas cosechadas al azar Quintes en parcela A

3.1.9 Registro de datos en campo

Quintes

En la parcela A, se tomaron los siguientes parámetros:

-Porcentaje de plantas que llegaron a final de ciclo: Se contaron todas las plantas que llegaron a final de ciclo y se dividió entre el número de semillas que se habían sembrado.

-Número de plantas por m²: Se obtuvo dividiendo número de plantas que llegaron a final de ciclo entre los m² de la parcela.

-Altura media de las plantas: Se midió cada planta de forma individual con un metro desde la zona inferior por la que se había cortado hasta la zona más alta. Después, se obtuvo la altura media.

-Grosor medio de los tallos: Se obtuvo el grosor del tallo de cada planta con la ayuda de un calibre. Este parámetro se midió justo en la zona en la que se había cortado el tallo. Después, se obtuvo el grosor medio de tallo.

-Peso medio de los tallos: Se eliminaron todas las ramas secundarias de las 12 plantas y flores del ápice de tal forma que solo quedaron los tallos como se observa en la Figura 24. Posteriormente se pesaron los 12 tallos de forma conjunta con una báscula de precisión y se obtuvo la media.



Figura 24 Tallos sin masa vegetal de la parcela A

-Peso medio de masa vegetal por planta: Se cogió toda la masa vegetal que se les quitó a las 12 plantas para dejar solo los tallos y se pesó de forma conjunta. Para ello se depositó toda la masa vegetal en un recipiente y posteriormente se pesó en la misma báscula de precisión.

-Peso de masa vegetal por m²: Se multiplicó el número de plantas por m² por el peso medio de masa vegetal por planta

-Peso de tallos por m²: Se multiplicó el número de plantas por m² por el peso medio de los tallos.

-Peso total por m²: Se sumo el peso de masa vegetal por m² y el peso de tallos por m².

En la parcela B, se tomaron los mismos parámetros que en la parcela A (Figura 25). Además, también se obtuvo:

-Peso individual de masa vegetal por planta: Se pesó de forma individual la masa vegetal de cada una de las tres plantas cosechadas.



Figura 25 Plantas cosechadas en la parcela B.

León

El día de la cosecha, se obtuvieron los siguientes parámetros de cada una de las 12 plantas cosechadas:

-Altura media de las plantas: Se midió cada planta con una cinta métrica desde la zona inferior por la que se había cortado hasta la zona más alta.

-Grosor medio de los tallos: Se obtuvo el grosor del tallo de cada planta con la ayuda de un calibre. Este parámetro se midió justo en la zona en la que se había cortado el tallo.

-Peso medio de los tallos: Se eliminaron de cada planta toda la masa vegetal (las ramas secundarias y flores del ápice) y se pesó individualmente cada tallo en una báscula de precisión

-Peso medio de masa vegetal por planta: Se pesó individualmente en una báscula de precisión la masa vegetal de cada planta. Como se puede observar en la Figura 26, el pesaje se llevó a cabo colocando la masa vegetal dentro de un cubo.



Figura 26 Pesaje de masa vegetal de una planta

-Peso medio de raíz: Se peso la raíz de 3 plantas de forma individual. Para ello, fue necesario desenterrar la raíz de la tierra con aplicando agua a la zona para que esta se humedeciese y facilitase la extracción de las raíces.

3.1.10 Registro de datos en laboratorio

Quintes

Se transportaron los 12 tallos de la parcela A y los 3 tallos de la parcela B desde Quintes al laboratorio de cultivos ubicado en la EIAF.

Los 12 tallos de la parcela A se trocearon con tijeras y se pusieron en bandejas de aluminio. Después, se realizó un secado a estufa de calor a 80°C en laboratorio durante 3 días (Figura 27). Los 3 tallos de la parcela B también se trocearon y se pusieron separados en 3 bandejas diferentes enumerándolas. También se realizó al mismo tiempo y en la misma estufa un secado.



Figura 27. Tallos en bandejas sometidos a la estufa de calor.

Transcurridos 3 días, los tallos se encontraban a humedad constante (Figura 28), y se pudieron tomar los siguientes parámetros:



Figura 28. Tallos sin humedad tras ser sacados de estufa.

-Peso medio de tallos en seco de la parcela A: Se cogieron todas las bandejas que contenían los tallos troceados, se pesaron los trozos de forma conjunta en una báscula de precisión y se sacó la media dividiendo el peso obtenido entre 12.

-Peso individual en seco de tallos parcela B: Se pesaron los trozos correspondientes a cada tallo y se sacó el peso en seco de cada tallo.

-Peso medio de tallos en seco de la parcela B: Se obtuvo sumando los pesos individuales en seco de cada tallo y dividiendo entre 3.

-Porcentaje medio de materia seca por tallo de parcela A: Una vez obtenido el peso medio en seco de los 12 tallos, se pudo obtener el porcentaje medio de materia

seca que contenían estas 12 plantas a partir del peso medio por tallo en el momento de cosecha.

-Porcentaje de materia seca de cada tallo de la parcela B: Una vez conocido el peso de cada tallo en seco, se pudo obtener el porcentaje de materia seca que contenía cada tallo comparándolo con los pesos obtenidos en el momento de cosecha.

-Porcentaje medio de materia seca por tallo de la parcela B: se obtuvo haciendo una media de los porcentajes individuales de materia seca.

-Porcentajes de materia seca en tallos por m^2 de ambas parcelas: se calculó a partir del número de plantas que había en cada m^2 y los resultados de porcentajes medios de materia seca por tallos.

León

El mismo día de cosecha se procedió a llevar el material cosechado al laboratorio. En este, se trocearon cada uno de los 12 tallos y se puso cada uno en una bandeja de aluminio. Además, se puso la masa vegetal de 3 plantas en bandejas (Figura 29). También se pusieron las 3 raíces en bandejas separadas. Después, cada bandeja se enumeró y se llevó a cabo un secado en estufa a $80^{\circ}C$ durante 3 días.



Figura 29 Bandeja con material vegetal de una planta tras ser sometido a estufa.

Transcurridos los 3 días, se sacaron las bandejas de la estufa y se realizaron los siguientes cálculos:

-Peso medio de tallos en seco: Se cogieron todos los trozos que formaban un tallo y se procedió a pesarlos en una báscula de precisión. De esta manera se obtuvo el peso de cada tallo en seco y posteriormente se sacó la media

-Peso medio de masa vegetal en seco: Se cogieron las tres bandejas que contenían masa vegetal y se pesó el contenido de cada de una en una báscula de precisión. Posteriormente se sacó la media.

-Peso raíz en seco: Se cogieron las tres bandejas que contenían las raíces y se pesó el contenido de cada de una en una báscula de precisión.



Figura 30 Aspecto de raíz tras ser retirada de estufa.

-Porcentaje medio de materia seca por tallo: se dividió el peso medio por tallo en seco entre el peso medio de tallo en el día de cosecha

-Porcentaje medio de materia seca en masa vegetal: se dividió el peso medio de masa vegetal en seco entre el peso medio de masa vegetal en húmedo.

-Porcentaje medio de materia seca en raíz: se dividió el peso medio raíz en seco entre el peso medio de masa vegetal en húmedo.

3.2 Materiales y métodos 2022

3.2.1 *Situación geográfica de las parcelas*

LEÓN: La parcela de León estaba ubicada en la finca de la Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal (EIAF) de la Universidad de León.

ASTURIAS: La parcela se encontraba en la localidad de Pravia en el occidente de Asturias.

Tabla 13 Ubicación exacta parcelas de ensayo. Fuente: (*Sede Electrónica del Catastro - Inicio, 2023*)

Ubicación	Av Portugal 45 24190 Leon (León)	Cp Forcinas. Pravia (Asturias)
Referencia catastral	7777206TN8177N0000OY	33051D002100120000BI
Polígono	-	2
Número de parcela	-	10012
Uso principal	Agrario	Agrario

3.2.2 *Parcelas*

En ambas ubicaciones se estableció una parcela de 49 m² (7x7 m) (Figura 31). En cada una de esas parcelas se establecieron 4 cuadrantes de 9 m² cada uno (3x3 m), dejando entre cada una un pasillo de un metro de ancho (en forma de cruz).

En ambas ubicaciones se sembraron dos variedades, sembrando dos cuadrantes de cada una.

