



**ESTUDIO DE
APLICACIÓN
DE FIBRAS
EXTRAÍDAS
DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS
EN TEPES
PARA
CULTIVOS**

CARLA GONZÁLEZ CASTAÑO
JUNIO DE 2020



Estudio de aplicación de fibras extraídas de residuos agrícolas en tepes para cultivos

Trabajo Final de Grado en ingeniería de Tecnología y Diseño Textil

CARLA GONZÁLEZ CASTAÑO

Director/a:

Mònica Ardanuy Raso

Departament de Ciència i Enginyeria de Materials (CEM)

Secció Àmbit Enginyeria Tèxtil (SAET)

27 de Junio de 2020

*“POBRES EN RECURSOS,
RICOS EN BASURA”*

Fundación COTEC, 2017

Tabla de contenidos

TABLA DE CONTENIDOS	5
AGRADECIMIENTOS	8
RESUM (CAT)	9
RESUMEN (ESP)	10
ABSTRACT (ENG)	11
GRAPHICAL ABSTRACT	11
DECLARACIÓN DE HONOR	13
LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	14
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3. PLANIFICACIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL TRABAJO	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
2. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES	17
2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS NATURALES.....	17
2.2. LA PLANTACIÓN DE MAÍZ	20
2.2.1. <i>Origen del recurso utilizado</i>	20
2.3. TELAS NO TEJIDAS EN JARDINERÍA.....	21
2.3.1. <i>Tepes para cultivos</i>	24
2.3.2. <i>Alternativas al Césped: Plantas Sedum que se pueden utilizar en formato tepe</i>	27
2.3.2.1. <i>Especificaciones requeridas en un tepe de cultivo</i>	28
2.4. COMPOSICIÓN DE LOS TEPES DE FIBRAS NATURALES EXISTENTES EN EL MERCADO.....	28
3. EXPERIMENTAL	30
3.1. MATERIALES	30
3.2. REACTIVOS.....	30
3.3. EQUIPOS	31
4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	33
4.1. PLANTA DE MAÍZ.....	33
4.1.1 <i>Recolección de la planta del maíz</i>	33
4.1.2 <i>Estudio de la composición de la planta del maíz</i>	34
4.2 LAS FIBRAS DE LA PLANTA DE MAÍZ	34
4.2.1 <i>Obtención de las fibras</i>	34

4.2.2 Caracterización de las fibras.....	37
4.3 PREPARACIÓN DE LAS TELAS NO TEJIDAS	39
4.3.1. Preparación de la napa	39
4.3.2 Punzonado de la napa	40
4.3.3 Caracterización de las telas no tejidas	40
4.4. PRUEBAS DE VIVERO.....	44
4.4.1. Protocolo ensayo de comportamiento de los tepes en cultivos en vivero.	44
Datos generales del ensayo.....	44
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
5.1. COMPOSICIÓN DE LA PLANTA DEL MAÍZ.....	51
5.1.1 Panocha	51
5.1.2. Fruto.....	52
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FIBRAS	53
5.2.1. Longitud de las fibras.....	53
5.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS NO TEJIDOS.....	55
5.3.1 Propiedades mecánicas Tepes CH	55
5.3.2. Propiedades físicas Tepes CH	57
5.4. PRUEBAS DE LOS TEPES EN VIVERO	58
5.4.1. Controles diarios	58
5.4.1.1. Condiciones meteorológicas durante el ensayo	58
5.4.1.2. Condiciones de riego de los tepes.....	58
5.4.2. Controles semanales	58
5.4.2.1. Observación visual: Hiervas adventicias, resistencia y arraigado de los tepes.	58
5.4.2.2. Control de tasa de cobertura de la planta vivaz en el tepe.....	60
6. ANÁLISIS I VALORACIÓN DE LAS IMPLICACIONES ECONÓMICAS	65
6.1. PRESUPUESTO	65
7. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LAS IMPLICACIONES AMBIENTALES	67
7.1. DIMENSIÓN AMBIENTAL.	67
7.2. DIMENSIÓN SOCIAL.	69
7.3. DIMENSIÓN ECONÓMICA.....	69
7.3.1. Economía lineal.....	70
7.3.2. Productos biodegradables	70
7.4. EVALUACIÓN GLOBAL Y PROPUESTAS.....	71
8.CONCLUSIONES Y POSIBILIDAD DE APLICACIÓN PRÁCTICA	73
9. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO FUTURO PROPUESTO	75
9.1. PROPUESTA DEL TRABAJO FUTURO: CONTINUACIÓN DEL TRABAJO ACTUAL	75

9.2. PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA.....	75
10. BIBLIOGRAFÍA.....	77
ÍNDICE DE FIGURA.....	79
ÍNDICE DE TABLAS.....	80

Agradecimientos

Este estudio ha sido realizado en el marco del proyecto “INNOVACIONS SOSTENIBLES PEL DESENVOLUPAMENT DE SACS TÈXTILS PER A APLICACIONS EN HORTICULTURA ORNAMENTAL I JARDINERIA. SELECCIÓ DE SUBSTRATS I ESPÈCIES.”¹ (Operación 16.010 del Programa de Desarrollo Rural de Cataluña 2014-2020 financiado por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, ref. BDNS 357671) en el que participan CORMA (Cooperativa de plantas ornamentales del Maresme), UPC y FCAC (Federació de cooperatives agràries de Catalunya).

Un cordial agradecimiento a la Cooperativa Agrària de Miralcamp, a la empresa ITRAM 2000 SL y al Sr. Isidre Martí por su desinteresada colaboración y su implicación en el proyecto.

Agradecer al equipo del *Taller de Tissatge* por la ayuda incansable y el soporte constante durante las horas invertidas. Muy especialmente a mi tutora Mònica Ardanuy y co-tutora Laura González por el soporte y orientación a lo largo de la ejecución de este proyecto y todo lo relacionado al mismo.

Finalmente agradecer a los compañeros, amigos y familia que me han ayudado y motivado a lo largo de este proceso.

¹ Projecte finançat a través de l'operació 16.010 (cooperació per a la innovació) del PDR de Catalunya 2014-2020

Resum (CAT)

La pellofa de blat de moro o *Corn Husk* (CH) és un subproducte derivat del cultiu de blat de moro per a ús alimentari. A Catalunya es destina el 34,5% del terreny cultivable a aquesta plantació sobre el total dels cultius de cereals de la zona.

Actualment, el CH es destina a aliment per al bestiar i les restes es deixen al camp, per generar novament compost. Part d'aquestes restes agrícoles són susceptibles de convertir-se novament en producte de valor afegit per a jardineria.

En aquest estudi es planteja la fabricació d'una tela no teixida 100% CH destinada a productes de jardineria, concretament tepes per cultius. Els tepes de CH es caracteritzen per tenir adequades propietats mecàniques i d'arrelament que garanteixen la durabilitat dels cultius. A més, són biodegradables i no afecten l'elasticitat del conjunt. Aquest procés suposa la revalorització d'un subproducte agrícola sense valor de mercat en l'actualitat. Per tant, la transformació d'una matèria inert en matèria primera contribueix a l'economia circular alhora que impulsa l'economia del sector agrícola.

Paraules clau: Pellofa blat de moro, subproducte, tepes, teles no teixides, biodegradabilitat, economia circular.

Resumen (ESP)

La cáscara de maíz o *Corn Husk* (CH) es un subproducto derivado del cultivo del maíz para uso alimentario. En Cataluña se destina el 34,5% del terreno cultivable a esta plantación sobre el total de los cultivos de cereales de la zona.

Actualmente, el CH se destina a alimento para el ganado y los restos se dejan en el campo, para generar nuevamente compost. Parte de estos restos agrícolas son susceptibles de convertirse nuevamente en producto de valor añadido para jardinería.

En este estudio se plantea la fabricación de una tela no tejida 100% CH destinado a productos de jardinería, concretamente tepes para cultivos. Los tepes de CH se caracterizan por tener adecuadas propiedades mecánicas y de enraizamiento que garantizan la durabilidad de los cultivos. Además, son biodegradables y no afectan la elasticidad del conjunto. Este proceso supone la revalorización de un subproducto agrícola sin valor de mercado en la actualidad. Por ende, la transformación de una materia inerte en materia prima contribuye a la economía circular a la vez que impulsa la economía del sector agrícola.

Palabras clave: Cáscara de maíz, subproducto, tepes, telas no tejidas, biodegradabilidad, economía circular

Abstract (ENG)

Corn is the second largest crop after sugarcane in the world. Corn Husk (CH) is currently a solid organic waste generated of the cultivation of corn for the food industry, obtained on a large scale in Catalonia. It represents the 34,5% of the total cereal crops. Its valorization could provide a great opportunity to manufacture environmentally friendly materials and increase the profit of Corn cobs processors.

The aim of this study was to fabricate a nonwoven fabric using corn byproducts and to manufacture 100% CH nonwoven. The study showed that is possible to fabricate CH nonwoven fabric for using it as a crop material: *Tepes*. CH *tepes* must be a substitute product to other *tepes* made with other materials, providing same mechanical and rooting properties guaranteeing the durability of the crops, without affecting the biodegradability and the elasticity of the product.

This product would be valuable because the material that compose the product is made with by using byproducts of the food industry. Apart from contributing towards the circular economy, the process also minimizes the environmental impact made by the exports of natural resources that currently experience around the world.

Keywords: Corn Husk, waste product, *tepes*, nonwoven fabric, biodegradability, circular economy.

Graphical abstract



Declaración de honor

I declare that,

the work in this Degree Thesis is completely my own work,

no part of this Degree Thesis is taken from other people's work without giving them credit,

all references have been clearly cited,

I'm authorised to make use of research group related information I'm providing in this document

I understand that an infringement of this declaration leaves me subject to the foreseen disciplinary actions by the *Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTECH*.

Carla González Castaño



27 de Junio de 2020

Student Name

Signature

Date

Title of the Thesis: **Estudio de aplicación de fibras extraídas de residuos agrícolas en tepes para cultivos**

Listado de abreviaturas y símbolos

CH	<i>Corn Husk</i>
PS	Punzonado simple
PD	Punzonado doble
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
ha	Hectáreas
T	Toneladas
DT	Dirección transversal
DM	Dirección máquina
CH-PD	<i>Corn Husk</i> – Punzonado doble
WRV	<i>Water Retention Value</i> – Valor de retención de agua
TB_G	Tepe CH cultivada con sustrato “Green”
TB_R	Tepe CH cultivada con sustrato “Red”
TC_G	Tepe coco cultivada con sustrato “Green”
TC_R	Tepe coco cultivada con sustrato “Red”

1. Introducción

1.1. Objetivo y alcance del trabajo

El objetivo principal que se plantea en este estudio es la creación de un producto de valor añadido para su uso en jardinería. Concretamente tepes para cultivos de planta tipo sedum o planta vivaz.

Los objetivos específicos son la recolección de la materia, la extracción y caracterización de fibras y por último la elaboración y caracterización de las telas no tejidas 100% biodegradables que devengan adecuadas para aplicaciones de jardinería.

Queda fuera del alcance del proyecto el estudio de la tasa de enraizamiento, la viabilidad económica del producto y el LCA.

1.2. Objetivos específicos

Objetivos por alcanzar en este proyecto.

- Objetivo 1. Creación de tepes para cultivos
 - Objetivo 1.1. Recolección de la materia
 - Objetivo 1.2. Extracción y caracterización de fibras
 - Objetivo 1.3. Elaboración y caracterización de las telas no tejidas 100% biodegradables
- Objetivo 2. Evaluar la aplicación del producto obtenido para el reemplazo de los productos existentes actualmente
 - Objetivo 2.1. Evaluar la tasa de cobertura del cultivo y la tasa de enraizamiento según el material del tepe
 - Objetivo 2.2. Evaluar la tasa de degradación del tepe.

1.3. Planificación y requerimientos del trabajo

La elaboración de este proyecto ha estado dividida en tres fases:

Fase 1. Extracción de la fibra

Fase 2. Preparación de las telas no tejidas.

Fase 3. Pruebas en vivero.

1.4. Justificación del trabajo

En jardinería, uno de los principales materiales utilizados son las telas no tejidas. Actualmente están siendo utilizadas para la sustentación de suelos, como manta antihierba o en sacos/contenedores para sustratos. Estas telas no tejidas, están elaboradas a partir de productos textiles derivados de polímero sintético y estos pueden tener un impacto negativo en la salud y el entorno.

En la medida de lo posible, la industria, y especialmente la industria del textil, se debe enfocar en la utilización de materias naturales como fuente de obtención de fibras con características textiles, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

Otro aspecto que valorar es el material que actualmente compone las telas no tejidas a la hora de realizar los tepes de cultivo. Los tepes existentes en el mercado están elaborados a partir de la fibra de coco. Si bien el proceso de extracción de la fibra de coco es simple, los cultivos se dan fuera de Europa, principalmente en América Latina, lo que supone un gran impacto medioambiental. En cambio, la planta de maíz se cultiva en varias zonas del continente europeo por lo que se considera producto local, especialmente en Cataluña, donde es producto Km0².

² Se conocen como productos Km 0 o productos de proximidad, los productos o materias primas que tienen en cuenta la distancia entre el punto de recolección y el lugar de consumo final.

2. Estado del arte y antecedentes

Desde siempre, las fibras naturales han sido usadas por los seres humanos para la elaboración de prendas de vestir, accesorios o instrumentos. Estas fibras también han sido utilizadas por los animales, por ejemplo, para la sustentación de sus nidos. La fibra natural más antigua que se conoce es la fibra de lino silvestre.

Las fibras naturales aún son utilizadas por la industria textil ya que, aparte de ser obtenidas a través de la naturaleza, estas nos ofrecen un aporte extra de bienestar a través de su confortabilidad.

2.1. Clasificación de las fibras naturales.

Existen diferentes tipos de fibras de origen natural, clasificadas según su procedencia (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las fibras naturales según procedencia

FIBRAS NATURALES	ANIMALES	Procedente de glándulas sedosas	Seda, seda salvaje
		Procedente de folículos pilosos	Pelo de alpaca, de angora, de conejo, de camello, de cachemira, de llama, vicuña, yak
	VEGETALES	Procedente de semilla	Algodón
		Procedente de tallo	Lino, cáñamo, yute, ramio
		Procedente de hoja	Esparto, sisal, ortiga, banano maíz (Corn Husk)
		Procedente de fruto	Coco
	MINERALES	Asbestos, Fibra de vidrio, Fibra de carbono	

Algunas de estas fibras prácticamente no se usan para aplicaciones textiles, aunque cada vez más se está optando por la integración de subproductos a la industria textil por tal de ofrecer al usuario la experiencia de darle una segunda vida a una materia que se podría considerar obsoleta. A su vez, estas materias ofrecen posibilidades ecológicas y biodegradables.

A mediados del siglo XX aparecieron las fibras químicas de origen sintético generadas a través de derivados del petróleo. Estas fibras son muy regulares y permiten al usuario caracterizarlas con las propiedades que él desee, aparte de ser producidas automáticamente y sin apenas desperdicio: hecho que ha desencadenado la disminución del uso de fibras de origen vegetal.

