

# MICOTECTURA: LA VERDADERA FUERZA DE LOS MATERIALES ECO



## **AUTORES:**

Florencia Isabel Balmelli Rivero: 48114677-B

Pablo Araújo Rodríguez: 48117768-C

**PROFESORA COORDINADORA:** María Begoña Torreiro Anta: DNI: 32785266P

**CENTRO:** IES AGRA DO ORZÁN - A CORUÑA



## ÍNDICE

<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>2. ANTECEDENTES/ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	3
<b>3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	4
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	5
<b>5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, DECISIÓN Y VALORACIÓN DE ESTOS</b>	9
<b>6. CONCLUSIONES</b>	10
<b>7. AGRADECIMIENTOS</b>	11
<b>WEBGRAFÍA</b>	12
<b>ANEXOS: Carteles para la exposición</b>	13



## ABSTRACT

Hoy en día somos muy conscientes de los grandes problemas medioambientales y de las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera así como de la necesidad de reducir el impacto del efecto invernadero. Éramos conocedores de la gran emisión de estos gases en los procesos de fabricación de materiales de construcción, por lo que nuestra curiosidad nos llevó a investigar el uso de nuevos materiales con componentes naturales. Hemos llegado a la **Micotectura**, que es un tipo de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades del **micelio de los hongos** en las construcciones sostenibles y de bajo coste. En este trabajo intentamos crear nuestros propios bloques, ladrillos, hechos con raíces de hongos.

Hemos utilizado moldes, reutilizando envases de leche, para dar forma a nuestras baldosas, y mezclando micelio para su acabado con diferentes tipos de serrín hemos creado nuestros primeros bloques. Durante el proceso de cultivo tuvimos varios problemas, como la falta de consistencia de los ladrillos, la contaminación de los ejemplares o la muerte de los mismos, haciendo inútiles algunos moldes. Intentamos resolver la consistencia utilizando cera natural, pero no pudimos hacerlos lo suficientemente duros.

Por último, y gracias a la profesora Gemma Rojo Pérez del CITEEC, realizamos ensayos para comparar la resistencia de nuestro material sostenible con un ladrillo convencional. Las pruebas se hicieron en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Caminos donde María Recarey Buño fue la profesora de prácticas y también nos acompañaron los profesores Diego Carro López y Víctor Barrientos Rodríguez. La experiencia fue muy positiva porque pudimos comprobar la resistencia de nuestro material.



# 1. INTRODUCCIÓN

La construcción es un campo esencial dentro del mundo de la ingeniería y los materiales utilizados son también una parte importante. Para construir los edificios podemos ver que se utilizan materiales como la arcilla y el hormigón, así como los ignífugos y el vidrio por sus características y resistencia. De aquí surge la pregunta con la que nació nuestro reto:

**¿Podemos crear una casa con materiales totalmente alternativos y ecológicos?**

La Micotectura es un tipo de arquitectura viva que aprovecha las posibilidades del micelio de los hongos en construcciones sostenibles y de bajo coste (INARCHY: MICOTECTURA). Los hongos son uno de los seres más complejos y desconocidos de nuestro planeta, vamos a intentar utilizarlos para la fabricación de ladrillos. La verdadera esencia de este trabajo es investigar esta cuestión:

**¿Es realmente posible técnicamente construir una casa con Micelio?**

# 2. ANTECEDENTES/ESTADO DE LA CUESTIÓN

En la Tabla. 1 pueden verse las características de los ladrillos de arcilla frente a los de Micelio.