En la siguiente figura se puede observar la distribución de las parcelas de ensayo.



Figura 31. Detalle parcela de ensayo León.

3.2.3 Clima

LEÓN: El clima de esta localidad se caracteriza por ser de tipo mediterráneo con influencia continental en algunos casos afectado por el atlántico. En este tipo de clima las precipitaciones se reparten a lo largo de todo el año de forma irregular.

Los datos climáticos que se registraron en el periodo de tiempo que transcurrió desde el día de siembra (11 de mayo) hasta el día de recolección (18 de octubre) fueron los siguientes:

Tabla 14. Datos climáticos en León durante desarrollo del cultivo en 2022.
Fuente: (Inforiego, 2023)

Precipitación total	101,58 mm
Temperatura media	18,46°C
Temperatura mínima media	9,58°C
Temperatura máxima media	27,41°C
Días con temperaturas menores de 0°C	0 días
Humedad media	64,04%

PRAVIA: En esta localidad, el tiempo es cálido en verano y templado durante el resto del año. La cantidad de precipitación es abundante sobre todo en invierno y primavera. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 23 °C y rara vez baja a menos de 2 °C o sube a más de 26 °C.

Para conseguir los datos climatológicos de Pravia se utilizaron los registrados por la estación meteorológica más cercana, situada en el aeropuerto de Asturias. Los datos climáticos del periodo de tiempo que transcurrió desde el día de siembra (14 de mayo) hasta el día de recolección (21 de octubre) fueron los siguientes:

Tabla 15 Datos climáticos en Pravia durante desarrollo del cultivo en 2022.(AEMET., 2023)

Precipitación total	253,84 mm
Temperatura media	17,93°C
Temperatura mínima media	14,83°C
Temperatura máxima media	21,4°C
Días con temperaturas menores de 0°C	0 días
Humedad media	64,04%

3.2.4 Análisis de suelo

Se llevó a cabo un análisis de suelo en ambas parcelas de ensayo. Para ello, se tomaron 4 muestras aleatorias de cada parcela. Para tomar las muestras se descartaron los primeros 5 cm de tierra de las parcelas para evitar posibles variaciones debido a la materia orgánica y luego con ayuda de una mini pala se cogieron las muestras. Una vez obtenidas las muestras homogéneas de cada parcela se llevaron a analizar al “Laboratorio de técnicas instrumentales de la Universidad de León”. Se analizaron todos los parámetros del suelo incluyendo su textura. La textura de la parcela de León es franca mientras que la estructura de la parcela de Pravia es arenoso-franca. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados representativos de cada tipo de terreno.

Tabla 16 Resultados obtenidos con los análisis de suelo.

	LEÓN	PRAVIA
Arena (%)	40	76
Limo (%)	38	22
Arcilla (%)	22	2
pH (extracción en agua)	8,10	7,89
M.O (Walkley-Black) (%)	8,95	4,13
Relación C/N	9,68	12,45
C.I.C (cmol(+)kg^{-1})	27,65	8,73
Nitrógeno (Kjeldahl) (%)	0,54	0,19
Fósforo (Olsen) (ppm)	100,52	4,33
Calcio (ICP-OES) (cmol(+)kg^{-1})	27,85	10,95
Potasio (ICP-OES) (cmol(+)kg^{-1})	0,55	0,21

3.2.5 Material vegetal

Este año se emplearon las variedades Futura 75 y Uso 31, ambas certificadas por la Unión Europea (Hemp, 2023) . Cada variedad tiene unas características diferentes.

USO 31:

El lugar de producción de esta semilla es Alemania y su creador fue `` Instituto de Cultivos de Bast de la Academia Nacional de Ciencias Agrarias de Ucrania´´. Es una variedad muy conocida en todo Europa y es comercializada por numerosos bancos de semillas.

Es una variedad monoica y tiene un ciclo de duración de 122 a 127 días. Su periodo de siembra va de mediados de abril a mediados de mayo y su recolección se debe de llevar a cabo en septiembre.



Figura 32 Ciclo vegetativo Uso 31

Es una variedad destinada a la producción de semillas y cañamiza. Como se puede observar en la Figura 33, la producción de semillas y cañamiza depende de la latitud en la que se lleve a cabo el cultivo. Por ejemplo, en el sur de Francia la producción será abundante en semillas, mientras que en Reino Unido, y lugares con latitudes similares, predomina la producción de cañamiza.



Figura 33 Zonas de cultivo de Uso 31 según Hemp It.

En biomasa fresca se han obtenido en algunos ensayos de esta variedad entre 16400 kg ha⁻¹ y 22700 kg ha⁻¹. Mientras que en el peso de tallos en seco se han obtenido entre 1820 kg ha⁻¹ y 2610 kg ha⁻¹ (Yazici, 2023). (Sankari and Mela, 1998) obtuvo un total de entre 4,5 y 5,5 toneladas de materia seca con esta variedad. Otras características de interés de esta variedad, según el banco de semillas Legal Hemp, son las siguientes:



Figura 34 Características Uso 31. Fuente: Legal Hemp

FUTURA 75:

El lugar de producción de esta semilla es Francia y su creador fue la "Federación Nacional des Producteurs de Chanvre". Es una variedad conocida por sus altos rendimientos y se puede conseguir en diferentes bandos de semillas.

Es una variedad monoica y tiene un ciclo de duración de 97 a 102 días si se desea hacer una recolección en modo no trillado (*Futura 75 - Hemp It*, 2023). Llevar a cabo una cosecha en modo no trillado significa que será una cosecha destinada a obtener fibra y cañamiza y no a obtener semilla. Su periodo de siembra es desde mediados de abril hasta mediados de mayo y su recolección se puede llevar a cabo desde mediados de agosto.

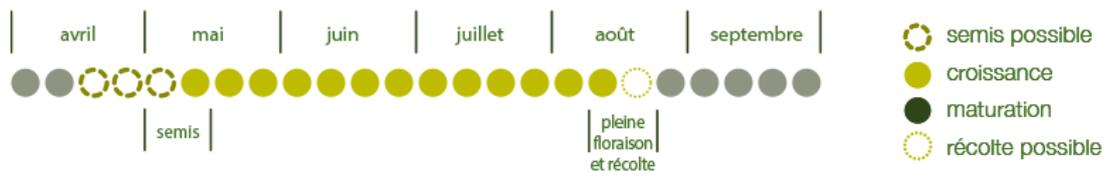


Figura 35 Ciclo vegetativo Futura 75.

En las latitudes en las que se ha realizado el estudio esta variedad esta variedad está destinada a la obtención mixta de fibra, cañamiza y semillas.

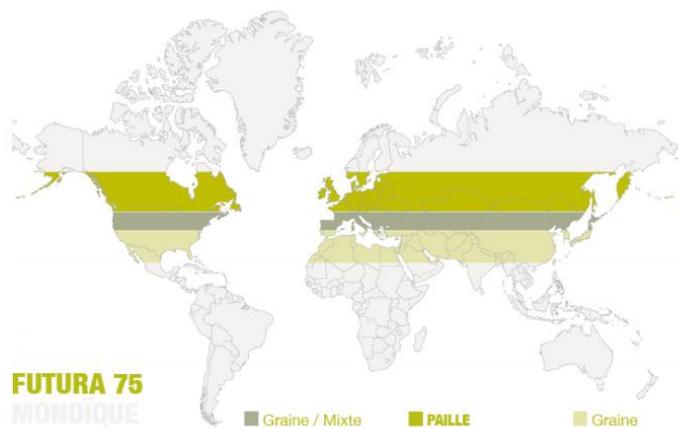


Figura 36 Zonas de cultivo de Futura 75. (Hemp It).