Hay que tener en cuenta que para la obtención de las fibras de origen sintético se necesita en primer lugar sintetizar el polímero y después procesarlas, necesitándose en algunos casos el doble de energía para producirlas si se comparan con las fibras naturales.

Este estudio se establece que la materia prima utilizada será una fibra natural vegetal procedente de hoja y de fruto: Estas fibras provienen de plantas que generan fruto y que mayoritariamente su producción está destinada para el uso alimentario, como, por ejemplo: la banana, el coco y el maíz [1]. Estas plantaciones apenas necesitan agua para su crecimiento y actualmente estas materias únicamente están siendo subproductos de la industria alimentaria.

La problemática actual es el abuso de materias primas procedente de recursos limitados y contaminantes como el petróleo, para la elaboración de productos de un solo uso: Como por ejemplo los destinados a la agricultura. Los cuales, después de la finalización de su vida útil no son correctamente gestionados y resultan en un producto contaminante y en un estorbo paisajístico. Tanto es así que la corriente actual está basada en tomar consciencia de que los recursos que disponemos son limitados y que, en cada estadio de este modelo, generamos gases nocivos para nuestra salud y el planeta. De esta manera conocer que la utilización de subproductos como materia primera de otros procesos nos puede beneficiar enormemente a construir poco a poco una sociedad basada en los principios pertenecientes a la economía circular.

Utilizando tecnologías basadas en la reutilización, y productos biodegradables obtendremos un beneficio ecológico ya que se gestionarán estos “residuos” de manera más eficiente que la utilizada hasta ahora, ya que obtendremos materias de gran valor añadido.

Se está tendiendo a valorar más los productos con base más orgánica y biodegradable para diferentes aplicaciones, por las siguientes razones:

1. Cuando su vida útil se acaba, estos no suponen un residuo como tal, sino que acaban siendo subproducto para otro menester. Como, por ejemplo: Abono para los campos de conreo.
2. Estos no implican un gran impacto hacia el medioambiente ya que al biodegradarse no son un estorbo paisajístico.

Por esta razón, es altamente recomendable utilizar productos que sean biodegradables ya que brindan seguridad y bienestar a nuestro planeta al no producir residuos tóxicos o químicos cuando se descomponen lo que ayuda a no contribuir al efecto invernadero.

Los materiales o productos biodegradables provocan un menor impacto en los ecosistemas ya que su proceso de descomposición es mucho más rápido o los materiales pueden ser reciclados.

Pese a sus grandes consumos de agua, optar utilizar productos de origen natural, productos que no han estado elaborados a partir de materiales químicos de difícil asimilación por el medio ambiente es beneficioso para nuestro ecosistema.

Este estudio se centrará en el uso de materias de origen natural cuya vida útil esté finalizada, por tal de brindarles una segunda vida a esta fuente de recursos, considerados subproductos.

El estudio se basará en el estudio y análisis del subproducto de la cosecha del maíz y las fibras que se pueden extraer de la cáscara del maíz: El subproducto utilizado tendrá la cualidad de proporcionar fibras de características textiles por tal de poder emplearlas en un procesamiento de estas para la elaboración de un producto agrotéxtil.

2.2. La plantación de maíz

2.2.1. Origen del recurso utilizado

La planta de maíz (Figura 1) es una planta originaria de Centroamérica y su cultivo data del año 2500 a.C. Representa el segundo cultivo más grande después de la caña de azúcar. En Cataluña se cultivan 37.462 hectáreas (ha) de maíz. De este cultivo se obtienen 366.246 toneladas (T) de grano, destinado a uso alimenticio, y 177.218 T de paja, considerada subproducto del proceso. Se realizan dos cosechas al año, unas hacen el ciclo largo (se plantan en marzo y se recogen en junio) y otras un ciclo corto (se plantan en junio y se recogen entre noviembre y diciembre).



Figura 1. Planta del maíz

La paja se emplea para la alimentación del ganado o bien se mezcla nuevamente con la tierra para convertirse posteriormente en compost (Figura 2). Aunque el proceso de compostaje en el sector agrícola es sencillo, es un proceso poco controlado dónde los parámetros no están definidos, por lo que ciertamente no se garantiza que se incrementen los beneficios en el rendimiento del cultivo [2].

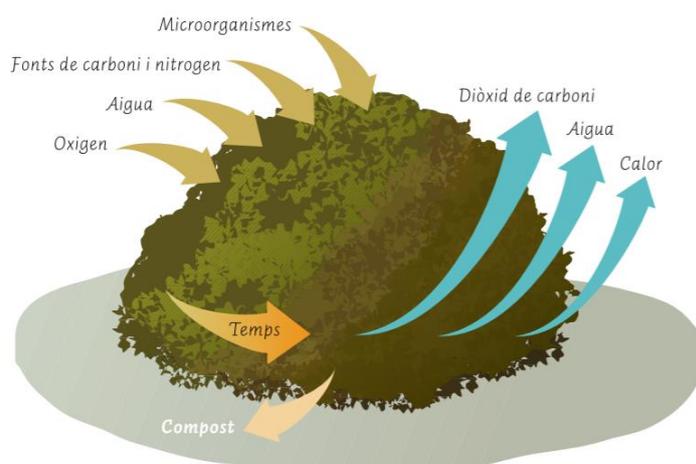


Figura 2. Esquema del proceso de compostaje [2]

En este estudio se ha analizado todo el conjunto de subproducto de la planta del maíz y se concluye que la cáscara de la mazorca (*Corn Husk*), es la única parte de la planta que permite obtener fibras textiles. Es importante, conocer la morfología de las hojas de la planta del maíz, para realizar una correcta extracción de fibras. [3] La composición morfológica del CH se presenta a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición morfológica del CH

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje [%]</i>
<i>Hemicelulosa</i>	34-41
<i>Celulosa</i>	31-39
<i>Lignina</i>	2-14
<i>Cenizas</i>	3-7
<i>Extractos y componentes solubles al agua</i>	10-18

Se estima que se podrían conseguir 1,3 toneladas/ha de cáscara de mazorca, por lo tanto 528 Kg de fibra (CH) por hectárea de maíz cultivada [4]. Así, obtener productos de valor añadido provenientes del cultivo del maíz se convierte en una posibilidad no explorada previamente, gracias a la extracción de la fibra y la posterior elaboración de telas no tejidas para su aplicación en productos de jardinería.

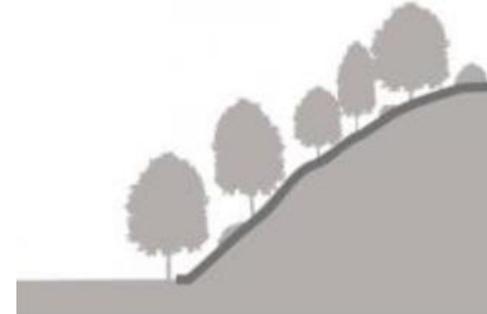
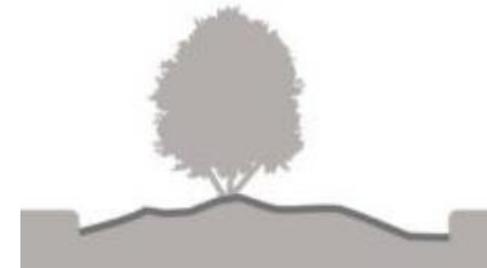
En jardinería, uno de los principales productos que se comercializan empleando una tela no tejida son los tepes de cultivo. Los tepes existentes en el mercado están elaborados a partir de la fibra de coco. El proceso de extracción de la fibra de coco es simple, ya que la fibra se encuentra en la parte externa del fruto del coco y de puede extraer dicha fibra de forma sencilla. Sin embargo, los cultivos de este fruto se dan fuera de Europa, principalmente en América Latina, lo que supone un gran impacto medioambiental para los principales usuarios de dicha materia. En cambio, la planta de maíz se cultiva en varias zonas del continente europeo donde es considerada un producto local, especialmente en Cataluña.

2.3. Telas no tejidas en jardinería

Los agrotexiles son tejidos técnicos para agricultura, horticultura, jardinería y construcción. Estos ofrecen una protección óptima contra la radiación solar durante las horas de fuerte exposición. Además, impiden el desarrollo de malas hierbas a nivel rastroero debido a su capacidad para limitar el paso de luz solar sobre la superficie terrestre, disminuyendo el uso de fertilizantes, productos fitosanitarios y de agua [5].

También, frena el efecto de evapo-transpiración provocado por el viento, lo que evita la desecación, a la vez que impide las acumulaciones de agua a la superficie terrestre, absorbiendo el exceso de agua cuando queda estancada. Los cometidos más comunes a los que son destinados los agrotexiles en jardinería pueden verse resumidos en la tabla resumen 3

Tabla 3. Funciones que ofrecen los agrotexiles en jardinería

Función	Imagen ilustrativa
<p>Estabilización de taludes. El agrotextil se convierte en indispensable cuando el terreno ha perdido su equilibrio para evitar su degradación. Permite una fácil plantación realizada por hidrosiembra.</p>	 <p data-bbox="863 701 1318 730">Figura 3. Agrotextil estabilizando un talud.</p>
<p>Control de la erosión. Protege frente de la erosión medioambiental, la irradiación solar y previene contra heladas.</p>	 <p data-bbox="863 1238 1318 1305">Figura 4. Agrotextil controlando la erosión medioambiental</p>
<p>Función antihierba y antiraíces. Limitando la penetración de la luz solar se evita que crezcan plantas y arbustos indeseados.</p>	 <p data-bbox="863 1814 1318 1881">Figura 5. Agrotextil actuando como anti-hierba.</p>

Lonas de compostaje. Mantiene unas óptimas condiciones de humedad propias del compost y evita la filtración del agua de la lluvia al interior de la masa, lo que otorga una protección contra la desecación provocada por el sol y el viento.



Figura 6. Agrotexil actuando como lona de compostaje.

Manta de riego, mantas orgánicas. Mantiene la humedad en la base de las macetas. Gracias a su poder de absorción y de difusión de agua, se adapta a todos los sistemas de irrigación. Se coloca fácilmente.

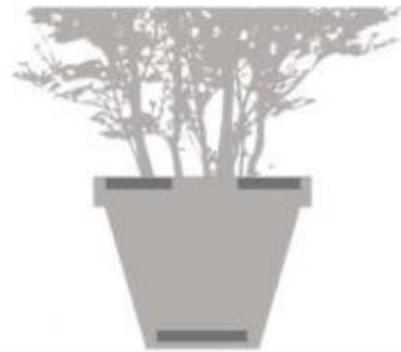


Figura 7. Agrotexil empleado como manta de riego orgánica.

Jardines verticales y cubiertas ajardinadas. Las plantas se enraizan en el agrotexil, que funciona como sustrato, para lograr los máximos beneficios ambientales con el mínimo consumo de agua y energía.

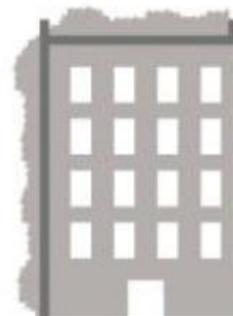


Figura 8. Agrotexil en cubiertas ajardinadas o jardines verticales.

Estas aplicaciones tienen en común algunas características del agrotextil:

1. Su gran poder de absorción de humedad
2. Su afinidad por las plantas.
3. Su gran poder de enraizamiento
4. Su bajo impacto ambiental
5. Evita la desecación del cultivo

Se conocen otras fibras que ya son utilizadas con este cometido, aunque actualmente se conocen pocas aplicaciones referentes a los tepes de cultivos (Figura 9): Siendo esta, una variante de la implementación de agrotexiles de fibras naturales, y unificando las aplicaciones anteriormente nombradas.



Figura 9. Esquema de un tepe de cultivo

2.3.1. Tepes para cultivos

El tepe, pan o palmeta de pasto³, es un tapiz precultivado y extraído en placa con 12 meses de maduración [6]. Los tepes para cultivos se utilizan principalmente en la implantación de césped natural en jardines (Figura 10). Es un recurso novedoso para mantener un césped permanente en condiciones adecuadas. A parte de césped, también existen variedades con plantas tipo Sedum⁴.



Figura 10. Tepes de césped natural de la empresa Zulueta

³ Nombre del producto comúnmente utilizado en América del Sur

⁴ Género de planta suculenta caracterizada por almacenar el agua en una parte de la propia planta. Sus raíces superficiales son un requisito clave para que el sedum sea considerado una variedad muy resistente y con muy poco mantenimiento.

La compra de tepes facilita el proceso de sembrado del césped ya que el usuario no tiene que esperar 12 meses de crianza de césped, con la irregularidad y los cuidados permanentes en los meses de agarre del cultivo. Además, mantener la homogeneidad y la densidad de estos cultivos es dificultoso debido a ataques de hongos e insectos, la proliferación de malas hierbas y las inclemencias del tiempo interfieren en la buena proliferación del tapiz (Figura 11).



Figura 11. Ejemplo de crecimiento irregular del césped y de la habitual aparición de calvas

El Tepe es un producto perecedero, por lo que su transporte y manipulación es crítico y debe hacerse en las condiciones adecuadas y en diferentes fases [7]:

1. La extracción del Tepe. En verano, el tepe se extrae durante la noche ya que el descenso de temperatura permite que el producto esté en óptimo frescor. Será transportado en camiones frigoríficos por tal de mantener la temperatura y la humedad específicas. (Figura 12)
2. El transporte del Tepe. Es importante evitar que se rompa la cadena de frío durante el transporte, por tal de evitar la fermentación.



Figura 12. Extracción y almacenamiento de los tepes

3. Recepción de la mercancía. Se divide en: Inspección, descarga y acopio. Se controla que el frescor y la temperatura del tepe no ha sido interrumpido en ningún momento y que no presente síntomas de calentamiento o fermentación pudiendo ocasionar putrefacción del cultivo.

4. Descarga y acopio. En el lugar de cultivo, el tepe no se puede almacenar ni mantener enrollado hasta el día anterior a su envío. Los palés deben ser acopiados a la sombra antes de proceder a su desenrollado y colocación de inmediato.
5. La colocación. (Figura 13) El terreno debe estar preparado y acondicionado antes de la llegada de los tepes:
 - Sistema de riego instalado, terminado y verificado.
 - Terreno perfectamente perfilado sin hoyos ni concavidades.
 - Terreno bien asentado, el grado de compactación debe ser tal que se pueda andar por el terreno sin dejar huella en el mismo. La capa más superficial del suelo no puede estar compactada, por tal de poder crear una buena unión entre el tepe y el suelo.
 - El terreno debe estar limpio de piedras y todo tipo de materiales extraños.
6. La plantación. Las placas deben colocarse juntas y deben estar alineadas. Las juntas deben estar bien presionadas las unas con las otras, evitando la separación entre ellas. En el caso que se encuentre dicha separación, añadir arena y turba⁵ en porcentaje 50-50.



Figura 13. Alineación de los tepes a la hora de su instalación

7. Después de la colocación. Pasar un rulo jardinero, favoreciendo el contacto íntimo entre el tepe y el terreno, evitando las bolsas de aire que ocasionan la muerte del césped en pocas horas. Los dos primeros riegos, deben ser con abundante agua y con manguera para poder mimetizar ambos substratos, fomentando el enraizamiento. Posteriormente regar por aspersión.