Otras características de interés de esta variedad, según el banco de semillas Legal Hemp, son las siguientes:

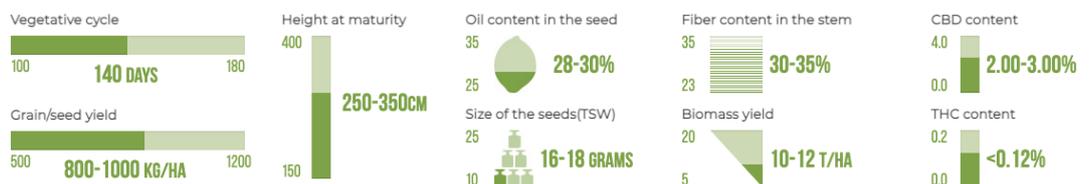


Figura 37. Características Futura 75. Fuente: Legal Hemp

3.2.6 Preparación del terreno

En León se preparó la parcela de ensayo con tractor, llevando a cabo un laboreo primario de volteo con un arado de vertederas reversible y posteriormente, se realizó un laboreo secundario con el pase de una grada de discos. Ambas labores fueron llevadas a cabo en el mes de marzo. Unos días antes de realizar la siembra se niveló la parcela de forma manual con ayuda de un rastrillo.

La parcela de Pravia formaba parte de un prado roturado el 20 de abril. Después se preparó de forma manual el 13 de mayo mediante azada, para dejar el terreno sin terrones y sin rastros del prado anterior. Antes de realizar la siembra se niveló la parcela de forma manual con la ayuda de un rastrillo.

3.2.7 Siembra

En León la siembra se realizó el 11 de mayo y en Pravia el día 14. La siembra se realizó de la misma forma en ambos sitios. En primer lugar, se midieron los 49 m² y se limitaron los cuatro cuadrantes de 9 m² cada uno.

Después se realizaron mini surcos muy próximos entre sí (Figura 37) en cada cuadrante para así poder sembrar las semillas de cada variedad de forma uniforme. A continuación, se procedió a sembrar cada cuadrante con una densidad de siembra de 200 semillas por m². Para llevar a cabo la siembra, se depositaron 200 semillas en cada metro cuadrado en los mini surcos de forma uniforme. Una vez depositadas, se cubrieron con unos 2 cm de tierra pasando un rastrillo en dirección contraria a la de los surcos.

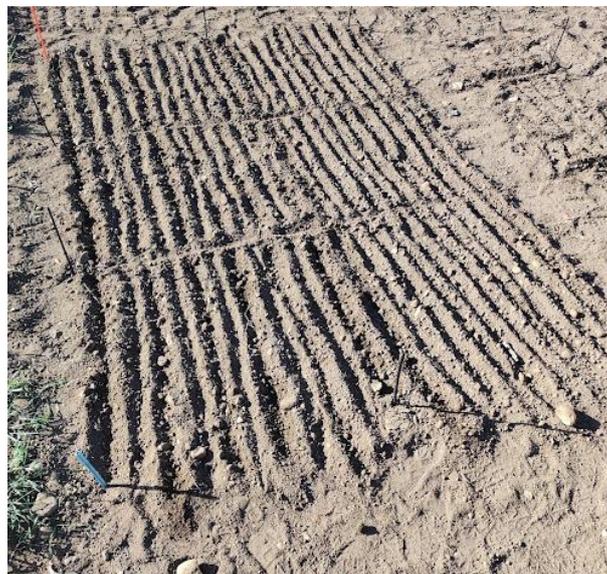


Figura 38 Detalle de mini surcos realizados en cada m².

3.2.8 Operaciones y labores del cultivo

En la parcela de Pravia no fue necesario aplicar riego en ningún momento ya que la precipitación cubrió adecuadamente las demandas del cultivo durante su desarrollo y en su germinación.

En la parcela de León, se instaló un contador de agua en la boca de riego de la parcela. El primer riego se realizó justo después de la siembra para promover la germinación de las semillas.

Se realizaron riegos todas las semanas hasta el 23 de agosto. En la tabla se puede observar las fechas en las que se dio un riego. En total se aplicaron 65,525 m³. Hay que tener en cuenta que el aspersor instalado tenía mayor alcance que las dimensiones de la parcela. Así que, se calcula que el aspersor además de regar los 49 m² de la parcela, también regaba unos 40 m² exteriores. De este modo, se aplicaron 0,736 m³ por cada m². De tal forma que se aplicaron 736 mm al cultivo. Si a este valor se le suma la precipitación que hubo a lo largo del cultivo, la cantidad de agua que recibió el cultivo fue de 837,58 mm (l/m²).

Tabla 17 Días de aplicación de riego.

Fecha	Tarea
11 de mayo	Siembra y primer riego.
16 de mayo	Riego
19 de mayo	Riego
23 de mayo	Riego
27 de mayo	Riego
31 de mayo	Riego
7 de junio	Riego
14 de junio	Riego
21 de junio	Riego
28 de junio	Riego
5 de julio	Riego
12 de julio	Riego

Fecha	Tarea
19 de julio	Riego
26 de julio	Riego
2 de agosto	Riego
9 de agosto	Riego
16 de agosto	Riego
23 de agosto	Riego

En ambas parcelas se realizaron 2 escardas manuales de malas hierbas en las primeras fases del cultivo. En León, estas escardas se llevaron a cabo el 26 de mayo y el 27 de junio, mientras que en Pravia se realizaron el 6 de junio y el 4 de julio. En la parcela de Pravia fue necesario instalar un pastor eléctrico alrededor para evitar posibles ataques animales.

También se instalaron carteles en ambas parcelas para indicar carácter de investigación del cultivo y para evitar hurtos de las plantas debido a confusiones con otros cultivos.

3.2.9 Cosecha

La recolección de las plantas se hizo cortándolas a unos 2 cm del suelo con unas tijeras de poda. En cada localidad, se cosechó un cuadrante de cada variedad a mitad de ciclo y los dos cuadrantes restantes a final de ciclo. Para realizar la cosecha se marcó en cada cuadrante el m² más uniforme (Figura 39).



Figura 39 Marcación de un m² para su cosecha en Pravia.

En la siguiente tabla se muestran las fechas en las que se llevaron a cabo todas las cosechas.

Tabla 18 Fechas de las cosechas.

	LEÓN	PRAVIA
COSECHA MITAD DE CICLO	1 DE JULIO	2 DE JULIO
COSECHA FINAL DE CICLO	18 DE OCTUBRE	21 DE OCTUBRE

En la siguiente figura se muestra el aspecto de las plantas de León el día de cosecha a mitad de ciclo



Figura 40 Aspecto plantas en León a mitad de ciclo.

En la siguiente figura se muestra el aspecto de las plantas en León el día de cosecha a ciclo entero.



Figura 41 Aspecto plantas en León a final de ciclo.

3.2.10 Registro de datos en campo

La toma de datos en campo se realizó el mismo día de la cosecha. Se tomaron los mismos datos en las cosechas de mitad de ciclo que en las de final de ciclo. Una vez cosechadas las plantas de los m^2 seleccionados, se tomaron los siguientes parámetros de cada uno:

-Porcentaje de plantas que llegaron a la cosecha de mitad de ciclo y final de ciclo: Se pudo obtener, ya que se contaron el número de ejemplares que había en cada m^2 y se sabía que se habían sembrado 200 semillas inicialmente.

-Altura media de plantas: Se escogieron 10 plantas al azar de cada m^2 y se midieron con una cinta métrica desde la zona por donde se habían cortado y la zona más alta de estas. Esto permitió sacar la altura media de cada m^2 cosechado

-Grosor medio de los tallos: Se tomó el grosor de los tallos a las plantas que se les midió la altura. Este parámetro se tomó con un calibre en la zona inferior del tallo por donde se había realizado el corte. Esto permitió obtener el grosor medio de cada m^2 cosechado

-Peso de tallos por m^2 : Se cogieron todas las plantas y se eliminaron todas las ramas secundarias y flores del ápice para dejar los tallos desnudos. Después se cogieron todos los tallos y se pesaron de forma conjunta en una báscula de precisión.

-Peso medio de los tallos: Se cogió el peso de tallos por m^2 y se dividió entre el número de tallos en el m^2 .

-Peso de masa vegetal por m^2 : Se cogió toda la masa vegetal extraída de las plantas anteriormente y se pesó con la ayuda de un cubo en una báscula de precisión.

-Peso medio de masa vegetal por planta: Se cogió el peso de masa vegetal por m^2 y se dividió entre el número de plantas en el m^2 .

-Peso medio de planta: Se sumó el peso medio de los tallos más el peso medio de masa vegetal por planta.

-Peso total por m^2 : Se sumó el peso de tallos por m^2 y el peso de masa vegetal por m^2 .

3.2.11 Fermentación y procesado.

La labor de fermentación fue necesaria para poder tomar los datos necesarios de la cantidad de fibra y cañamiza obtenida por metro cuadrado. La cosecha de mitad de ciclo se fermentó de forma diferente y en fechas distintas a la cosecha de final de ciclo.

El 3 de julio, los tallos de las plantas cosechadas a mitad de ciclo en León se llevaron a la localidad de Soto del Barco para ser fermentadas junto con los tallos de las plantas de Pravia. Este mismo día se pusieron a fermentar todas las plantas de cada m^2 . Para distinguir los tallos de cada m^2 durante el proceso de fermentación se agruparon con bridas de colores. Todos los tallos de estas plantas se sometieron a un proceso de fermentación dejándolas en el suelo encima de un plástico para que la humedad del rocío y la lluvia tomaran acción y rompieran los enlaces químicos (Figura 42).



Figura 42 Tallos de mitad de ciclo durante su fermentación.

Tras 32 días (5 de agosto) se retiraron las plantas del exterior y se procedió a guardarlas en un garaje.

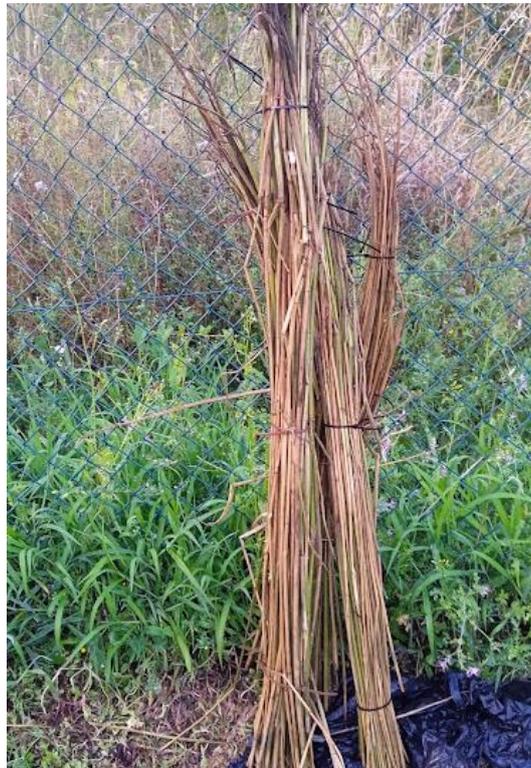


Figura 43 Aspecto tallos tras fermentación.

Las plantas cosechadas al final del ciclo tanto en León como en Pravia se fermentaron en la localidad de Quintes mediante sumergimiento en agua (Figura 44). Para ello se llevaron a esta localidad los días posteriores a su cosecha y el 2 de

diciembre comenzó el proceso de fermentación. Para llevar a cabo esta tarea, se introdujo el material vegetal en cubos con agua (Figura 44) durante un mes simulando el antiguo método de sumergimiento en balsas de agua. En cada cubo se introdujeron los tallos correspondientes a un m² y se etiquetaron para distinguirlos.



Figura 44 Sumergimiento en caldero de 1 m².

Un mes después, se retiró el agua de los cubos y se pusieron a secar los tallos al sol (Figura 45) durante los dos siguientes días.



Figura 45 Tallos de un m² cosechados, secando tras fermentación.

3.2.12 Registro de datos posteriores a la fermentación

El 22 de octubre se cogieron los tallos de la cosecha de mitad de ciclo y se procedió a descortizarlos de forma manual en la localidad de Soto del Barco. Para ello se utilizó una viga a modo de base y una maza para machacar los tallos contra la

base. De este modo se consiguió separar la fibra de la cañamiza y se pudieron tomar los siguientes datos de cada m^2 :

-Peso de tallos por m^2 tras fermentación: Se quitaron las bridas y se pesaron de forma conjunta los tallos de cada m^2 en una báscula de precisión.



Figura 46 Pesaje de tallos tras fermentación.

-Peso medio por tallo tras fermentación: Se dividió el peso de los tallos entre el número total de tallos.

-Cantidad de fibra por m^2 : Después de descortizar los tallos, se cogió la fibra que salió de la superficie en la que se había llevado a cabo la descortización y se pesó en una pesa.

-Cantidad media de fibra por planta: Se dividió el peso total de fibra entre las plantas cosechas en el m^2 correspondiente.

- Cantidad de cañamiza por m^2 : Después de descortizar los tallos, se cogió la cañamiza e impurezas (microfibras) que salió de la superficie en la que se había llevado a cabo la descortización y se pesó en una pesa.

-Cantidad media de cañamiza por planta: Se dividió el peso total de cañamiza entre las plantas cosechadas en el m^2 correspondiente.

-Porcentaje de fibra en tallo: Se obtuvo a partir del contenido medio de fibra y cañamiza en los tallos.

- Peso de materia seca en tallos por m²: Se obtuvo sumando la fibra y cañamiza que había por m².

La cosecha de final de ciclo se descortizó el 5 de enero en la localidad de Quintes. Se cogió el material ya seco y se procedió a realizar la descortización de igual forma que con la cosecha de mitad de ciclo. Una vez separado la fibra y cañamiza (Figura 47) se obtuvieron los mismos datos que se hizo con la cosecha de mitad de ciclo.



Figura 47 Fibra y cañamiza separada de 1 m².

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados y discusión 2021

4.1.1 Asturias 2021

En la parcela A, el porcentaje de plantas que llegaron a final de ciclo fue del 31%, ya que solamente llegaron 69 de las 220 sembradas. En la parcela B, el porcentaje de plantas que llegaron a ser productivas a final de ciclo fue del 70%. Sin embargo, la parte de la que se cogieron estas 3 plantas tenía un porcentaje del 100%.

En ambas parcelas, el porcentaje de plantas que ha llegado a la cosecha es menor del porcentaje de germinación que aseguran los bancos de semillas. En la parcela A (densidad superior), el porcentaje es mucho menor que en la parcela B (densidad inferior). Esto, posiblemente se deba a que, a mayor densidad de siembra, mayor es la competencia por sobrevivir entre las plantas igual que sucede en la mayoría de los cultivos. No obstante, algunos autores afirman que la densidad de siembra no tiene efectos sobre el número de plantas que llegan a la cosecha (Sankari y Mela, 1998).

En la siguiente tabla, se expresan de manera conjunta los resultados medios por planta conseguidos en ambas parcelas.

Tabla 19. Parámetros medios por planta en ambas parcelas.

	PARCELA A	PARCELA B
Peso medio de los tallos	216 g	836 g
Peso medio de los tallos en seco	65g	292 g
Peso medio de masa vegetal por planta	500 g	2050 g
Altura media de las plantas	273 cm	320 cm
Grosor medio de los tallos	18 mm	39 mm
Porcentaje medio de materia seca por tallo	30%	35%

Los resultados obtenidos por planta en los pesos medios de los diferentes componentes y en altura y grosor medio son muy superiores en las plantas de la parcela B. Además, el porcentaje medio de materia seca en los tallos de la parcela B son mayores, posiblemente debido a que al tener más espacio tienen más capacidad

de crecimiento ya que reciben más luz y tienen una mayor disponibilidad de nutrientes (Chandra *et al.*, 2008).

Felina 32 alcanzó en ambas parcelas alturas que se ajustaban a las características de la variedad facilitadas por el banco de semillas ya que la media de altura oscilaba entre los 250 y 350 cm (*Felina 32 - Hemp It*, 2023).

El grosor medio fue mayor en las plantas más espaciadas (Figura 48). Este parámetro está relacionado de forma negativa con la densidad de siembra, coincidiendo con los resultados obtenidos (Campiglia *et al.*, 2017).



Figura 48 Detalle grosor de tallo en parcela B

Tanto en la parcela A como en la parcela B, el peso medio de masa vegetal por planta es un poco más del doble que el peso del tallo. Estos datos no se asemejan a los rendimientos que se consiguen del cáñamo según otros autores, que mantienen que el 30% de peso es de la masa vegetal mientras que el 70% de peso es del tallo (Vallejos *et al.*, 2006). Estas diferencias posiblemente se deban a la consideración que se hace sobre las ramas secundarias, pudiendo computar como parte del tallo o como parte de la masa vegetal. También puede deberse al momento de cosecha, ya que la masa vegetal disminuye si transcurren unos días desde la finalización del ciclo.