⁵ La turba es un material usado principalmente en jardinería formando parte del sustrato, caracterizado por su porosidad y retención de agua. Mejora los suelos, favoreciendo el desarrollo de las raíces.

El mantenimiento en época primavera-verano consiste en hacer una aportación de 25 gr/m² de fertilizante para césped y repetir la operación a los 20 días. En verano o épocas de mayor calor, es recomendable hacer un tratamiento fungicida cada 20 días. El mantenimiento de los jardines ya contruidos utilizando tepes. En el caso que tengamos un césped pobre en algunas zonas, la práctica habitual que se viene ejercitando es la resiembra de las zonas deprimidas. La resiembra es una actividad poco agradecida, por lo que la resiembra en zonas donde el propio césped establecido ejerce presión sobre el que se desea implantar cobra una mayor complejidad. El tepe facilita esta labor tan pesada.

2.3.2. Alternativas al Césped: Plantas Sedum que se pueden utilizar en formato tepe

El Sedum es un género de plantas suculentas de la familia Crassulaceae (Figura 14). Esta familia se compone de muchas especies y miles de variedades diferentes. Las suculentas son plantas que almacenan el agua en una parte de la propia planta. El Sedum almacena esta agua en las hojas y es el motivo por el cual, a menudo, hablamos de hojas suculentas.



Figura 14. Ejemplo de diferentes plantas tipo sedum. Variedad Stonecrop.

El metabolismo del sedum difiere de otras plantas, fomentando la mínima pérdida de humedad. Muchas especies de sedum se originan en el hemisferio norte y particularmente alrededor del Mediterráneo. Sin embargo, se puede encontrar sedum de forma natural en el norte de África y en zonas secas o frías de América del Sur, donde el agua suele ser escasa.

Las características más relevantes para esta aplicación de esta variedad son:

1. Poseen un sistema de raíces radicular. El sedum tiene raíces muy superficiales, un requisito clave para un tapiz vegetal extensivo, considerando la poca profundidad de la capa de sustrato.
2. Alta resistencia a la sequía y a los cambios. Debido a su capacidad de variar su sistema metabólico durante los períodos de sequía, el sedum es capaz de sobrevivir en condiciones extremadamente secas donde otras plantas morirían. Y, además, el sedum se recupera rápidamente en cuanto vuelve a tener agua disponible.
3. Resistencia alta a enfermedades y al ataque de insectos.

2.3.2.1. Especificaciones requeridas en un tepe de cultivo

Un tepe de cultivo debe poderse sustentar gracias al tejido base que lo compone. Dicho tejido, a su vez debe ser elaborado con materiales biodegradables y aptos para el uso agrícola.

La biodegradabilidad del tepe de cultivo debe ser superior a 6 meses, garantizando un correcto desarrollo del cultivo y un correcto enraizado previo antes de ser colocado en el lugar definitivo.

2.4. Composición de los tepes de fibras naturales existentes en el mercado.

Los productos que están actualmente en el mercado están hechos, principalmente, a partir de la fibra de coco. Fibra que se obtiene a partir del residuo del fruto del cocotero. Las ventajas que nos ofrece esta fibra son las siguientes:

- Este producto tiene gran **capacidad de retención de agua**, sus fibras se comportan como esponjas, por lo que las plantas pueden aguantar más tiempo sin regarse.
- Buen equilibrio entre retención de agua y **capacidad de aireación**, de esta forma evitamos enfermedades de origen fúngico (hongos) en las raíces por exceso de humedad.
- El pH de este producto oscila entre 5,5 y 6,5, rango que resulta apropiado para la mayoría de las plantas.
- El sustrato de coco absorbe muy rápidamente el agua cuando está seco.
- Capacidad de intercambio catiónico. Tiene **capacidad de retener y liberar nutrientes**, permitiendo un crecimiento más vigoroso de las plantas y raíces. Además, evita pérdidas por lixiviación y ejerce un efecto amortiguador si hay errores de abonado.
- Se trata de un **producto ecológico y sostenible**. Su extracción y posterior eliminación no conlleva impacto medioambiental.

Pese a ser un producto que también se considera subproducto del proceso de obtención del fruto, el cocotero únicamente crece en zonas que poseen un clima subtropical. En España únicamente se poseen plantaciones en las islas Canarias.

Las grandes plantaciones de coco están ubicadas en Indonesia, Filipinas, India y Brasil [9]. Por lo que es un producto que en todo su transporte y utilización en los países europeos tiene otros problemas derivados como, por ejemplo, la contaminación derivada de su exportación.

La sustitución de los productos que actualmente están elaborados a partir de fibra de coco por otras fibras autóctonas de la zona, como la fibra de CH, hace que la huella que el producto deja en el planeta sea mucho menor.

3. Experimental

3.1. Materiales

- Planta de maíz recogida en su totalidad en la cooperativa agraria de MIRALCAMP, Lleida.
- Cáscara de maíz (Corn Husk) recogida en la cooperativa agraria de MIRALCAMP, Lleida. El *Corn Husk (CH)* es recogido como subproducto que queda en el suelo después de la recogida de los granos de maíz.

3.2. Reactivos

- Hidróxido sódico (NaOH) en forma de lentejas, pureza 98%, PanReac AppliChem. Producto utilizado para la extracción de la fibra: Se utiliza para desintegrar y disolver los componentes de la fibra que no sean hemicelulosas y celulosas para disolverlo en el baño. A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire (higroscópico). El hidróxido de sodio es muy corrosivo.
- Peróxido de hidrógeno o agua oxigenada al 30% (H₂O₂), Scharlau. En formato líquido, ligeramente viscoso. Producto utilizado gracias a su gran poder oxidante como agente blanqueante. El peróxido de hidrógeno es muy inestable y se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de gran cantidad de calor. Su velocidad de descomposición puede aumentar mucho en presencia de catalizadores. La utilización de agua oxigenada en lugar de otros blanqueantes como por ejemplo el Clorito de Sodio (NaClO₂) es debido a que aprovechando su inestabilidad y su descomposición obtenemos energía y residuo 0; ya que liberamos agua y oxígeno.
- Auxicol DBU concentrado, Auxicolor. Producto de viscosidad alta, no dosificable automáticamente. Auxiliar utilizado para el blanqueo por agotamiento. Producto utilizado como catalizador del peróxido de hidrógeno, acelerando su reacción.

- Ácido acético ($C_2H_4O_2$), 99% puro, Panreac. También conocido como ácido acético glacial ya que puede cristalizar a temperaturas ordinarias de invierno. Su pH es moderadamente ácido (4,8). Se ha utilizado para neutralizar el pH moderadamente básico del producto final por tal de estabilizarlo en pH neutro.

3.3. Equipos

- Balanza Mettler PE 3600 Delta Range. Balanza utilizada para medir peso de una cantidad de fibras no superior a 300g con una precisión de [0,001g]
- LINITEST, Original Hanan Linitest. Reactor. Compuesto por un recipiente y una carcasa calefactora. La carcasa calefactora, mediante unas resistencias que se encuentran en el fondo de esta caliente agua destilada que reside en su interior y a su vez, calienta el recipiente. Tiene una capacidad máxima de 5L y es donde se dispone la materia a tratar. Gracias a un sistema de engranajes, el recipiente va girando durante el proceso aportando agitación mecánica para tratar la materia de forma homogénea.



Figura 15 . Placa calefactora del equipo Linitest de laboratorio



Figura 16. Reactor del equipo Linitest de laboratorio

- MICROSCOPIO ÓPTICO, Jenaval Carl Zeiss Jena. Microscopio ayudado por un software informático que nos asiste a la medición de diámetros de fibras y a la elaboración de fotografías de estas.
- SOFTWARE DEL MICROSCOPIO ÓPTICO, Version Image Focus 4. Soporte para realizar medidas sobre la imagen emitida por el microscopio óptico.

- DINAMÓMETRO MTS con célula de carga 5 KN. Instrumento para cuantificar la fuerza de tracción que soporta un material. Utiliza una mordaza neumática para la tracción de fibras y para la tracción de tejidos. Va acompañado de un programa informático que nos permite elegir las diferentes variables: Velocidad, distancia entre mordazas, precarga... Y este programa nos devuelve un informe de los resultados.
- SOFTWARE DEL DINAMÓMETRO, Test Works 4.
- Molde para la elaboración de no tejidos. Se ha utilizado un molde de fabricación propia (Figura 17) con dimensiones 30x45 cm, con una superficie total de 1350 cm² elaborado a partir de cartón. Útil para delimitar la zona donde coloraremos las fibras dispersas imitando un proceso de *Air Laid*.



Figura 17. Molde de fabricación propia

- PUNZONADORA, Oskar DILO maschinenfabrik KG D-69405. Está compuesta por un conjunto de agujas encaradas en dos superficies (*imagen 14*). La superficie superior es la que elabora el movimiento. El cometido de este proceso es conferir al no-tejido mayor resistencia: Este proceso es elaborado ya que el velo de fibras es introducido a través de las agujas, estas a su vez se mueven a gran velocidad atravesándolo. Las agujas tienen unos pequeños dientes en su superficie ayudando a que las fibras se entrelacen una con la otra, creando una red más sólida.
- MICRÓMETRO, DBA N2568. Instrumento de medida de espesor de tejidos.

4. Procedimiento Experimental

4.1. Planta de maíz

4.1.1 Recolección de la planta del maíz

El sistema actual de recolección del fruto de la planta de maíz se hace mediante maquinaria que separa el grano del resto de la materia orgánica de la planta. Esta materia orgánica queda en el campo para su posterior descomposición (Figura 18 a y 18 b).



Figura 18 a y 18 b. Residuos agrícolas de la planta de maíz

Dentro de la materia orgánica que queda en el campo para su posterior descomposición queda claramente identificada el subproducto que utilizamos para la extracción de fibras: Cáscara de maíz o *Corn Husk*

La recolección de la materia se ha elaborado de manera manual en los campos donde se cultiva el maíz en la Cooperativa Agraria Miralcamp, Lleida.

Una vez la materia está ubicada en bolsas, esta ha sido transportada al laboratorio de Tissantge en el edificio TR4 de la ESEIAAT, donde se ha extendido encima de tejidos y aireado cada dos días para su completo secado y evitar que esta se pudra (Figura 19 a y 19 b).

Una vez la materia está seca, procedemos a la separación y pesado del Corn Husk y del desperdicio de la recogida de la materia en el campo.



Figura 19 a y 19 b . Residuos agrícolas de la planta de maíz extendidos para su completo secado

4.1.2 Estudio de la composición de la planta del maíz

Para poder tener una magnitud a la hora de conocer la cantidad de residuo que se puede conseguir en la explotación de las plantaciones de maíz se elaboró el estudio de la composición de cada una de las partes de la planta. Se cogieron 5 plantas completas de maíz antes de ser recolectado y se pesaron cada una de las partes que la componen para obtener el porcentaje medio en peso de cada una de las partes.

4.2 Las fibras de la planta de maíz

4.2.1 Obtención de las fibras

El proceso de extracción de fibras procedentes de la cáscara de maíz consiste en la eliminación de las sustancias no celulósicas (Lignina, cenizas y sustancias hidrosolubles) del CH.

Procesos anteriores elaborados en el laboratorio

En otro estudio [3] se elaboró el proceso de extracción y blanqueo en dos fases: Extracción con sosa cáustica y posteriormente el blanqueo con NaClO_2 . Estas primeras aproximaciones dieron como resultado procesos de rendimientos bajos y altos consumos de agua que finalmente acababa siendo un residuo.

Posteriormente, con la colaboración de la empresa ITRAM 2000, ubicada en Terrassa, se varió el proceso realizándose el proceso de extracción y blanqueo en una sola fase. La empresa ITRAM 2000 es una empresa que tiñe y stampa hilos en madeja, por esa razón pudimos utilizar sus reactores de gran capacidad para la elaboración del proceso de extracción y blanqueo de la fibra del Corn Husk.

Estudios anteriores de laboratorio han analizado el proceso para la obtención de la fibra por procesos químicos y mecánicos. En nuestro caso, realizaremos la extracción de fibras y blanqueo en un medio alcalino y utilizando agitación mecánica.

La extracción de la fibra y blanqueo de esta se realizará en un reactor:

Condiciones generales de proceso:

- Rb 1/20
- 6 mL/L peróxido de hidrógeno al 50%
- 2 mL/L NaOH al 98% en formato líquido
- 1 mL/L Auxicol DBU conc

Condiciones del proceso en laboratorio, con el reactor Linitest

- Capacidad del reactor *Linitest* 5L
- Rb 1/20 → 4L agua de red
- 24 mL de peróxido de hidrógeno al 50%
- 200 g de Corn Husk, 24h acondicionado a las condiciones de laboratorio [temperatura de 20 ± 1 °C y humedad de 45 ± 5 %]
- 24 g de NaOH al 98% en formato sólido, en forma de lentejas
- 4 mL Auxicol DBU conc: Componente que nos da soporte al blanqueo por agotamiento junto con el peróxido de hidrógeno

Se parte de la hoja de *Corn Husk* ya separada de los otros restos de materia y se realizan los siguientes pasos para extraer la fibra:

Paso 1: Se comprueba que el reactor Linitest esté previamente limpio y neutralizado para asegurar que el pH de este no interfiere en el proceso.

Paso 2: Introducción del agua necesaria en el proceso [4L] con la ayuda de un vaso medidor de 1L o de una probeta de 1L.

Paso 3: Introducción del Peróxido de hidrógeno al 50%.

Paso 4: Introducción del producto Auxicol DBU conc.

Paso 5: Adicción de la NaOH al 98% en lentejas.

Paso 6: Con la ayuda de una varilla de vidrio y con mucha precaución de los gases que se puedan desprender de este proceso, se agita vigorosamente durante aproximadamente 5 segundos la mezcla [las lentejas de NaOH no se habrán disuelto en su totalidad ya que necesitan la temperatura que el proceso les ofrecerá].

Paso 7: Introducción del *Corn Husk*, garantizando, nuevamente con la ayuda de la varilla de vidrio, que la hoja quede sumergida o previamente humectada antes de cerrar el reactor.

Paso 8: Se cierra el reactor y se introduce en la carcasa calefactora, la cual debe estar previamente acondicionada a 100°C, y se deja durante 1h.

Paso 9: Cuando el tiempo haya finalizado, se apaga el equipo. Con ayuda del equipo de seguridad pertinente (máscara que cubra toda la cara y guantes) se procederá a la extracción del reactor del equipo. Se deberá esperar unos minutos (aproximadamente 30) o enfriar con abundante agua fría la superficie del reactor (aproximadamente 5 minutos) por tal de bajar la presión de este, para poder abrirlo con seguridad.

Paso 10: Una vez la presión está equilibrada, se abre el reactor con la ayuda de una llave que tienen como función este cometido y se destapa. Con la ayuda de un colador y unas pinzas, se extraen del reactor cuidadosamente las fibras del interior.