El porcentaje medio de materia seca de los tallos de la parcela A era del 30% del peso total mientras que en la parcela B fue del 35% un resultado ligeramente superior. Este motivo podría deberse a que las plantas de la parcela B desarrollaron tallos más

gruesos y por consiguiente más rellenos, por lo que contenían más cantidad de cañamiza como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 49 Cantidad de cañamiza planta de parcela B.

En la siguiente tabla, se expresan los resultados medios por m^2 conseguidos en ambas parcelas.

Tabla 20. Parámetros medios por m^2 en ambas parcelas

	PARCELA A	PARCELA B
Peso tallos por m^2	3672 g	3344 g
Peso tallos secos por m^2	1119 g	1168 g
Peso masa vegetal por m^2	8500 g	8200 g

A pesar de que los pesos medios por planta fueron ligeramente superiores en la parcela B, se pudo observar que los pesos por m^2 son similares en ambas parcelas. Este resultado, podría dar a entender que es preferible una menor densidad de semillas como en la parcela B ya que se obtendrían rendimientos similares. Sin embargo, trabajar con plantas más ramificadas y con tanta masa vegetal (como las de la parcela B) no es aconsejable, ya que la maquinaria sufrirá un mayor desgaste y el manejo de las plantas resultará más complicado. Además, para la obtención de fibra de buena calidad los tallos deben de ser lo más finos posibles y encontrarse a una distancia de entre 10 y 15 cm (Acosta, 2001). La separación entre surcos de la parcela A, coincide con la recomendada por el ITACYL para obtener mejores rendimientos (José M. Arjona y Nieves Aparicio, 2022).

Calculando a partir de estos resultados el rendimiento que se obtendría de una hectárea, se cumplirían las cantidades de biomasa que los bancos de semillas afirman (*Felina 32 - Hemp It, 2023*).

La precipitación que recibieron las plantas durante su cultivo fue de 264,26 mm. Este valor es inferior a las necesidades que tiene el cultivo (*Fassio et al., 2013*). A pesar de que no se cubrieron las necesidades hídricas, Felina 32 mostró un buen comportamiento ante el clima. Quizás, haya podido desarrollarse bien, debido a la cercanía de las parcelas de ensayo con otros cultivos que sí que eran regados. También puede deberse a la humedad del clima.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que esta variedad parece haberse adaptado bien al clima de Quintes durante el 2021, coincidiendo con las recomendaciones de lugares de siembra del banco de semillas (*Felina 32 - Hemp It, 2023*).

4.1.2 León 2021

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos en las 12 plantas escogidas al azar en la parcela de León.

Tabla 21. Resultados obtenidos en León 2021

	Altura (cm)	Grosor (mm)	Masa vegetal (g)	Tallo (g)	Tallo en seco (g)	Porcentaje de materia seca en tallo
Planta 1	276	29	785	582,5	248,8	42,71%
Planta 2	276	26	600	441	173	39,23%
Planta 3	265	23	385	315,1	123,7	39,26%
Planta 4	277	19	105	215,6	85,8	39,80%
Planta 5	268	20	245	249,2	104,6	41,97%
Planta 6	227	23	210	238,9	91,5	38,30%
Planta 7	272	17	185	205,8	89	43,25%
Planta 8	276	19	145	253	104,9	41,46%
Planta 9	300	28	905	550	213,7	38,85%
Planta 10	257	21	145	250,9	99,2	39,54%
Planta 11	270	21	161,9	296	122,7	41,45%
Planta 12	271	16	288,6	225	92,5	41,11%
Medias	269,5	21,8	346,7	318,5	129,1	40,53%

Felina 32, alcanzó una media de altura que se encuentra dentro del rango especificado por Legal Hemp y otros bancos de semillas (*Felina 32 - Hemp It, 2023*). Sin embargo, esta altura media obtenida no coincide con los valores obtenidos por el

ITACYL en su ensayo en León con esta variedad, ya que solamente alcanzaron los 200 cm de altura media (José M. Arjona y Nieves Aparicio, 2022). Esta diferencia de altura podría deberse a la cantidad de agua aplicada al cultivo durante este ensayo o a las diferencias que puede haber entre los suelos empleados.

El grosor medio por planta fue de 21,8 mm. Existe una relación entre las grosores y alturas de las plantas. Sin embargo, la planta más alta no se corresponde con la de mayor grosor.

El peso medio de tallo y de masa vegetal por planta son muy similares. Este hecho, posiblemente se deba a que la cosecha en León se llevó a cabo después de que la variedad hubiese acabado su ciclo de vida y por lo tanto las hojas y parte de las flores ya habían comenzado a desprenderse como se puede observar en la Figura 50.



Figura 50 Múltiples hojas desprendidas sobre el terreno el día de cosecha.

El porcentaje medio de materia seca por tallo fue del 40,53%. Este valor se aproxima mucho al obtenido por otros autores (Vallejos *et al.*, 2006). quien obtuvo un resultado del 37% de materia seca sobre el peso total del tallo.

Se observó que existía una relación entre el grosor del tallo y el peso del tallo en seco en Felina 32 (Figura 51). Esto se debe a que cuanto más grueso es el tallo mayores son sus paredes y por lo tanto mayor cantidad de materia (Campiglia *et al.*, 2017).

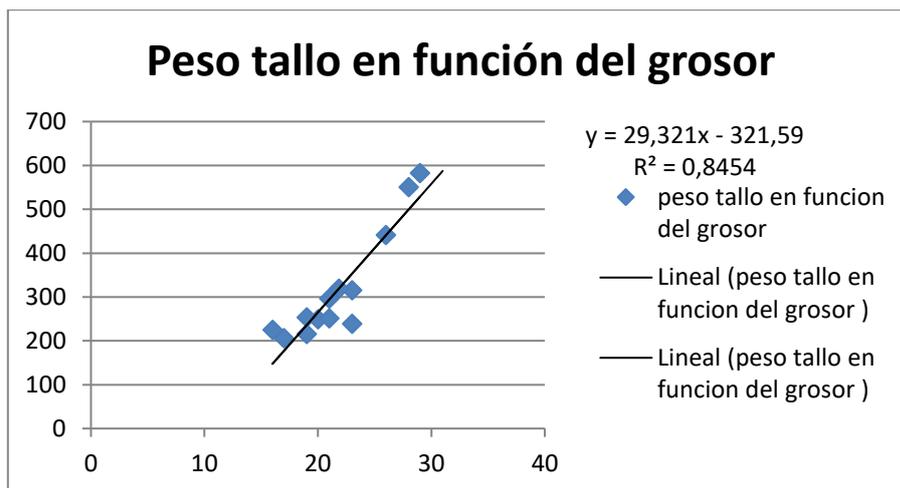


Figura 51. Peso del tallo en función del grosor

En la siguiente tabla, se pueden observar los resultados del resto de parámetros analizados en 3 de las plantas.

Tabla 22 Materia seca en hojas y en raíz

	Masa vegetal en húmedo (g)	Masa vegetal en seco (g)	Materia seca en masa vegetal	Raíz en húmedo (g)	Raíz en seco (g)	Materia seca en raíz
Planta 9	905	141,1	43,11%	91	27,9	30,66%
Planta 11	161,9	57,3	35,39%	154	41,9	27,21%
Planta 12	288,6	86,1	28,83%	119,5	31,4	26,28%

El porcentaje medio de materia seca que contenía la masa vegetal era del 35,78% y se aproxima mucho al porcentaje de materia seca en la masa vegetal que recogen otros autores (Vallejos *et al.*, 2006). El porcentaje de materia seca que contenía la raíz era del 28,05%. No obstante, este valor puede variar mucho dependiendo del tipo del suelo y las condiciones climatológicas que se den el año de cultivo (Amaducci *et al.*, 2008). Según los resultados obtenidos, no parece existir una relación entre el peso de la raíz y otros parámetros de las plantas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que esta variedad parece haberse adaptado bien al clima de León durante el 2021. Según los

bancos de semillas, esta variedad también es recomendada para Castilla y León igual que sucede con Asturias (*Felina 32 - Hemp It, 2023*).