Paso 11: Una vez las fibras están en el colador, se procede a tratar como residuos el contenido sobrante del reactor: Los restos de sustancias extraídas de la fibra y el agua con sosa cáustica.

Paso 12: Preparación el baño de neutralización, compuesto por:

1. Agua de red
2. Ácido acético al 1%

En nuestro caso:

1. 4L de agua de red
2. Ácido acético al 1% → 4mL de ácido acético

Se procede a introducir las fibras y con la ayuda de la varilla de vidrio se humectan las mismas durante 1 minuto. Posteriormente, se procede al aclarado de la materia.

Paso 13: La fibra extraída, fuera del reactor y neutralizada, se coloca en un papel de filtro y se abre manualmente para facilitar su secado. Se deja de 24 a 30 horas a temperatura ambiente.

Paso 14: Pasadas estas horas, se procede a la segunda apertura de la fibra de manera manual, y se espera hasta su completo secado.

4.2.2 Caracterización de las fibras

Para poder caracterizar las fibras de CH extraídas de la cáscara de maíz, que a su vez será la materia prima de otro producto, se procede a analizar un total de **23 fibras** para conocer sus características principales:

1. Longitud
2. Peso
3. Diámetro
4. Resistencia a la tracción

Longitud

Medida con una regla estándar. El protocolo de elaboración es sujetar, con la ayuda de unas pinzas, el extremo de la fibra mientras el otro extremo se va paralelizando para mostrar la máxima elongación de esta, vigilando no romper la fibra.

Peso

Medida tomada con una balanza de precisión de hasta 0,0001g para poder determinar el título de dicha fibra.

Título de la fibra [dTex]

Para tener una medida en el sistema internacional, analizamos los datos de longitud y peso por tal de determinar del título de cada una de las fibras. De la misma forma, el título de cada una servirá para introducirlos en el dinamómetro en la prueba de resistencia a la tracción para que nos de unos valores exactos de cada una de las fibras.

$$dTex = \frac{10.000 * pes [g]}{0'01 * longitud [cm]}$$

Diámetro

Medido con el microscopio óptico y el programa que tiene este de soporte al usuario para tomar mediciones.

Se coloca una fibra en el porta muestras, y se toman 10 medidas de diámetro de cada fibra, teniendo en cuenta elaborarlas de manera lo más dispersa posible por tal de poder determinar el diámetro medio de la fibra a medir. Se realiza el proceso con 50 fibras y así podremos obtener el valor de diámetro medio.

Resistencia a la tracción

Siguiendo la norma ASTM D3822M – 14 [10]. Se analizan las fibras con la ayuda de un dinamómetro:

- Se colocan las fibras en unas ventanas (Figura 20) para poder ensayarlas y las numeraremos para poder identificarlas correctamente.
- Colocación de las muestras en el dinamómetro con la ayuda de las pinzas neumáticas para fibras.
- Se cortan los dos laterales del papel que compone las ventanas por tal de que el ensayo únicamente mida la fuerza para romper las fibras.

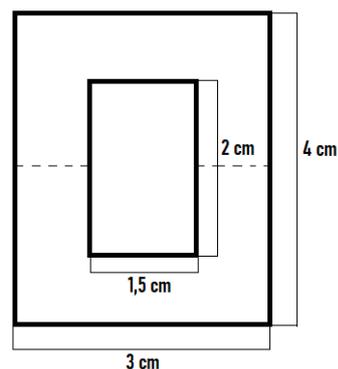


Figura 20. Ventana de papel donde se coloca la fibra a ensayar

- Se identifica e introduce el título de cada fibra a ensayar en el programa del dinamómetro, por tal que las medidas que este nos ofrezca sean exclusivamente de cada fibra teniendo en cuenta su título.

- Se inicializa el ensayo, y una vez este finalice (la fibra se rompa) las mordazas volverán a la posición inicial del ensayo, y será entonces cuando se procede a retirar la muestra y seguir analizando las siguientes.

Las condiciones del ensayo serán las siguientes:

1. Velocidad de desplazamiento de mordazas: 2mm/min
2. Distancia entre mordazas: 20 mm
3. Precarga de 5 cN

Datos facilitados por el programa:

1. Fuerza máxima [cN]
2. Elongación máxima [%]
3. Módulo de elasticidad [cN/dTex]
4. Tenacidad [cN/dTex]

4.3 Preparación de las telas no tejidas

4.3.1. Preparación de la napa

Proceso idealmente pensado para ser realizado por un sistema *Air Laid*. Como carecemos de la maquinaria necesaria para poder realizarlo de esta manera de forma automática, imitaremos este proceso realizándolo de forma manual. Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Medir la superficie del molde en cuestión [30x45 cm = 1350 cm²] y teniendo en cuenta el gramaje que se desea conseguir, se pesa la materia a colocar siguiendo la **ecuación 1**.

Ecuación 1.

$$X \frac{g}{cm^2} [\text{gramaje que buscamos}] * 1350 \text{ cm}^2 [\text{superficie molde}] = Y \text{ g} [\text{gramos fibra}]$$

- 2) Abrir la fibra de manera manual y colocarla en el molde de forma más dispersa posible mientras se aplica presión con un peso o rodillo macizo que permita ir compactando las fibras en el molde.
- 3) Una vez la materia que compone la napa está compacta se procede al punzonado de esta.

4.3.2 Punzonado de la napa

El proceso de punzonado está diseñado para cohesionar las fibras de manera mecánica. La napa de fibras se hace pasar por un tablero donde un conjunto de agujas atraviesa la napa aglutinando y entrelazando las fibras.

Ya que la napa se ha elaborado de forma manual, esta no puede ser punzonada en la máquina de que se dispone ya que las dimensiones son muy inferiores a las de la capacidad de la punzonadora. Para solventar este problema se utiliza un no-tejido ya punzonado como tejido guía en el que se troquea una ventana de dimensiones un poco superiores al de la napa elaborada. Posteriormente, se introduce la napa en dicha ventana y se hace pasar por la punzonadora con las siguientes condiciones:

- Numero de carreras: 300 carreras/minuto
- Condiciones de separación [cm] entre capas de punzonado 5/19/10

Una vez salida la napa punzonada por una cara, se separa con la ayuda de unas tijeras del tejido de acompañamiento y se vuelve a realizar la misma operación por la otra cara de la napa.

4.3.3 Caracterización de las telas no tejidas

1. Gramaje
2. Espesor
3. Resistencia a la tracción
4. Absorción de humedad
5. Retención de agua (WRV)

Gramaje

Por tal de asegurar el gramaje. Se mide el gramaje de las napas. Se elaboran probetas de superficie conocida y se pesan. Y de esta manera poder conocer el gramaje de las napas en gr/m^2

$$Gramaje \frac{gr}{m^2} = \frac{Peso \ de \ la \ probeta \ [gr]}{Superficie \ de \ la \ probeta \ [m^2]}$$

Espesor

El espesor de las muestras se determinó con un micrómetro para textiles DBA N2568 en diez puntos distribuidos a lo largo de la muestra. Se analizaron un total de 5 muestras.

Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción se midió en un dinamómetro MTS Synergie equipado con una célula de carga de 5 kN y mordazas anti-deslizamiento para tejidos, mediante un procedimiento adaptando de la norma UNE-EN ISO 9073-18:2008 [11] para ajustar la medida de las 3 probetas por muestra y dirección a 50 mm x 300 mm. La resistencia a la tracción se determinó tanto en la dirección de avance de la máquina (DM) como en la dirección transversal (DT). El tratamiento de los datos se realizó mediante el software Test Works 4, asociado a dicho equipo.

Las condiciones del ensayo serán las siguientes:

1. Velocidad del dinamómetro: 100mm/min
2. Distancia entre las pinzas: 20 cm
3. Precarga de 5 N

Datos facilitados por el programa:

1. Fuerza máxima [N]
2. Alargamiento a la fuerza máxima [%]
3. Tiempo de rotura [s]

Absorción de humedad

Realización de ensayos de absorción de humedad de los no tejidos para conocer el % de humedad que estos pueden absorber.

La medición de humedad se realizará con la balanza Cobos con el siguiente procedimiento:

- Se cortan unas muestras de 5 x 5 [cm] y se pesan en la balanza Cobos o en la balanza de precisión por tal de conocer los valores de peso de cada una de las probetas a analizar.
- Introducción de cada muestra, por separado en la balanza Cobos: Cuya función es aplicar calor a la muestra hasta que el peso de esta ya no varíe, este será el momento en el cual el agua que estaba en la muestra se ha evaporado por completo.
- La balanza Cobos nos presenta los resultados en % de humedad

WRV (Water retention Value o valor de retención de agua)

Analizaremos el poder de retención de agua de las fibras según una adaptación de la norma ASTM D2402-01 [12].

Procedimiento:

1. Se preparan probetas de telas no tejidas de unos 3x3 [cm] y se pesan.
2. Se introducen las probetas en un vaso de precipitados con 10 mL con agua destilada durante 10 minutos, asegurando que la muestra está bien humectada, con la ayuda de un peso.
3. Una vez transcurridos los 10 minutos, se introducen las muestras en los tubos que se introducirá en la centrífuga, durante 15 min a 260 rpm: Tubos que dejen drenar el agua sin ponerla otra vez en contacto con las fibras.
4. Se extraen las muestras y se pesan
5. Una vez pesadas, se colocan en un papel de filtro y se introducen en la estufa durante 5 a 105°C.

Para calcular el valor de retención de agua (WRV) se necesitan los siguientes datos:

- Peso inicial [g] de las muestras (**a**) → Acondicionados en el laboratorio donde se vayan a analizar las mimas.
- Peso al salir de la centrífuga [g] (**b**)
- Peso después de la estufa [g] (**c**)

Y siguiendo la **ecuación 2**, podremos conocer el % resultante del valor de retención de agua (WRV)

Ecuación 2.

$$R = \frac{\text{Peso centrífuga [g]}(\mathbf{b}) - \text{Peso estufa [g]}(\mathbf{c})}{\text{Peso estufa [g]}(\mathbf{c}) - \text{peso inicial [g]}(\mathbf{a})} * 100$$

4.4. Pruebas de vivero

4.4.1. Protocolo ensayo de comportamiento de los tepes en cultivos en vivero.

El objetivo principal de este ensayo ha sido la determinación del desarrollo de tepes de cultivo de planta vivaz adaptados al clima mediterráneo.

Se han sembrado varias especies en soportes comerciales (fibra de coco) y otras en soportes desarrollados en el proyecto (fibra de maíz - Corn Husk) para poder así ver si se desarrollan bien y si se pueden utilizar comercialmente en climas cálidos.

Datos generales del ensayo

La prueba consistirá en establecer un cultivo en vivero de 12 tepes de tamaño 25x50cm de dos materiales que actúan como soportes diferentes: No tejido de fibra de coco y no tejido de fibra de Corn Husk.

En dichos tepes se plantará planta vivaz y se probarán dos sustratos diferentes: sustratos “Red, Boix Sustrato Plantas exterior” y sustrato “Green, Flower Sustrato Universal”.

En dicho ensayo comparativo también se añaden dos tepes de mayor tamaño (85x50cm) con 11 plantales de planta vivaz a cada uno. Los tepes grandes se han plantado con el sustrato "Red".

Los controles serán semanales se realizarán desde la semana 16 a la 24. Se adjuntarán a los controles fotografías realizadas cada semana.

La realización y supervisión de las pruebas han sido posibles gracias a la colaboración del personal laboral de la empresa cooperativa CORMA en sus instalaciones de Vivers La Vinya, en el municipio de Vilassar de Mar.

Los materiales necesarios para la realización de estos ensayos específicos de vivero han sido por un lado dos tipos de sustrato, el sustrato "Red": Boix Sustrato Plantas exterior y el sustrato "Green": Flower Sustrato Universal. Por otro lado se ha utilizado plantel como muestra de ensayo distribuidas de la siguiente forma, tal y como se muestra en la figura 21:

- 6 tepes de fibra de maíz (TB): 3 con el sustrato "Red" y 3 con el sustrato "Green", todos con planta vivaz
- 6 tepes de fibra de coco (TC): 3 con el sustrato "Red" y 3 con el sustrato "Green", todos con planta vivaz.
- 2 tepes de fibra de coco grandes (TCC) con el sustrato "Red" todos con planta vivaz.



Figura 21. Disposición de muestras en el vivero

La tipología de planta empleada en este estudio es la de una planta vivaz de la especie *Vinca major* (Figura 22), comúnmente conocida como hierba doncella. Se trata de una planta originaria de la región mediterránea de Europa.



Figura 22. Planta *Vinca Major*, también llamada hierba doncella.

Se utiliza Plantel⁶ de la variedad Vinca Major: siendo necesario la plantación de 3 planteles para tepe pequeño (Figura 23) y 11 planteles para tepe grande, es decir, 58 planteles en total.



Figura 23. Disposición de los 3 planteles de Vinca Major en tepe de CH

Los métodos que se emplean para la realización de los ensayos específicos en vivero se detallan a continuación:

I. Duración del ensayo

La duración del ensayo es de 14 semanas: de la semana 12 a la 24. Los controles se inician en la semana 16.

II. Métodos de riego

El método de riego y adobado en este estudio serán la microaspersión y el abonado de fondo con el sustrato y fertirrigación⁷

III. Controles

Los aspectos a controlar son regulares siguiendo un calendario específicamente elaborado para esta función. Se realizan controles iniciales, controles periódicos y controles semanales. En cuanto a los controles iniciales se determina la cantidad de sustrato por planta y se observa el primer humectado del tepe. Los controles periódicos se realizan para observar cambios o alteraciones debido a las condiciones meteorológicas o de riego. Por último, durante los controles semanales se observa

⁶ Se conoce como Plantel de un cultivo una planta que se ha precultivado en un criadero de plantas a diferencia de la plantación desde semilla

⁷ La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para aplicar los nutrientes necesarios a las plantas.

visualmente el aspecto de la planta y se toman fotografías, se determina la tasa de cobertura, la tasa de arraigo y la resistencia de los tepes.

En lo referente al procedimiento de la plantación, se han llevado a cabo un seguido de toma de fotografías para cada tepe, tanto al inicio de la plantación, durante la duración del ensayo y al dar por concluidas las pruebas en vivero. Las fotografías iniciales de cada tepe y cada cara se realizan para establecer las condiciones iniciales de ensayo. El inicio de las pruebas tuvo lugar el miércoles 18 de marzo de 2020.

I. Proceso de preparación del sustrato sobre el tepe

1. Colocar el saco sobre un film antihierba (es un tejido fabricado en polietileno tejido, este material deja pasar el agua, pero impide el paso de la luz, consiguiendo así, evitar el crecimiento de las malas hierbas)
2. Depositar 7.5 litros de sustrato distribuidos de forma uniforme sobre cada muestra de 25x50 cm (Figura 24). En los tepes grandes, depositar 10L.



Figura 24. Disposición de los sustratos en los tepes de coco antes de su plantación

II. Plantación de las plantas vivaces los tepes

La plantación del primer grupo de plantas, correspondiente a la variedad Vinca Major de planta vivaz, se distribuyen en secciones de 3 plantas por cada tepe, tal y como se muestra en el esquema de la figura 25. Los planteles se deben colocar de manera que haya un mínimo de separación de 5 a 7 cm entre las plantas por tal de facilitar su crecimiento y un desarrollo correcto de la variedad. El riego se ha realizado por microaspersión, garantizando así el suministro de agua en toda la sección del tepe.

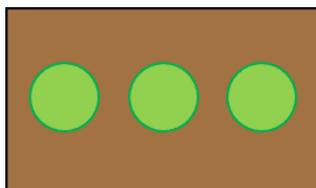


Figura 25. Disposición de los planteles de *Vinca Major* sobre los tepes

Los procedimientos de control deben seguir una regularidad específica, y se detallan a continuación:

CONTROLES DIARIOS

Diariamente se elaborará un control de condiciones meteorológicas: Anotación diaria de condiciones de temperatura mediante webs oficiales de información meteorológica [13]

Se elaborará también un control del riego hacia los tepes conociendo los datos de lluvia mediante webs oficiales de información meteorológica [14] y datos del riego proporcionados por el personal del vivero La Vinya.

CONTROLES SEMANALES

Semanalmente se elaboran los siguientes controles: I. Observación visual; II. Control de la tasa de cobertura del tepe; III. Control de la resistencia del tepe; IV. Control de la tasa de arraigo

I. Observación visual

Se realiza una observación visual para detectar principalmente dos factores de potencial cambio, tales como la presencia de hierbas adventicias (contar y extraer) así como el estado general del tepe (color, desperfectos, presencia de microorganismos o signos de degradación, etc.)

II. Control de la tasa de cobertura del tepe

Realizar una fotografía (en planta) de cada muestra de tepe correctamente identificada para estimar de forma informática a través del análisis de la imagen cuál es la tasa de cobertura. Las fotografías deben tomarse en el ángulo más perpendicular posible, desde la vertical correspondiente al centro del tepe, y procurando que cada muestra ocupe siempre más o menos la misma área de la imagen.

Las imágenes se procesarán para limitar la zona de estudio (área del tepe), y extraer dos capas digitales "threshold" mediante el programa Image J para conocer así el % de colonización de la planta respecto al total del tepe. (Figura 26)



Figura 26. Imagen de tepe de coco procesada con el programa Image J, donde se selecciona en color amarillo la cobertura de cada planta

III. Control de la resistencia del tepe

Cada uno de los tepes se levantará del suelo para comprobar si estos mantienen la resistencia mecánica necesaria para su manipulación. Esta prueba se documentará gráficamente con fotos y / o vídeos. La manipulación de los tepes durante el período de prueba debe realizarse con delicadeza y siguiendo todos los protocolos que se establecen.

IV. Control de la tasa de arraigo

En caso de que sea posible, se procederá al igual que en el apartado anterior levantando totalmente el tepe del suelo. Sin embargo, si esta opción no es viable debido a la alta degradabilidad de la muestra ensayada, se procederá de la siguiente manera:

1. Levantar levemente el tepe por uno de los extremos.

2. Observar el crecimiento de las raíces, anotando en qué grado se ha desarrollado la raíz, en una escala del 0 al 5, siendo 0 la no visualización de las raíces de las plantas, y 5 una cobertura total de la cara posterior del tepe. (Figura 27)



Figura 27. Desarrollo de las raíces en una muestra de coco

3. Observar la variación de las características del tepe debido al desarrollo de las raíces (que deberían presentarse retorcidas con las fibras).

Por tal de facilitar la identificación de las muestras podemos ver la disposición y distribución de cada uno de los tepes en la figura 28.

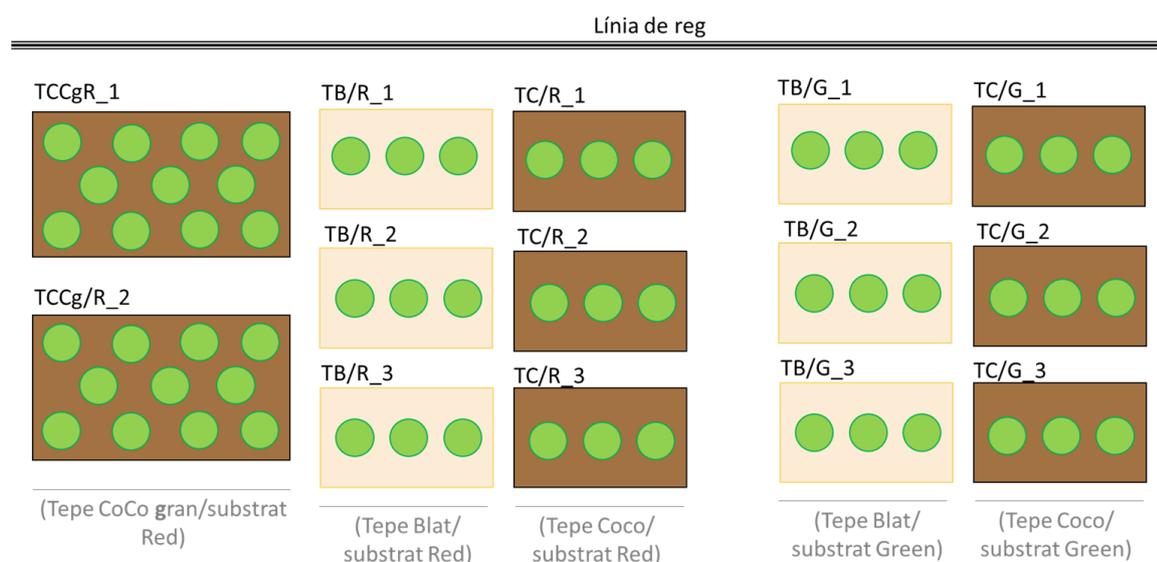


Figura 28. Disposición de las muestras en el vivero.

5. Resultados y discusión

5.1. Composición de la planta del maíz

Mediante el estudio de la composición de 5 plantas de maíz enteras antes de ser cosechadas se determinó el valor promedio en peso de cada una de las partes que componen la planta del maíz. Dicha planta está compuesta por (Figura 29)

- Tallo 31,0%
- Hojas 12,1%
- Panocha 56,5%
- Pelo 0,4%

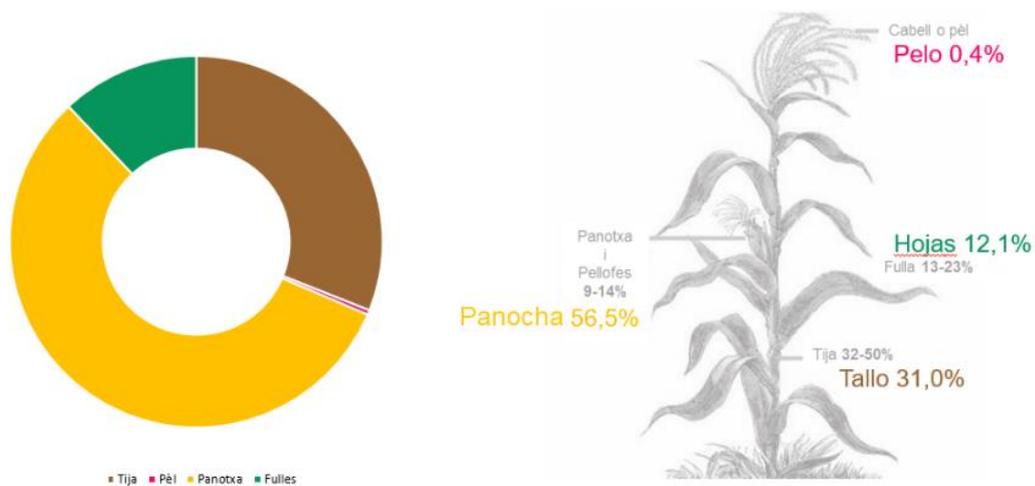


Figura 29. Grafico donde se reпреntan los % de cada una de las partes que componen la planta de maíz

5.1.1 Panocha

Como se puede ver en la figura 30, más del 50% del peso de la planta está destinado a la panocha. El peso (92,3%) de dicha panocha se distribuye en el fruto (granos de maíz) insertado en un corcho y por otro lado, la cáscara que recubre la panocha (Corn Husk) 7,2% y unas borlas 0,5%.

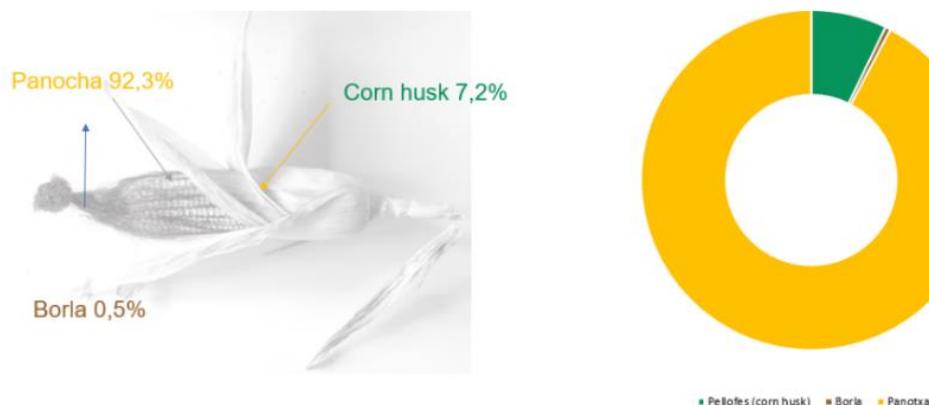


Figura 30. Grafico donde se reпреntan los % de la panocha de la planta de maíz

5.1.2. Fruto

El fruto o grano representa un 86% (Figura 31) y viene insertado en una especie de corcho 14% para preservarlo en las mejores condiciones posibles.

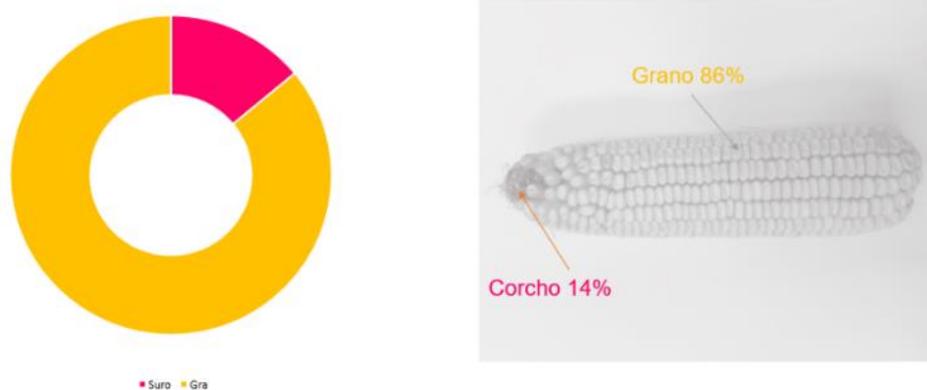


Figura 31. Gráfico donde se representan los % del fruto de la planta de maíz

Mediante los datos estimados a partir del informe de superficies, rendimientos y producciones de los cultivos agrícolas del año 2017, y estimando que se obtiene alrededor del 40% de fibra de CH de la cáscara de la mazorca de maíz, se establece que se podrían conseguir 1,3 toneladas/ha de cáscara de mazorca, por lo tanto 528 Kg de fibra por hectárea de maíz cultivada.

5.2 Caracterización de las fibras

5.2.1. Longitud de las fibras

Se tomó una muestra de 23 fibras para evaluar su longitud. Se puede ver (Figura 32) que la longitud del 91% de las fibras se encontraban entre 7,3 y 13,5 cm. De entre ellas, la mayoría (56,52%) de las fibras tienen una longitud entre 7,3 y 10,4 cm. La longitud de la fibra promedio es de $10,7 \pm 2,54$ cm.

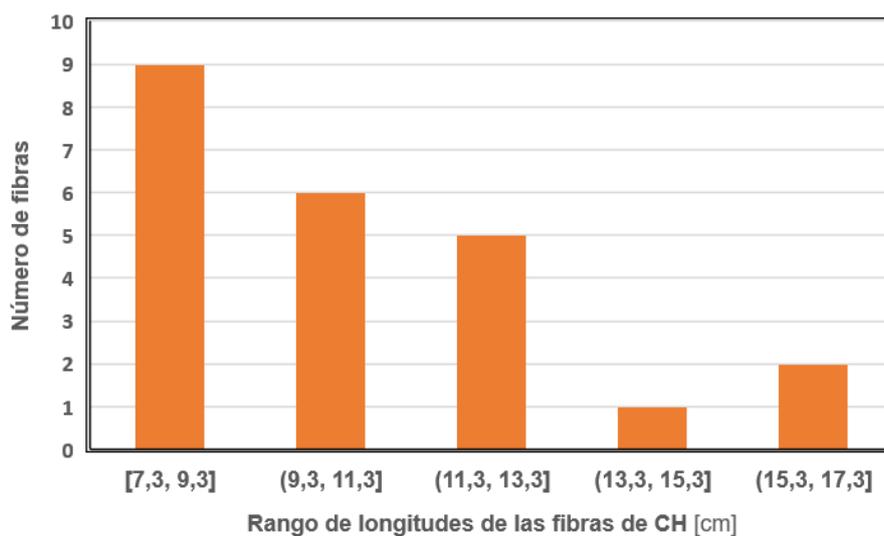


Figura 32. Histograma referente a la longitud de la fibra de CH, de una muestra de 23 fibras.

Se analizó también el peso y el diámetro de la misma muestra de 23 fibras. Los resultados de dichas medidas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores promedio y desviación de las características de las fibras de CH

Característica	Valor promedio	Desviación
Longitud [cm]	10,7	2,54
Peso [mg]	3,26	1,05
Título [tex]	30,67	8,7
Diámetro [μm]	268	100

5.2.2. Resistencia a la tracción de las fibras

La resistencia a la tracción, elongación, el módulo de elasticidad y la tenacidad de las fibras obtenidas con los ensayos de tracción se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores promedio y desviación de las características de las fibras de CH ofrecidos por las pruebas dinamométricas.

	Fuerza máxima [cN]	Alargamiento (%)	Módulo de elasticidad (cN/dtex)	Tenacidad (cN/dtex)
Promedio	273,5	17,3	16,16	0,89
Desviación	130,7	8,9	5,7	0,31

Por tanto, la fibra extraída a partir de la cáscara de la panocha de maíz, fibra de CH tiene las siguientes características promedio (Tabla 6):

Tabla 6. Caracterización final de la fibra extraída

Longitud [cm]	10,7 ±2,5
Título [tex]	30,7 ±8,7
Diámetro [μm]	268 ±100
Alargamiento [%]	17,3 ±8,9
Módulo de elasticidad [cN/dtex]	16,2 ±5,7
Tenacidad [cN/dtex]	0,89 ±0,31

5.3 Caracterización de los no tejidos

5.3.1 Propiedades mecánicas Tepes CH

Se comparará el efecto del punzonado simple (CH-PS) comparándolo con el punzonado doble (CH-PD) del no tejido 100% de CH.