4.2 Resultados y discusión 2022

4.2.1 *Mitad de ciclo 2022*

La variedad Uso 31 tuvo mejor porcentaje de plantas que llegaron a mitad de ciclo en Asturias con un 36% mientras que en León fue ligeramente menor con 29%. Futura 75 tuvo mejor porcentaje de plantas que llegaron a mitad de ciclo en León con un 42% mientras que en Asturias fue de 30%. Los bancos de semillas aseguran una facultad germinativa de más del 80% para ambas variedades. El número de plantas que llegaron a final de ciclo es mucho menor de este porcentaje. No obstante, no se puede determinar si este porcentaje se ha visto determinado por la falta de germinación o por la competencia entre plantas debido a la densidad de siembra utilizada.

En la siguiente tabla aparecen las medias de altura y grosor de tallo obtenidas de cada m²:

Tabla 23. Resultados de altura y grosor medio en cada clima y variedad a mitad de ciclo.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
Variedad	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Grosor medio de los tallos	7,0 mm	7,4 mm	5,8 mm	7,2 mm
Altura media de las plantas	139,9 cm	147,7 cm	110,2 cm	116,4 cm

Las plantas de ambas variedades en León tuvieron una altura media superior a las obtenidas en Asturias en las respectivas variedades. La planta más alta se cosechó en León en la Futura 75 alcanzando una altura de 169 cm. El mayor grosor de tallo coincide con la mayor altura al igual que la menor altura coincide con el menor grosor. De este modo, se observa que estos parámetros tienen relación.

En León, el grosor medio de tallo en la Futura 75 fue ligeramente superior a la Uso 31 y lo mismo ocurrió en la altura. En Asturias, la Futura 75 también fue superior a

la Uso 31. Este resultado muestra que Futura 75 ha tenido un desarrollo más rápido en ambos climas y que por lo tanto su crecimiento en las primeras fases del cultivo es mayor.

No obstante, los grosores obtenidos con cada variedad en León fueron superiores a los grosores de las respectivas variedades en Pravia. Estos resultados obtenidos pueden verse motivados por influencia del clima, ya que al haber recibido más horas de sol en las primeras fases de desarrollo las plantas han podido alcanzar mayores alturas (Chandra *et al.*, 2008). Además, hay que tener en cuenta que los análisis de suelo muestran que el suelo de León es mucho mejor para el cultivo del cáñamo (Acosta, 2001).

En la Tabla 25, se puede observar la producción media de fibra, cañamiza, masa vegetal, peso total y peso de tallo por cada planta, diferenciando ambas variedades y ambos climas.

Tabla 24. Producciones medias por planta cosechadas a medio ciclo, expresadas en gramos.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Peso medio de los tallos	24,24	27,82	12,89	27,62
Peso medio de planta	42,12	40,76	22,15	41,15
Peso medio de masa vegetal por planta	17,88	12,94	9,26	13,52
Cantidad media de fibra por planta	1,83	1,11	0,84	0,80
Cantidad media de cañamiza por planta	2,19	1,95	0,68	1,16
Porcentaje de fibra en tallo	45%	36%	55%	40%

Uso 31 sembrada en León, fue superior en todos los parámetros analizados salvo en el peso medio de tallo por planta. Esto posiblemente se debe a que Futura 75 almacena mayor cantidad de agua en sus tallos y por lo tanto tras la fermentación pierde esta, y por eso, las cantidades de fibra y cañamiza obtenidas son inferiores (Garrido, 2005).

La cantidad de cañamiza fue superior a la de fibra en ambas variedades en León y en la Futura 75 de Asturias. Sin embargo, en la Uso 31 de Asturias la cantidad de fibra era mayor que la de cañamiza. Esto se puede deber a que Uso 31 tenía un desarrollo más lento y por lo tanto no había empezado a desarrollar a penas materia leñosa en su tallo. Este resultado también puede estar motivado por el proceso de fermentación que se llevó a cabo. Hay que tener en cuenta que con la cosecha de mitad de ciclo se realizó una fermentación extendiendo el cáñamo sobre el terreno, y a veces este método de fermentación puede alterar las cantidades de fibra obtenidas (Garrido, 2005).

El porcentaje de fibra por tallo es muy superior en todos los casos, a los resultados obtenidos por otros autores (Yazici, 2023). Esta razón podría deberse a que las plantas todavía no habían desarrollado la materia leñosa ya que el contenido de fibra es mayor en las etapas tempranas del cultivo (Vandepitte *et al.*, 2020).

En la Tabla 26 se pueden observar los resultados obtenidos por m² con cada variedad y en cada clima en la cosecha de mitad de ciclo

Tabla 25. Producciones por m² obtenidas a mitad de ciclo expresadas en gramos.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Peso de tallos por m²	1430	2365	941	1685
Peso total por m²	2485	3465	1617	2510
Peso de masa vegetal por m²	1055	1100	676	825
Peso de materia seca en tallos por m²	237	260	111	130
Cantidad de fibra por m²	108	94	61	49
Cantidad de cañamiza por m²	129	166	50	71

En ambos climas, con la variedad Uso 31 se obtuvieron pesos de tallos por m² de casi la mitad que con la variedad Futura 75. Estos resultados de pesos de tallos por m² son proporcionales a la altura media de plantas de cada m². En León, el peso de tallos por m² en ambas variedades fue el doble que los pesos obtenidos en Asturias en

las respectivas variedades. Este resultado se puede deber a que el suelo empleado en León contenía más nitrógeno que el de Pravia y por lo tanto el desarrollo vegetativo de las plantas fue mayor (Van der Werf, 2004).

En todos los m² el contenido de cañamiza fue mayor que el de fibra salvo en la Uso 31 sembrada en Asturias. Quizás, esta variedad tiene una integral térmica mayor que Futura 75 y por eso en Asturias no generó cantidades altas de cañamiza al no poder desarrollarse correctamente (Chandra *et al.*, 2008).

Con la Futura 75 el peso de los tallos era aproximadamente 2/3 del peso total de cada m² cosechado, mientras que el peso de la masa vegetal suponía el tercio restante. Este resultado coincide con otros estudios en los que se ha comprobado que las plantas desarrollan sus inflorescencias (masa vegetal) en las últimas etapas del cultivo y por eso en las primeras fases del cultivo suponen poco peso (Acosta, 2001).

En la Uso 31, el peso de los tallos por m² supuso casi la mitad del peso total por m² y la masa vegetal la otra mitad. Gracias a este resultado se pudo observar que la producción de masa vegetal es superior en esta variedad. Esto coincide con el rendimiento de semillas que produce la variedad, ya que al tener más inflorescencias produce mayor cantidad de estas (Yazici, 2023)

La mayor cantidad de fibra se consiguió con la Uso 31 sembrada en León, mientras que la mayor cantidad de cañamiza se consiguió con la Futura 75 sembrada también en esta localidad.

Se pudo observar tras la fermentación que la variedad Futura 75 perdió aproximadamente el 90% de su peso en tallos en ambas localidades. La variedad Uso 31 perdió el 85% en León y el 90% en Asturias. Estos resultados explican el alto contenido en agua que tienen las plantas de cáñamo (Vallejos *et al.*, 2006).

4.2.2 Ciclo entero 2022

La variedad Uso 31 tuvo un porcentaje de plantas que llegaron a final de ciclo similar en ambos climas, siendo en Asturias del 24,5% y en León del 25,5%.

Futura 75 llegó mejor a final de ciclo en León del mismo modo que sucedió en los dos cuadrantes cosechados a mitad de ciclo. En León, el porcentaje de plantas de esta variedad que llegaron a final de ciclo fue del 45% mientras que en Asturias fue del 19%. No obstante, no se puede asegurar si este porcentaje se ha visto determinado por la falta de germinación o porque las plantas germinaron y posteriormente fueron muriendo debido a su difícil adaptación a ambos climas.

En la Tabla 27 aparecen las medias de altura y grosor de tallo obtenidas examinando 10 plantas representativas de cada m².

Tabla 26. Resultados de altura y grosor medio en cada clima y variedad a ciclo entero.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
Variedad	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Grosor medio de los tallos	10,84 mm	9,68 mm	9,14 mm	10,77 mm
Altura media de las plantas	190,5 cm	233,0 cm	170,2 cm	219,4 cm

La altura de la Futura 75 en ambos climas, tanto en ciclo medio como a final de ciclo fue superior. No obstante, la diferencia entre las dos variedades al final de ciclo fue sustancialmente superior que los resultados obtenidos en ciclo medio. Este resultado es coherente con el hecho de que el ciclo vegetativo de la Futura 75 es de 140 días frente a los 125 días que corresponden a la Uso 31, por lo que al haber realizado la cosecha de ciclo medio en la misma fecha, la Futura 75 se encontraba más atrasada en su desarrollo.