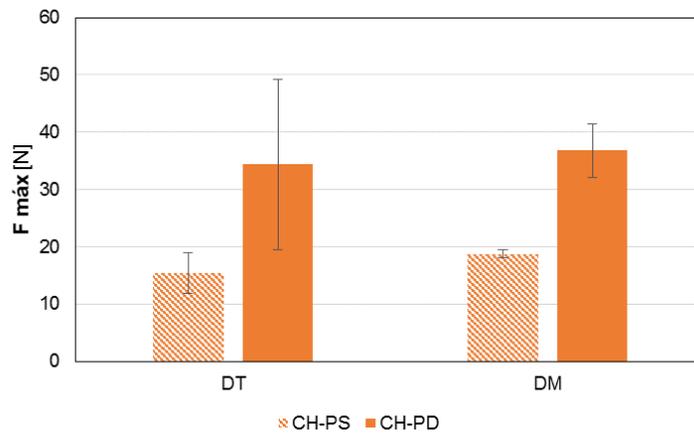


Figura 33. Resistencia a la tracción. Efecto del punzonado simple (CH-PS) y doble (CH-PD) en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).

Concluyendo que (Figura 33) el tepe de CH doble punzonado tiene resultados de fuerza máxima muy superiores al punzonado a una sola cara, siendo así más resistente. Gracias a la elaboración de los tepes de manera manual, se puede ver que la resistencia a la tracción las probetas en ambas direcciones tienen un valor muy similar, creando más homogeneidad del tepe. Así pues, el método de punzonado a dos caras se establece como óptimo para la elaboración de los tepes

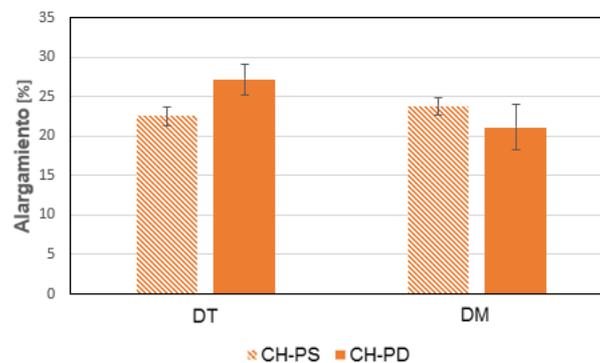


Figura 34. Resistencia al alargamiento. Efecto del punzonado simple (CH-PS) y doble (CH-PD) en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).

Se analizó también (Figura 34) el porcentaje de alargamiento de las probetas antes de alcanzar la rotura permanente, y se puede ver que en ambos tejidos el alargamiento en la misma dirección era muy similar.

Tal como se desprende de los resultados, se trata de un material bastante homogéneo en ambas direcciones del tejido: dirección máquina y dirección transversal.

Seguidamente se compara el tepe obtenido con tepes ya existentes en el mercado. Se realiza la comparativa con un tepe comercial de coco y con un tepe de cáñamo (HEMP), una fibra natural de uso extendido (Figura 35).

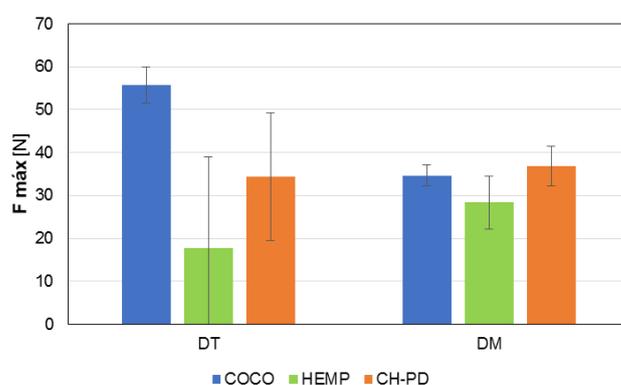


Figura 35. Resistencia a la tracción. Comparativa entre diferente materias, coco, cáñamo y cáscara de maíz en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).

Analizando la fuerza máxima de los tepes se puede concluir que los tepes comerciales son más resistentes en dirección transversal que el no tejido de CH. Esta diferencia de comportamiento puede deberse a que el proceso air-Laid orienta las fibras y fomenta la diferencia en dirección transversal y dirección máquina, ya que dicho proceso genera una tela no tejida con las fibras orientadas en sentido transversal: Al aplicar un esfuerzo de tracción en esta dirección las telas no tejidas tienen una mayor superficie de rozamiento entre fibras, aumentando la resistencia. El tepe elaborado de CH es más regular y homogéneo debido a la orientación aleatoria de las fibras, construyendo un material de tendencia isotrópica. Su resistencia máxima es menor a la fibra de coco, pero es adecuada para su comercialización.

La resistencia conseguida en los no tejidos de CH favorece su biodegradabilidad ya que sus fibras se encuentran igual de cohesionadas en ambos sentidos y esto favorece que se biodegrade igual a lo largo de todo el tepe.

En cuanto al alargamiento de los tepes formados por diferentes materiales (Figura 36), se observa que los tepes elaborados a partir de las fibras de CH tienen porcentajes de alargamiento más elevados en comparación con los productos comerciales ya existentes, probablemente debido a la no orientación de las fibras y la homogeneidad del tepe de CH.

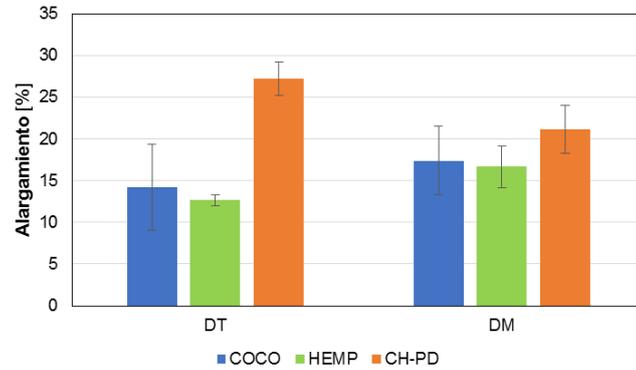


Figura 36. Resistencia al alargamiento. Comparativa entre diferente materia, coco, cáñamo y cáscara de maíz en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).

5.3.2. Propiedades físicas Tepes CH

Los ensayos de absorción de humedad elaborados han dado como resultado que las telas no tejidas 100% de CH tienen un % de absorción de humedad de $6,45 \pm 0,32\%$

Por último se puede ver en la Figura 37 que el valor de retención de agua de las tres materias que conforman los tepes es muy similar entre sí, siendo superior el valor de los tepes formados por telas no tejidas con fibra de coco.

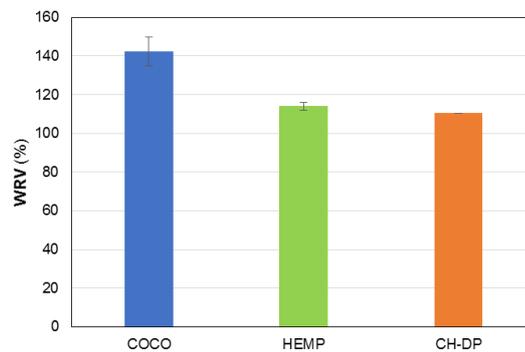


Figura 37. Valor de retención de agua (WRV). Comparativa entre diferente materia, coco, cáñamo y cáscara de maíz

5.4. Pruebas de los tepes en vivero

5.4.1. Controles diarios

5.4.1.1. Condiciones meteorológicas durante el ensayo

Se consultaron los datos meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de la estación meteorológica más cercana a la ubicación del Vivero la Vinya, situado en Vilassar de Mar. Los datos son procedentes de la estación meteorológica d'Arenys de Mar, situada a 20 Km de Vilassar donde se obtuvieron unos valores de temperatura máxima y mínima de 25 y 15°C durante el período de los ensayos en vivero.

5.4.1.2. Condiciones de riego de los tepes

Se estableció que el riego de los tepes se llevaría a cabo diariamente por parte del equipo del vivero siempre y cuando no existiera precipitación ese día. Por esa razón se consultaron datos pluviométricos meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) de la estación meteorológica d'Arenys de Mar y juntamente con los datos de riego proporcionados por el vivero La Vinya el riego promedio de los tepes ha sido de 5 l/m² diarios.

5.4.2. Controles semanales

5.4.2.1. Observación visual: Hiervas adventicias, resistencia y arraigado de los tepes.

En cuanto a la aparición de hierbas adventicias, se ha observado que durante la elaboración de las pruebas de vivero fueron apareciendo algunas hiervas adventicias ocasionales y sin ningún patrón fijo (Figura 38). Al estar poco arraigadas al tepe no se tuvo ninguna dificultad en retirarlas y se procedió a ello para facilitar el buen desarrollo y crecimiento de la planta que acontece, en este caso de la variedad de planta vivaz Vinca Major.



Figura 38. Hierva adventicia en un tepe de coco

En cuanto a la resistencia de los tepes, se ha caracterizado con la dificultad o facilidad de poder levantar los tepes del suelo en relación a su grado de desintegración, para poder evaluar la tasa de arraigado de los tepes, es decir, la tasa de aparición o no de raíces, necesarias para el desarrollo correcto de la planta. (Figura 39).

En el caso de los tepes de coco la resistencia no se vio afectada en el transcurso de las pruebas siendo posible levantar un extremo del tepe para poder observar el estado de las raíces y comprobar el arraigo de estas al no tejido.



Figura 39. Arraigo de las raíces del plantel atravesando el tepe de coco

Sin embargo, los tepes de CH han presentado dificultades a la hora de levantarlos del espacio en el que estaban ubicados, ya que al efectuar el levantamiento se desmoronan. Esto ha sucedido en la primera semana las pruebas. No muestran signos de podredumbre, pero sí de degradación superiores si son comparados a los tepes de coco. Este hecho puede estar relacionado con la resistencia a los esfuerzos de tracción de los no tejidos de CH comparados con los no tejidos comerciales de coco.

La degradación prematura del tepe de CH puede deberse a la baja resistencia a la tracción que presentan los no tejidos elaborados con esta fibra en contraposición a la alta resistencia de los no tejidos comerciales elaborados con coco.

A demás se puede observar que el tepe de coco lleva un recubrimiento tipo resina que no se ha identificado, y esto puede haber incrementado la resistencia del tepe final con el que se han realizado los ensayos en vivero.

5.4.2.2. Control de tasa de cobertura de la planta vivaz en el tepe

Analizando de manera visual la colonización de la variedad Vinca Major en los soportes utilizados en este ensayo se puede denotar que a lo largo del ensayo el plantel de dicha variedad ha tenido una evolución positiva respecto al inicio de este.

Tanto con el soporte comercial de coco (Figura 40) como con el soporte elaborado en este proyecto de CH (Figura 41) podemos ver que la evolución del cultivo ha estado progresiva y en carácter general satisfactoria.



Figura 40. Colonización del plantel de *Vinca Major* en el soporte de CH



Figura 41. Colonización del plantel de *Vinca Major* en el soporte comercial de coco

Pese a la buena evolución, en algunos casos el plantel de Vinca Major se ha secado (Figura 42). Dicho suceso ha ocurrido tanto en los tepes de CH como en los de coco. Muy posiblemente sea debido a una falta de humedad en el sustrato a lo largo de la prueba en el vivero, por lo que se ha comprobado que los 5 l/m² de agua diarios no son suficientes para esta variedad.



Figura 42. Plantel de vinca seco en un tepe de CH

En cuanto al procesado de imágenes, se ha podido estudiar el porcentaje de crecimiento del cultivo respecto al tipo de tepe:

Comparativa de sustratos en tepes de coco y CH

Se ha elaborado una comparativa para evaluar inicialmente el efecto de los diferentes sustratos. Por esa razón se ha evaluado el crecimiento de los tepes de este material con sustrato Red (TC_R/TB_R) comparada con la del sustrato Green (TC_G/TB_G) para evaluar el efecto de este componente en el crecimiento de la planta. Se han analizado los tepes de CH (Figura 43) y los tepes de coco (Figura 44).

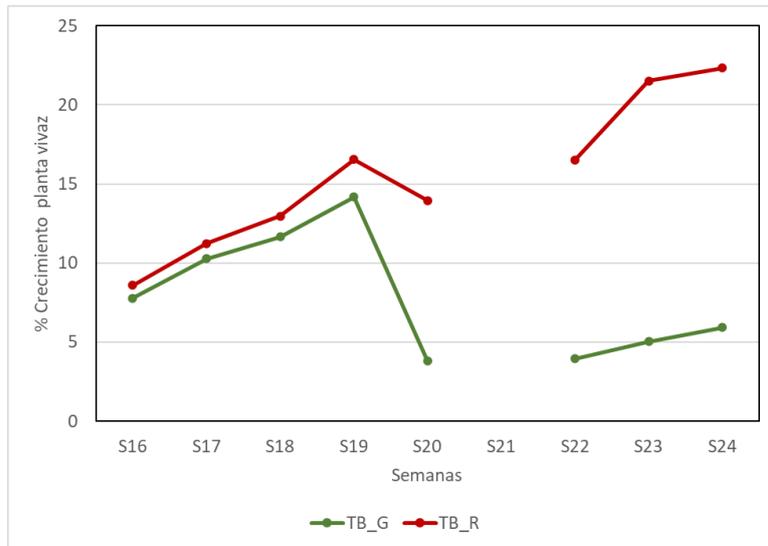


Figura 43. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre sustratos.

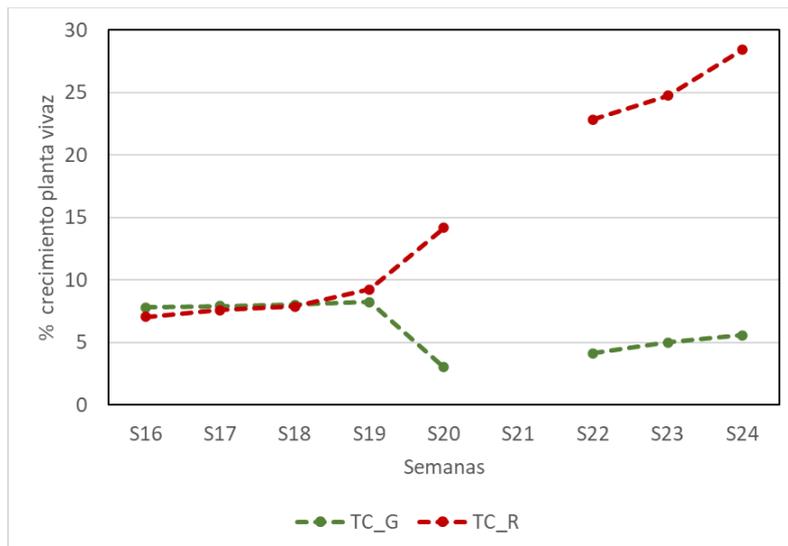


Figura 44. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de coco de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre sustratos.

Se puede observar que se han obtenido mejores resultados de crecimiento del cultivo indistintamente del tejido utilizado como soporte si se cultiva con el sustrato “Red”: Boix Sustrato Plantas exterior en comparación con el sustrato “Green”

Comparativa de crecimiento del cultivo dependiendo del no tejido utilizado

Se realizó una comparativa entre los cultivos realizados con el mismo sustrato y diferente tejido sustento como base.