Con Uso 31 se obtuvieron, en ambos climas, alturas menores de las esperadas según indicaciones del banco de semillas Legal Hemp, que establece un rango de 2 a 2,5 m. de altura. Esto confirma su propia recomendación de no plantar esta variedad en las latitudes en las que se llevó a cabo el estudio. No obstante, el ITACYL obtuvo en sus ensayos en León alturas medias máximas de 150 cm que en este caso están por debajo de la altura media obtenida en este estudio en ambos climas (Alejandro de Vega *et al.*, 2022).

La altura media obtenida con Futura 75 es coincidente con la obtenida por el ITACYL (100-250 cm) en sus ensayos en León (José M. Arjona y Nieves Aparicio, 2022), pero también se encuentra lejos de los 2,5 y 3,5m que asegura el banco de semillas Legal Hemp.

El motivo de las alturas obtenidas también podría deberse a que el análisis de los suelos determinó que ambas parcelas tenían un pH próximo a 8, bastante superior al valor óptimo de 6,5 (Duke, 1982).

En la Tabla 28, se pueden observar los resultados de los mismos parámetros que se analizaron a mitad de ciclo.

Tabla 27. Producciones medias por planta cosechadas a ciclo entero, expresadas en gramos.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
Variedad	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Peso medio de los tallos	27,35	25,67	16,10	22,39
Peso medio de planta	43,14	31,89	18,37	25,00
Peso medio de masa vegetal por planta	15,78	6,22	2,27	2,61
Cantidad media de fibra por planta	4,22	4,59	2,82	5,39
Cantidad media de cañamiza por planta	7,27	7,72	4,29	7,63
Porcentaje de fibra en tallo	37%	37%	39%	41%

En la cosecha de ciclo entero las cantidades de fibra y cañamiza han sido mayores en todos los casos. Sin embargo, el peso medio de planta se ha mantenido constante o ha disminuido respecto al ciclo medio aunque las plantas hayan alcanzado alturas muy superiores. Esto se debe a que cuando se cosecharon las plantas ya habían transcurrido varios días desde que finalizaron su ciclo vegetativo y por lo tanto habían perdido gran cantidad de agua y parte de sus hojas ya estaban secas o se habían desprendido de las plantas como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 52 Plantas con los tallos muy secos y sin apenas masa vegetal.

Finalmente, tras el proceso de fermentación y descortización de las plantas, se pudo observar que Uso 31 en León y Futura 75 en León y Asturias, fueron las que más cañamiza produjeron alcanzando valores similares. El hecho de que Uso 31 en Asturias no alcanzase el mismo valor de cañamiza, puede deberse al efecto del clima sobre esta variedad (Sankari y Mela, 1998).

En cuanto a la fibra, Futura 75 sembrada en Pravia proporcionó la mayor cantidad por planta alcanzando los 5,39 g de media. El porcentaje de fibra por tallo se encuentra en todos los casos alrededor del 40% del mismo. El 60% es cañamiza en la que se han incluido también las impurezas. De este modo, los resultados se aproximan mucho a los conseguidos en otros estudios que afirman que la composición del tallo en seco suele ser del 50-55% cañamiza, 30-35% fibra y 10-15% de impurezas (Vallejos et al., 2006) y (Vandepitte *et al.*, 2020). Este resultado también se aproxima a los que proporcionan los bancos de semillas para estas dos variedades y al resultado obtenido por. Esto puede significar que, aunque las plantas no han alcanzado las alturas esperadas, su composición no se ha visto afectada ya que las proporciones de cañamiza y fibra siguen siendo las mismas.

En la Tabla 29 se pueden observar los resultados obtenidos por m² con cada variedad y en cada clima en la cosecha al final del ciclo.

Tabla 28. Producciones por m² obtenidas a mitad de ciclo expresadas en gramos.

Clima	LEÓN		ASTURIAS	
	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Variiedad	USO 31	FUTURA 75	USO 31	FUTURA 75
Peso de tallos por m²	1395	2310	789	851
Peso total por m²	2200	2870	900	950
Peso de masa vegetal por m²	805	560	111	99
Peso de materia seca en tallos por m²	586	1108	348	495
Cantidad de fibra por m²	215	413	138	205
Cantidad de cañamiza por m²	371	695	210	290

En ambos climas, con la variedad Uso 31 se obtuvieron pesos de tallos por m² de casi la mitad que con la variedad Futura 75. Estos resultados de pesos por tallos son proporcionales a la altura media de plantas de cada m². En León el peso de tallos por m² en Futura 75 fue del triple que la misma variedad en Asturias. Este resultado se debe a que las plantas de Pravia se encontraban más secas y con menos masa vegetal que las de León.

Las plantas con producciones medias mayores de fibra y cañamiza fueron las de Futura 75 en Asturias, sin embargo, el m² que más cañamiza y fibra produjo fue el de Futura 75 en León. Este resultado se debe claramente a que el porcentaje de plantas que llegaron a la cosecha fue superior en León.

Con la Futura 75, el peso de la masa vegetal era del 20% del peso total del m² de León mientras que en Asturias era del 10%. Con Uso 31 el porcentaje era del 36% en León y del 12% en Asturias. Como se puede ver los porcentajes fueron menores en ambas variedades en Asturias. Esto puede deberse a la influencia del viento sobre el desprendimiento de masa vegetal.

La mayor cantidad de materia seca en tallos por m² fue en León con la Futura 75 obteniendo 1,1 kg por m². Si calculamos la materia seca de los tallos en una hectárea, obtenemos aproximadamente 11 toneladas, valor que coincide por el obtenido por (M

Meijer et al., 1995). La mayor cantidad de fibra y cañamiza por m², se consiguió con Futura 75 sembrada en León. Estos resultados, muestran que esta variedad en este clima fue la más productiva.

En León se aplicó una cantidad de agua superior a los 700 mm recomendados para este cultivo (Fassio *et al.*, 2013), pero en Asturias tan solo recibió 253,84 mm lo que pudo tener un efecto notable en las variedades ya que el déficit de agua reduce la cantidad de biomasa (Gill *et al.*, 2022). Además, las características del suelo de León eran mejores que las del suelo de Asturias. Este factor juega un papel determinante en el desarrollo del cultivo y afecta de forma directa al porcentaje de materia seca que se obtiene (Campiglia *et al.*, 2017).

5 CONCLUSIONES.

Los estudios realizados durante los años 2021 y 2022 que se llevaron a cabo para este trabajo fin de grado, permiten concluir que el cultivo de cáñamo industrial en Asturias y León tiene un correcto desarrollo.

En el año 2021 se demostró que la densidad de siembra afecta a los rendimientos por planta que se obtienen con la variedad Felina 32. Sin embargo, los rendimientos por m² que se obtienen con diferentes densidades son similares. Esta variedad se ha adaptado bien tanto al clima de León como el de Quintes (Asturias) alcanzando los rendimientos que los bancos de semillas garantizan.

En el año 2022, los ensayos realizados permiten afirmar que la variedad Uso 31 produce rendimientos menores en ambos climas que la variedad Futura 75. Este resultado coincide con las especificaciones de los bancos de semillas y confirma que los rendimientos en fibra y cañamiza de Uso 31 son menores a los generados por Futura 75. Ambas variedades parecen haberse adaptado mejor al clima de León, pero hay que tener en cuenta que en esta localidad se aplicaron varios riegos mientras que en Asturias el cultivo solo recibió precipitación de forma natural.