Pudiendo concluir que, el crecimiento de los cultivos que utilizaban sustrato “Green” (Figura 45) ha demostrado que en ambos tejidos ha seguido tendencias similares siendo el % crecimiento del área foliar ligeramente superior en los no tejidos de CH.

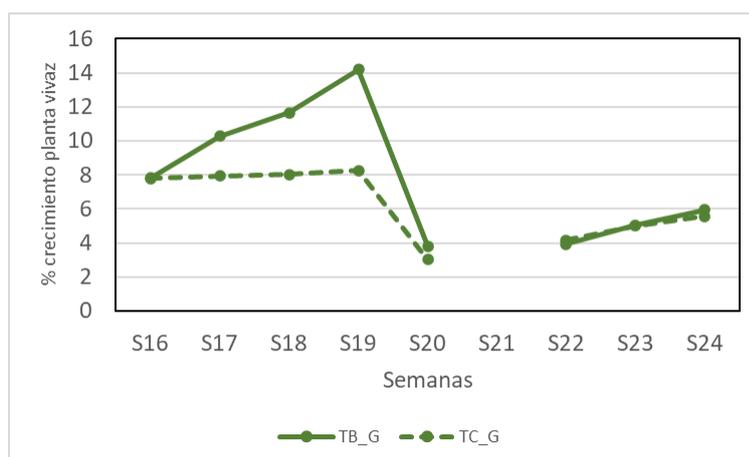


Figura 45. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH y coco con el sustrato Green de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre tejidos de sustento.

Evaluando ahora los no tejidos con sustrato “Red” (Figura 46), se concluye que, la tendencia de ambos cultivos es positiva siendo el % de crecimiento superior conforme el ensayo avanza. La tendencia de estos cultivos también ha sido similar entre ambos no tejidos, siendo ligeramente superior en el no tejido de CH durante el desarrollo del ensayo, aunque dicha tendencia finalizando de manera superior en el no tejido de coco.

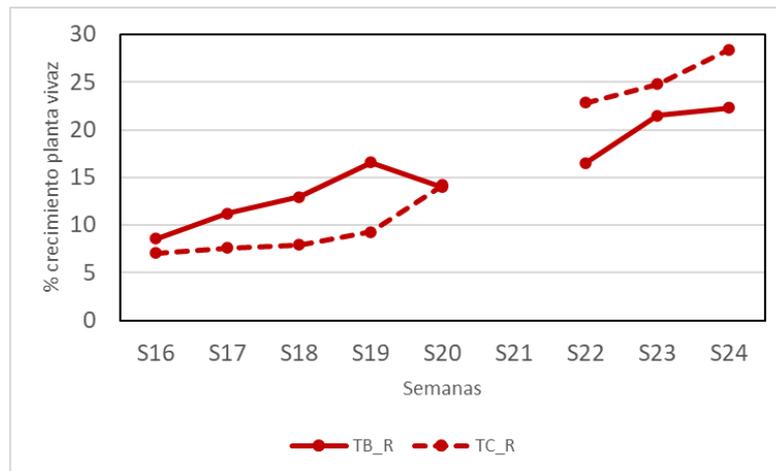


Figura 46. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH y coco con el sustrato Red de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre tejidos de sustento.

6. Análisis i valoración de las implicaciones económicas

6.1. Presupuesto

Partida de materiales i equipamientos

Tabla 7. Cálculos de los costes por partida de material y equipamiento

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
1		<i>Material de laboratorio</i>			557,78 €
1.1	u.	Vaso de precipitados	7,16 €/u.	10 u.	71,16 €
1.2	u.	Bolsitas para muestras	0,013 €/u.	30 u.	0,39 €
1.3	u.	Varilla de vidrio	1,96 €/u	4 u.	7.84€
1.4	u.	Gradillas	6,60 €/u	4 u.	26.4€
1.5	u.	Colador	6,99 €/u.	1 u.	6.99€
1.6	u.	Gafas de protección	8 €/u.	1 u.	8 €
1.7	u.	Guantes	1 €/u.	50 u.	50€
1.8	u.	Bata	10 €/u.	1 u.	10 €
1.9	u.	Pinzas	10 €/u.	1 u.	10 €
1.10	u.	Pipeta de 10 mL	20 €/u.	1 u.	20 €
1.11	u.	Pipeta de 20 mL	25 €/u.	1 u.	25 €
1.12	u.	Pipeta de 50 mL	30 €/u.	1 u.	30 €
1.13	u.	Papel indicador de pH	3 €/u.	1 u.	3 €
1.14	u.	Papel absorbente	1 €/u.	1 u.	1 €
1.15	u.	Sosa cáustica	50 €/u.	2 u.	100 €
1.16	u.	Ácido acético glacial	25 €/u.	1 u.	25 €
1.17	u.	Cinta adhesiva	1 €/u.	1 u.	1 €
1.17	u.	Boligrado permanente	3 €/u.	1 u.	3 €
1.18	u.	AUXICOL	10 €/u.	1 u.	10 €
1.19	u.	Agua oxigenada	25 €/u.	1 u.	25 €
1.20	u	Tijera de tejido	12 €/u.	2 u.	24 €
1.21	u	Tepes coco	30 €/u.	1 u.	30 €
1.22	u	Tepe cáñamo	10 €/u.	1 u.	10 €
1.23	u	Sustrato “Red”	20 €/u.	1 u.	20 €
1.24	u	Sustrato “Green”	20 €/u.	1 u.	20 €

2		<i>Alquiler/uso de equipamientos</i>			3.420,00 €
2.1	h	Linitest	20 €/h	100 h	2.000,00 €
2.2	h	Balanza de precisión	60 €/h	2 h	120,00 €
2.3	h.	Dinamómetro	76 €/h	10 h.	760,00 €
2.4	h	Microscópio optico	6 €/h	20 h	120,00 €
2.5	h	Punzonadora	100 €/h	2h	200,00 €
2.6	s	Vivero La Vinya	20 €/s	11 s	220,00 €

Nota: u.m. unidad de medida; s. Semana

Partida de ejecución por contrata

Tabla 8. Cálculo de los costes de ejecución por contrata

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
3		<i>Autor</i>			24.500,00 €
3.1	h	Investigación y formación	35 €/h	150 h	5.250,00 €
3.2	h	Elaboración de la parte experimental y análisis de resultados	35 €/h.	500 h	17.500,00 €
3.3	h	Redacción de la memoria	35 €/h.	50 h	1.750,00 €
4		<i>Colaborador</i>			600,00 €
4.1	h	Personal procedente de CORMA	10 €/h	60 h	600 €
5		<i>Tutor/a o director/a</i>			3.480,00 €
5.1	h	Tutorizar la faena	58 €/h	60 h	3.480,00€

Nota: u.m. unidad de medida

Presupuesto general

Tabla 9. Cálculo del presupuesto general

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
1		<i>Material de laboratorio</i>			557,78 €
2		<i>Alquiler/uso de equipamientos</i>			3.420,00 €
3		<i>Autor</i>			24.500,00 €
4		<i>Colaborador</i>			600,00 €
5		<i>Tutor/a o director/a</i>			3.480,00 €

El presupuesto total asciende a un total de **31.557,78€** (treinta y dos mil, quinientos cincuenta y siete euros con setenta y ocho céntimos)

7. Análisis y valoración de las implicaciones ambientales

7.1. Dimensión ambiental.

Los productos textiles derivados de polímero sintético tienen un impacto negativo en la salud y el entorno. En la medida de lo posible, la industria y especialmente la industria del textil se debe enfocar en la utilización de materias naturales como fuente de obtención de fibras con características textiles, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

Conociendo que los recursos son finitos, la tendencia nos lleva a valorizar subproductos naturales potencialmente comercializables, por lo que existe una necesidad real de transformación socio-económica. Así pues, la transformación de un subproducto como el derivado de la producción de maíz para uso alimenticio, en materia prima para la elaboración de otro producto, contribuye a desarrollar una sociedad basada en la economía circular (Figura 47).



Figura 47. Esquema del producto elaborado en el estudio y su contribución en la economía circular.

La materia prima utilizada es la cáscara de maíz, subproducto local lo que hace que el producto sea un considerado km0, hecho que beneficia tanto a los productores como a los consumidores ya que este tendrá un valor añadido de sostenibilidad al ser procedente de una agricultura europea con menor impacto ambiental que los no tejidos de coco comerciales

Otro impacto positivo del producto es su biodegradabilidad. En jardinería, uno de los principales materiales utilizados son las telas no tejidas. Actualmente están siendo utilizadas para la sustentación de suelos, como manta antihierba o en sacos/contenedores para substratos. Estas telas no tejidas, están elaboradas a partir de productos textiles derivados de polímero sintético y una vez su vida útil finaliza, estos son reemplazados por telas no tejidas siendo las anteriores consideradas un residuo y tratado como tal.

Las telas no tejidas elaboradas a partir de fibras extraídas de CH, una materia prima vegetal y por ende biodegradable son:

1. **Minimización del residuo.** Cuando su vida útil se acaba, estos no suponen un residuo como tal, sino que acaban siendo un subproducto con otro uso. Como, por ejemplo: Abono para los campos de conreo.
2. **Minimización del impacto medioambiental.** Se biodegradan y además durante ese proceso no suponen una problemática a nivel paisajístico.
3. **Menor impacto en los ecosistemas.** Su proceso de descomposición es mucho más rápido o los materiales pueden ser reciclados, sin ocasionar ningún efecto negativo en la flora y la fauna.

7.2. Dimensión social.

Dentro de este proyecto se ha trabajado con la colaboración de dos empresas cooperativas: La Cooperativa Agraria de Miralcamp, Lleida y la Cooperativa de productores de Plantas Ornamentales CORMA.

El hecho de trabajar de forma cooperativa tiene varias ventajas sociales destacadas:

- **Valores morales.** El trabajo colaborativo educa en valores de cooperación y generosidad, estableciendo intercambios en base a la confianza entre las partes.
- **Intercambio de información y conocimiento.** En el grupo colaborativo, el intercambio es constante de flujo de información que puede ser beneficiosa para el cómputo del grupo.
- **Innovación.** El trabajo en conjunto o en grupo fomenta la innovación y el progreso comunitario, contrariamente a un esquema más individualizado.
- **Viabilidad del proyecto.** En algunas ocasiones algunos proyectos muy interesantes y lucrativos son inviables para realizarlos de manera individual. También como se fomenta la reelaboración y el reenfoque a lo largo de la elaboración de la tarea o proyecto.
- **Fomento del sentimiento de unidad.** Dicho sentimiento es un beneficio muy valioso para cualquier grupo o sociedad. Este punto promueve todos los anteriores y a su vez todos los otros puntos sustentan este sentimiento.

7.3. Dimensión económica

Después de la tercera revolución industrial, se pasó de una pseudo economía circular donde el productor era manufacturero a pasar a generar productos de manera masiva. El afán por vender hacía que se impusieran conceptos como la obsolescencia programada, donde principalmente se elaboraban productos con una vida útil limitada, por tal de producir y vender cada vez más, dando lugar a la economía lineal (Figura 50).



Figura 48. Esquema de un proceso productivo de economía lineal

La necesidad social actual por dejar de lado la economía lineal viene dada como causa a que la durabilidad de este modelo es insostenible en el tiempo. Se ha visto que los recursos son limitados y que, en cada estadio de este modelo de economía lineal, se generan gases nocivos para nuestra salud y el planeta y se basa en la generación de productos a partir de recursos tan limitados como el petróleo.

Muchos expertos han dado con la posible solución a estos problemas, concepto nombrado: Decrecimiento. El cual se basa en dejar de lado la economía lineal para volver a adentrarse en una economía más acorde con la economía circular: Siendo más conscientes de la huella ecológica que cada persona tiene sobre el planeta. Donde, basarse en la reparación y reutilización, y que la creación de nuevos productos sea conociendo que estos puedan ser el fruto de otro nuevo: Valoración de los subproductos, dejando de considerarlos residuos.

7.3.1. Economía lineal

En cada una de estas etapas, aparte de generar residuos y contaminantes como el gas CO₂, estamos consumiendo recursos de una manera no sostenible en el tiempo. Ni el 50% de la cantidad de residuos que se genera en este modelo son reciclados

7.3.2. Productos biodegradables

Un gran problema son los residuos ya que se tienen que ubicar en plantas de tratamiento y los que después del tratamiento no se pueden gestionar de otra manera, acaban en depósitos controlados de residuos donde están inmovilizados en el mínimo contacto posible con el exterior para que no proliferen organismos que puedan generar contaminantes.

El consumo de productos que se degraden después de su uso y que no supongan un gran impacto al medioambiente, como los productos biodegradables hacen que el problema del almacenamiento inmenso de residuos que tenemos actualmente se minimice hasta su extinción.

Estos productos, tienen la capacidad de descomponerse de forma natural y ecológica en un plazo relativamente corto de tiempo: De este modo, no se contamina al medio ambiente o, incluso, se transforma en abono, aportando nutrientes a la tierra.

Otros beneficios pueden ser:

- Estos productos pueden ser más beneficiosos para la salud ya que suelen estar elaborados de manera más natural y con menos alérgenos.
- No deterioran el entorno, ya que no implican un impacto paisajístico en bosques, mares, playas, etc...
- No contaminan el suelo y las aguas ya que desaparecen sin dejar residuo tóxico.
- No saturan los vertederos
- Sirven de alimento para el planeta: Abono
- Pueden ser más económicos ya que se obtienen a través de subproducto.

De esta manera, la creación de un producto biodegradable y valorado a través de un subproducto como el *Corn Husk*, puede ayudar la contribución de la sociedad dentro de este proceso de adentrarnos en una sociedad más consciente, más sostenible y responsable.

7.4. Evaluación global y propuestas

De manera global la solución propuesta se trata de un producto viable y con potencial para ser utilizado como un agrotexil.

La producción de manera industrial resultará en un rendimiento del proceso más elevado y en una disminución sustancial del impacto negativo que el proceso pueda tener.

La tela no tejida 100% fibra de CH se elabora a partir de un sistema parecido al *Air-laid*⁸[8], donde finalmente se obtiene una tela no tejida unida mecánicamente y pensada para productos de jardinería como semilleros, terrarios, techos verdes y/o tepes para cultivos.

El tepe de CH tiene las propiedades mecánicas y de enraizamiento adecuadas, para no afectar a las propiedades de biodegradabilidad del producto y la elasticidad del conjunto.

⁸ Tecnología textil para la obtención de telas no tejidas. El proceso *Airlaid* utiliza la vía aérea para el transporte de la materia hasta la formación del velo.

Los beneficios de utilizar materia prima vegetal y por ende biodegradable son:

1. Minimización del residuo. Cuando su vida útil se acaba, estos no suponen un residuo como tal, sino que acaban siendo un subproducto con otro uso.
2. Minimización del impacto medioambiental. Se biodegradan y además durante ese proceso no suponen una problemática a nivel paisajístico.
3. Menor impacto en los ecosistemas. Su proceso de descomposición es mucho más rápido o los materiales pueden ser reciclados, sin ocasionar ningún efecto negativo en la flora y la fauna.

Aportación económica para el sector. La revalorización de un subproducto supone una nueva oportunidad económica para el sector agrícola, que por otra parte es vulnerable a condiciones externas al mismo

8. Conclusiones y posibilidad de aplicación práctica

Se concluye que la fibra extraída por el proceso diseñado es una fibra apta para su uso en el ámbito textil ya que tiene características similares en dimensiones y morfología a otras fibras de origen vegetal, que se comercializan actualmente.

Los ensayos han mostrado que el no tejido elaborado a partir de la imitación del sistema *Air Laid*, es una alternativa viable ya que los resultados respecto a propiedades mecánicas son comparables a los no tejidos comerciales de fibra de coco y cáñamo. El sistema manual mejora sustancialmente las propiedades del no tejido ya que la no orientación de las fibras mejora la homogeneidad del conjunto, aportando unas características mecánicas similares en ambos sentidos del no tejido.

Se establece que la fibra de CH es apta para la elaboración de no tejidos destinados a aplicaciones en jardinería, ya que comparte características similares con un no tejido ya utilizado en este sector, los no tejidos de fibra de coco.

Pese a las diferencias en el proceso de obtención de los tepes de CH y de coco podemos discurrir que los resultados en los ensayos han resultado satisfactorios y que procesos más sofisticados de creación de los no tejidos de CH producirán una mejora sustancial en el producto final.

Por otra parte, al ser un producto biodegradable y estar elaborado a partir de un subproducto se concluye que este no tejido puede ser considerado un producto revalorizado en el ámbito de los cultivos. La biodegradabilidad del producto junto con un pH neutro fomenta el enraizamiento de los cultivos sin dañar el suelo, degradándose hasta formar parte del substrato y aportando nutrientes al subsuelo.

El no tejido elaborado de CH, puede ser un sustitutivo de los no tejidos de coco, agrotexiles destinados a la sustentación de taludes, bases para terrarios y techos verdes.

Los tepes ofrecen múltiples ventajas durante la plantación, y en este caso se ha conseguido un producto con características muy similares a los ya existentes en el mercado, con la ventaja de ser producto local derivado de un subproducto agrícola actualmente sin valor de mercado. Las características más destacables del tepe de CH son:

- Se trata de un **producto ecológico y sostenible**. Su extracción y posterior eliminación no conlleva impacto medioambiental negativo.
- Los beneficios que nos aporta el tepe elaborado de CH en comparación al de coco es, a parte de la valoración de un subproducto, la utilización de **materia prima de proximidad**.
- Con el CH colaboramos con el consumo de Km0, fomentando la **trazabilidad del proceso** permitiendo un ahorro de costes de producción, ya que la contención de costes de producción y los menores costes de transporte tienen una incidencia directa en el precio, aparte de mejorar la sostenibilidad de los procesos productivos minimizando el impacto medioambiental.

Las pruebas de vivero que tenían como objetivo la determinación del desarrollo de tepes de cultivo de planta vivaz adaptadas al clima mediterráneo ha dado como resultado un crecimiento uniforme y satisfactorio de dicho plantel en los soportes tanto de coco como en los soportes elaborados en el proyecto (soportes de CH).

La tasa de arraigado del cultivo y el % de crecimiento del área foliar de la planta *Vinca Major* en los soportes ha mostrado que el agrotexil 100% de CH elaborado en el proyecto es in producto conta alta biodegradabilidad y que su pH fomenta el correcto crecimiento y enraizamiento de los cultivos sin dañar el suelo y aportando nutrientes.

El agrotexil de CH es un producto apto para ser un agrotexil de uso comercial, pero no es un producto óptimo para la aplicación de tepes para cultivo. Debido a que, uno de los requisitos indispensables es que el producto se pueda manipular para el traslado de este hacia la ubicación final y el soporte de CH se degrada durante el proceso imposibilitando el traslado y manipulación de este. Por ello, se propone para futuros estudios incrementar la resistencia de la fibra, a través de una extracción menos agresiva, incrementar la resistencia del no-tejido apostando por aumentar el gramaje del mismo e investigar otras especies de plantas más adecuadas para este agrotexil como por ejemplo planta sedum, las cuales poseen raíces en forma radicular: Raíces muy superficiales, un requisito clave para esta aplicación teniendo en cuenta la poca profundidad de la capa de sustrato. Las plantas tipo sedum son muy adaptables y resistentes debido a la versatilidad de su sistema metabólico son idóneos para condiciones extremas.

9. Planificación y programación del trabajo futuro propuesto

9.1. Propuesta del trabajo futuro: Continuación del trabajo actual

Se propone la continuación del proyecto variando la variedad de planta vivaz utilizada en el apartado de pruebas de vivero por alguna variedad de planta tipo sedum.

Ya que los resultados respecto a la comparación de sustratos han revelado que el sustrato denominado “Red” referente a Boix Sustrato Plantas exterior ha dado mejores resultados, se suprime el otro sustrato utilizando únicamente el sustrato Red.

Para asegurar la correcta humectabilidad del tepe para facilitar el crecimiento del plantel de sedum se ubicarán las muestras de tepe directamente sobre el suelo del vivero retirando la manta antihierba usada en este estudio.

9.2. Presupuesto de la propuesta

Ya que el trabajo propuesto es una continuación del estudio realizado a los costes actuales de este estudio (31.957,78€) se le deberán añadir:

Partida de materiales i equipamientos

Tabla 10. Cálculo de los costes por partida y equipamiento de la propuesta

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
1		<i>Material de laboratorio</i>			<i>1.040,00 €</i>
1.1	u	Sustrato “Red”	20 €/u.	2 u.	40 €
1.2	u	Variedad sedum	10 €/u.	100 u.	1000 €
2		<i>Alquiler/uso de equipamientos</i>			<i>220,00 €</i>
2.1	s	Vivero La Vinya	20 €/s	11 s	220,00 €

Nota: u.m. unidad de medida; s. Semana

Partida de ejecución por contrata

Tabla 11. Cálculo de los costes de ejecución por contrata de la propuesta

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
3		<i>Autor</i>			<i>7.000,00 €</i>
3.1	h	Investigación y formación	35 €/h	50 h	1.750,00 €
3.2	h	Elaboración de la parte experimental y análisis de resultados	35 €/h.	100 h	3.500,00 €
3.3	h	Redacción de la memoria	35 €/h.	50 h	1.750,00 €
4		<i>Colaborador</i>			<i>600,00 €</i>
4.1	h	Personal procedente de CORMA	10 €/h	60 h	600 €
5		<i>Tutor/a o director/a</i>			<i>1.160,00 €</i>
5.1	h	Tutorizar la faena	58 €/h	20 h	1.160,00€

Nota: u.m. unidad de medida

Presupuesto general

Tabla 12. Cálculo del presupuesto general de la propuesta

Ref.	u.m.	Descripción	Precio	Medida	Importe
1		<i>Material de laboratorio</i>			<i>1.040,00 €</i>
2		<i>Alquiler/uso de equipamientos</i>			<i>220,00 €</i>
3		<i>Autor</i>			<i>7.000,00 €</i>
4		<i>Colaborador</i>			<i>600,00 €</i>
5		<i>Tutor/a o director/a</i>			<i>1.160,00 €</i>

El presupuesto asciende a un total de **10.020€** (diez mil veinte euros) a añadir al presupuesto general del proyecto

10. Bibliografía

- [1] N. REDDY, Y. YANG. *Natural Cellulose Fibers from Corn Stover*. Capítol del llibre N. Reddy, Y. Yang. *Innovative Biofibers from Renewable Resources*, Ed. Springer, 2015.
- [2] Agencia residus de Catalunya (2016). Guia pràctica per al disseny i explotació de plantes de compostatge. Available at: http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/instalacions/GuiaPC_web_CA.pdf
- [3] MONESMA BALASCH, M (2019) *Estudi de desenvolupament de fils basats en fibres provinents de subproductes agrícoles*. (TFG) UPC, Terrassa
- [4] DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, PESCA I ALIMENTACIÓ, GENERALITAT DE CATALUNYA. *Superfícies, rendiments i produccions provincials dels conreus agrícoles. Catalunya 2017*. Estadístiques definitives de conreus. 13 de Junio de 2018. Disponible en: <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/agricultura/estadistiques-definitives-conreus/index.html>
- [5] Logrotex No-tejidos. Agrotexiles. Aplicaciones. Disponible en: <http://www.logrotex.com/productos/agrotexil/aplicaciones>
- [6] Zulueta cubiertas vegetales. *Todo lo que hay que saber para que colocar un tepe sea un éxito*. Available at: <https://www.zulueta.com/productos/tepes/>
- [7] Zulueta cubiertas vegetales. *Tepes, recomendaciones de uso: Dossier técnico*. Available at: <https://www.zulueta.com/areatecnica/>
- [8] CANO CASAS, FRANCESC. *Principios básicos del proceso textil de no-tejido punzonados*. Available at: https://atenea.upc.edu/pluginfile.php/2991793/mod_resource/content/1/Presentacio_noteixits.pdf
- [9] FAOSTAT. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Datos de cultivos, 2018*. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- [10] ASTM D3822M – 14. Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers.
- [11] UNE-EN ISO 9073-18:2008. Determinación de la resistencia y el alargamiento a la rotura de materiales no tejidos mediante el ensayo de tracción por agarre.

- [12] ASTM D2402-01. Standard Test Method for Water Retention of Textile Fiber (Centrifuge Procedure).
- [13] DATOS AEMET- OPEN DATA / TEMPERATURA. DATOS DE TEMPERATURA POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA. *Barcelona: Arenys de Mar*. Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Meteostation.php>
- [14] DATOS AEMET- OPEN DATA / PRECIPITACIÓN. DATOS DE TEMPERATURA POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA. *Barcelona: Arenys de Mar*. Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Lluviasol.php>

Índice de figura

Figura 1. Planta del maíz.....	20
Figura 2. Esquema del proceso de compostaje [2].....	20
Figura 3. Agrotexil estabilizando un talud.	22
Figura 4. Agrotexil controlando la erosión medioambiental	22
Figura 5. Agrotexil actuando como anti-hierva.....	22
Figura 6. Agrotexil actuando como lona de compostaje.	23
Figura 7. Agrotexil empleado como manta de riego orgánica.....	23
Figura 8. Agrotexil en cubiertas ajardinadas o jardines verticales.	23
Figura 9. Esquema de un tepe de cultivo.....	24
Figura 10. Tepes de césped natural de la empresa Zulueta.....	24
Figura 11. Ejemplo de crecimiento irregular del césped y de la habitual aparición de calvas.....	25
Figura 12. Extracción y almacenamiento de los tepes.....	25
Figura 13. Alineación de los tepes a la hora de su instalación	26
Figura 14. Ejemplo de diferentes plantas tipo sedum. Variedad Stonecrop.	27
Figura 15. Placa calefactora del equipo Linitest de laboratorio	31
Figura 16. Reactor del equipo Linitest de laboratorio.....	31
Figura 17. Molde de fabricación propia.....	32
Figura 18 a y 18 b. Residuos agrícolas de la planta de maíz	33
Figura 19 a y 19 b. Residuos agrícolas de la planta de maíz extendidos para su completo secado	34
Figura 20. Ventana de papel donde se coloca la fibra a ensayar	38
Figura 21. Disposición de muestras en el vivero.....	45
Figura 22. Planta Vinca Major, también llamada hierva doncella.	45
Figura 23. Disposición de los 3 planteles de Vinca Major en tepe de CH	46
Figura 24. Disposición de los sustratos en los tepes de coco antes de su plantación	47
Figura 25. Disposición de los planteles de Vinca Major sobre los tepes	48
Figura 26. Imagen de tepe de coco procesada con el programa Image J, dónde se selecciona en color amarillo la cobertura de cada planta	49
Figura 27. Desarrollo de las raíces en una muestra de coco.....	50
Figura 28. Disposición de las muestras en el vivero.	50
Figura 29. Grafico donde se representan los % de cada una de las partes que componen la planta de maíz.....	51
Figura 30. Grafico donde se representan los % de la panocha de la planta de maíz	51
Figura 31. Grafico donde se representan los % del fruto de la planta de maíz	52
Figura 32. Histograma referente a la longitud de la fibra de CH, de una muestra de 23 fibras.....	53
Figura 33. Resistencia a la tracción. Efecto del punzonado simple (CH-PS) y doble (CH-PD) en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).	55
Figura 34. Resistencia al alargamiento. Efecto del punzonado simple (CH-PS) y doble (CH-PD) en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).	55

<i>Figura 35. Resistencia a la tracción. Comparativa entre diferente materias, coco, cáñamo y cáscara de maíz en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).</i>	56
<i>Figura 36. Resistencia al alargamiento. Comparativa entre diferente materia, coco, cáñamo y cáscara de maíz en dirección transversal (DT) y dirección máquina (DM).</i>	57
<i>Figura 37. Valor de retención de agua (WRV). Comparativa entre diferente materia, coco, cáñamo y cáscara de maíz</i>	57
<i>Figura 38. Hierva adventicia en un tepe de coco.</i>	58
<i>Figura 39. Arraigo de las raíces del plantel atravesando el tepe de coco</i>	59
<i>Figura 40. Colonización del plantel de Vinca Major en el soporte de CH</i>	60
<i>Figura 41. Colonización del plantel de Vinca Major en el soporte comercial de coco.</i>	60
<i>Figura 42. Plantel de vinca seco en un tepe de CH</i>	60
<i>Figura 43. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre sustratos.</i>	61
<i>Figura 44. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de coco de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre sustratos.</i>	61
<i>Figura 45. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH y coco con el sustrato Green de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre tejidos de sustento.</i>	62
<i>Figura 46. Evolución en el crecimiento del área foliar (%) de los tepes de CH y coco con el sustrato Red de la semana 16 a la semana 24: Comparación entre tejidos de sustento.</i>	63
<i>Figura 47. Esquema del producto elaborado en el estudio y su contribución en la economía circular.</i>	67
<i>Figura 48. Esquema de un proceso productivo de economía lineal.</i>	69

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Clasificación de las fibras naturales según procedencia</i>	17
<i>Tabla 2. Composición morfológica del CH.</i>	21
<i>Tabla 3. Funciones que ofrecen los agrotexiles en jardinería</i>	22
<i>Tabla 4. Valores promedio y desviación de las características de las fibras de CH</i>	53
<i>Tabla 5. Valores promedio y desviación de las características de las fibras de CH ofrecidos por las pruebas dinamométricas.</i>	54
<i>Tabla 6. Caracterización final de la fibra extraída.</i>	54
<i>Tabla 7. Cálculos de los costes por partida de material y equipamiento</i>	65
<i>Tabla 8. Cálculo de los costes de ejecución por contrata</i>	66
<i>Tabla 9. Cálculo del presupuesto general</i>	66
<i>Tabla 10. Cálculo de los costes por partida y equipamiento de la propuesta</i>	75
<i>Tabla 11. Cálculo de los costes de ejecución por contrata de la propuesta</i>	76
<i>Tabla 12. Cálculo del presupuesto general de la propuesta</i>	76