6 BIBLIOGRAFÍA.

- Acosta, X. (2001) "Agroecología del cáñamo". La fertilidad de la tierra Nº 6 29-32
- AEMET. (2023). Available at: <https://www.aemet.es> (Accessed: March 9, 2023).
- Alejandro de Vega, Víctor Manuel Molano and Ángel Pérez (2022) "El cáñamo y su cultivo en Castilla y León.", *Tierra Agricultura*, 314, pp. 60–67.
- Alonso Esteban, J. I., Sánchez Mata, M. de C. and Isasa, E. T. (2022) "The "Comité Oficial del Cáñamo" and the "Comisión del Cáñamo", Two Agencies Dedicated to the Promotion of Hemp in Spain between 1928 and 1936", *Vegueta*. University of Las Palmas de Gran Canaria, Faculty of Geography and History, 22(2), pp. 535–556. doi:10.51349/veg.2022.2.09.
- Amaducci, S., Zatta, A., Raffanini, M. and Venturi, G. (2008) "Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions", *Plant and Soil*, 313, pp. 227–235. doi:10.1007/s11104-008-9695-0.
- Anuario de agricultura. Estadísticas agrarias. Parte III. Capítulo 7
- Bócsa, I. and M. Karus (1998) *The cultivation of hemp: Botany, varieties, cultivation and harvesting. (translated by Chris Filben) Hemptech, Sebastopol.*
- Callaway, J. C. (2004) *Hempseed as a nutritional resource: An overview, Euphytica*. Kluwer Academic Publishers.
- Campiglia, E., Radicetti, E. and Mancinelli, R. (2017) "Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment", *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 100, pp. 246–254. doi:10.1016/j.indcrop.2017.02.022.
- Cáñamo — Hempcrete (2023). Available at: <https://www.hempcrete.es/canamo> (Accessed: March 6, 2023).
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A. and Elsohly, M. A. (2008) *Photosynthetic response of Cannabis sativa Photosynthetic response of Cannabis sativa L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO 2 conditions, Physiol. Mol. Biol. Plants.*
- Cherney, J. H. and Small, E. (2016) "Industrial hemp in North America: Production, politics and potential", *Agronomy*. MDPI AG, 6(4). doi:10.3390/agronomy6040058.

Clarke, R. C. and Merlin, M. D. (2015) "*Letter to the Editor: Small, Ernest. 2015. Evolution and Classification of Cannabis sativa (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. Botanical Review 81(3): 189-294*", *The Botanical Review*. Springer Science and Business Media LLC, 81(4), pp. 295–305. doi:10.1007/s12229-015-9158-2.

Díaz, J. A. (2003) *Las denominaciones del cáñamo: un problema terminológico y lexicográfico*.

Duke, J. A. (1982a) *Ecosystematic Data on Medicinal Plants. En: Utilization of Medicinal Plants. CK Atal & BM Kapur, eds. United Printing Press, New Delhi. 877 pp.*

Duke, J. A. (1982b) *Ecosystematic Data on Medicinal Plants. En: Utilization of Medicinal Plants. CK Atal & BM Kapur, eds. United Printing Press, New Delhi. 877 pp.*

Farith, O. (2019) *Estudio de pre-factibilidad para la creación de una empresa productora y procesadora de fibra de cáñamo industrial en la provincia de pichincha para la exportación al mercado alemán en el periodo 2019-2029*.

Fassio, A., Rodríguez, marcelo J., Ceretta, S., Estanzuela, L. and agr mSc, I. (2013) *Cáñamo (Cannabis sativa L.)*. Available at: <http://www.inia.org.uy>.

Felina 32 - Hemp It (2023). Available at: <https://www.hemp-it.coop/es/produit/felina-32/> (Accessed: April 18, 2023).

Futura 75 - Hemp It (2023). Available at: <https://www.hemp-it.coop/es/produit/futura-75/> (Accessed: April 18, 2023).

García Sánchez, E. (2011) "La producción frutícola en al-Andalus: un ejemplo de biodiversidad», *Estudios Avanzados*, 16, pp. 51–70.

Garrido, S. (2005) "*Cáñamo gentil. Una indagación sobre los condicionantes del cambio técnico en la agircultura.*"

Gill, A. R., Loveys, B. R., Cowley, J. M., Hall, T., Cavagnaro, T. R. and Burton, R. A. (2022) "*Physiological and morphological responses of industrial hemp (Cannabis sativa L.) to water deficit*", *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 187.

González, F. (1992) "*Vocabulario del cáñamo y sus labores en Cervera del Rio Alhama (La Rioja)*".

Hemp (2023). Available at: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en (Accessed: March 5, 2023).

Inforiego (2023). Available at: <https://www.inforiego.org/opencms/opencms> (Accessed: March 6, 2023).

Jami, T., Karade, S. R. and Singh, L. P. (2019) "A review of the properties of hemp concrete for green building applications", *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.jclepro.2019.117852.

José M. Arjona and Nieves Aparicio (2022) "El cáñamo y su cultivo en Castilla y León ", *Tierra agricultura*, 314, pp. 60–67.

M Meijer, W. J., G van der Werf, H. M. and J M Mathijssen J and P W M van den Brink, E. W. (1995) *Constraints to dry matter production in fibre hemp (Cannabis sativa L.)*, *Eur. J. Agron.*

Merfield, C.N. (1999) "Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. Un reporte para el Curso de Liderazgo Rural de Kellogg de 1999."

Millán, J. (2015) "Estudio introductorio: La estructura social y la economía del cáñamo, ante el apogeo del capitalismo del siglo XX.", *Publicacions Universitat d'Alacant*, pp. 11–58.

Molina, M. M. (2008) "El cannabis en la historia: pasado y presente".

Mora, E. and Mena, L. (2021) "Cáñamo en la industria textil Hemp in the textile industry", *Revista Biorrefinería*, 4, p. 2021.

Muriel-Páez, M. and Pullas, M. (2023) "El cáñamo, una fibra textil sostenible", *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), pp. 12155–12182. doi:10.37811/cl_rcm.v6i6.4246.

Ranalli, P. and Venturi, G. (2004) "Hemp as a raw material for industrial applications", *Euphytica*. Kluwer Academic Publishers, 140, pp. 1–6.

Robinson, B. B. and Wright, A. H. (1941) "Hemp - its production and use as a fiber crop.", *Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry, Division of Cotton and Other Crops and Diseases*, 9 pp., pp. 9–9.

Rowan Robinson (1996) *The Great Book of Hemp: The Complete Guide to the Environmental, Commercial, and Medicinal Uses of the World's Most Extraordinary Plant*. Edited by Inner Traditions and Bear & Co.

Sankari, H. S. and Mela, T. J. N. (1998) *Plant Development and Stem Yield of Non-domestic Fibre Hemp (Cannabis sativa L.) Cultivars in Long-day Growth Conditions in Finland*, *J. Agronomy & Crop Science*.

Schäfer, T. and 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. doi:10.1016/j.indcrop.2005.04.003.

Schultes, R. and Hofmann, A. (1980) *The botany and chemistry of hallucinogens*. 2nd ed. Springfield.: Charles C. Thomas.

Sede Electrónica del Catastro - Inicio (2023). Available at: <http://www.sedecatastro.gob.es/> (Accessed: March 6, 2023).

Small, E. (2015) "Evolution and classification of *Cannabis sativa* (Marijuana, Hemp) in relation to Human Utilization. 81: 189-294.", *The Botanical Review*, 81, pp. 189–294.

Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Ventura, G. and Cromack, H. T. H. (2000) *Agronomy of fiber hemp (Cannabis sativa L.) in Europe* .

Vallejos, M. Evangelina., Vilaseca Morera, Fabiola., Méndez González, J. Alberto. and Universitat de Girona. Departament d'Enginyeria Química, A. i T. A. (2006) *Aprovechamiento integral del cannabis sativa como material de refuerzo/carga del polipropileno*. Universitat de Girona.

Vandepitte, K., Vasile, S., Vermeire, S., Vanderhoeven, M., Van der Borght, W., Latré, J., De Raeve, A. and Troch, V. (2020) "Hemp (*Cannabis sativa* L.) for high-value textile applications: The effective long fiber yield and quality of different hemp varieties, processed using industrial flax equipment", *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 158. doi:10.1016/j.indcrop.2020.112969.

Van der Werf, H. M. G. (1994) *Fiber hemp in France*. Hemp Today. 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, .

Van der Werf, H. M. G. and 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., Mathijssen, E. W. J. M. and Haverkort, A. J. (1999) *Crop physiology of Cannabis sativa L.: a simulation study of potential yield of hemp in northwest Europe*. New York.

Yazici, L. (2023) "Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.)", *Journal of King Saud University - Science*. Elsevier B.V., 35(1). doi:10.1016/j.jksus.2022.102419.