<p><b>LADRILLO DE ARCILLA</b></p> <p>(Bloques y Ladrillos, 2013)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Para la construcción de un 1kg de ladrillos de arcilla se requiere consumir:</li> <li><b>3'56 Mega Julios</b> de energía, gastar <b>1'89 l de agua</b>, y emitir <b>270 gr de CO<sub>2</sub></b> (una bolsa de plástico emite 10g de este gas).</li> <li>→ La resistencia a un esfuerzo compresivo no debe ser inferior a 3,5 N / mm<sup>2</sup>.</li> <li>→ Baja conductividad térmica.</li> <li>→ Los ladrillos más pesados son malos aislantes del sonido, mientras que los ladrillos ligeros y huecos proporcionan un buen aislamiento acústico.</li> <li>→ La resistencia al fuego es buena.</li> </ul>
--	---

**LADRILLO DE MICELIO  
(raíces de hongo  
mezclado con serrín)**

- Es un material renovable que presenta propiedades acústicas y térmicas competitivas con otros materiales sintéticos tradicionales.
- La absorción acústica es inherente a la baja frecuencia (<1500 Ghz)
- La conductividad térmica es de 0,04 - 0,08 w/m\*k

Tabla 1. Ladrillos de arcilla Vs Micelio

### 3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La fabricación de ladrillos de arcilla contamina mucho pues se fabrican usando un método llamado combustión, en el que se emplea calor en forma de fuego, con lo que se produce mucho CO<sub>2</sub> y se gasta también mucha agua (RSS). El CO<sub>2</sub> es uno de los gases del *Efecto Invernadero*, y por lo tanto contribuye al cambio climático y al calentamiento global.

Encontramos muchas ideas de cómo hacer ladrillos más comprometidos con el planeta, y así poder convivir en paz con él. Una de las ideas que más nos llamó la atención fue un Trabajo de Fin de Grado (TFG) de la Universidad Politécnica de Madrid (*Bio Fabricación*), "*Micelio como material de construcción: biocomposite en substratos lignocelulósicos*" que trataba la posibilidad de emplear el Micelio en la construcción.

Lo primero que hicimos fue buscar en qué consiste el Micelio y cómo lo podemos conseguir:

- **¿Qué es el *Mycelium*?**: El Micelio son "raíces" de hongo, por donde recoge minerales y sustancias que necesita para crecer. Por lo tanto no necesitamos de los hongos sino solo lo que está enterrado debajo de ellos. (PEVGROW).
- **¿Cómo podríamos conseguirlo?**: Para esta fase contábamos con dos opciones. Una era recogerlo del campo, opción no muy viable pues no sabemos su medida ya que hay aproximadamente una media de 200 m de Micelio por gramo de suelo. También pensamos en plantarlos a partir de las esporas de los hongos, pero la germinación sería muy costosa además de que también tardaríamos demasiado tiempo. Al final, encontramos una empresa que se dedica a las setas y optamos por comprarlo por Internet. (*La casa de las setas*).



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### MATERIALES EMPLEADOS

- Micelio del hongo *Pleurotus Ostreatus*
- Bricks de leche
- Vasos de plástico
- Serrín de diferente tamaño
- Agua
- Mascarillas e hidrogel
- Secador de alimentos



### EXPERIMENTACIÓN

Una vez bien informados y con los materiales necesarios nos pusimos manos a la obra.

Nuestro plan era poner una capa de serrín, otra de Micelio y agua en pequeños moldes, como un vaso de precipitados. Repetimos este proceso hasta llenar el vaso.

Teníamos tres tipos de serrín de diferentes tamaños, desde uno que parece polvo hasta fibras de madera relativamente largas (Eco inventos).



No podíamos olvidar que la plantación podía contaminarse fácilmente. Por lo tanto empleamos mascarillas FFP2 y desinfectamos bien las manos todo el tiempo que manipulamos los especímenes.

Los pusimos en una caja de plástico, para evitar la máxima contaminación posible, pero con una ranura para que pudieran ventilar y respirar.



Ahora tendríamos que esperar a que crecieran. Algunos días los regamos para ver si les ayudaba. Lo que no pensábamos era que nos llevaría tanto tiempo. Contamos un par de semanas para este punto, pero después de un mes, el micelio seguía creciendo.

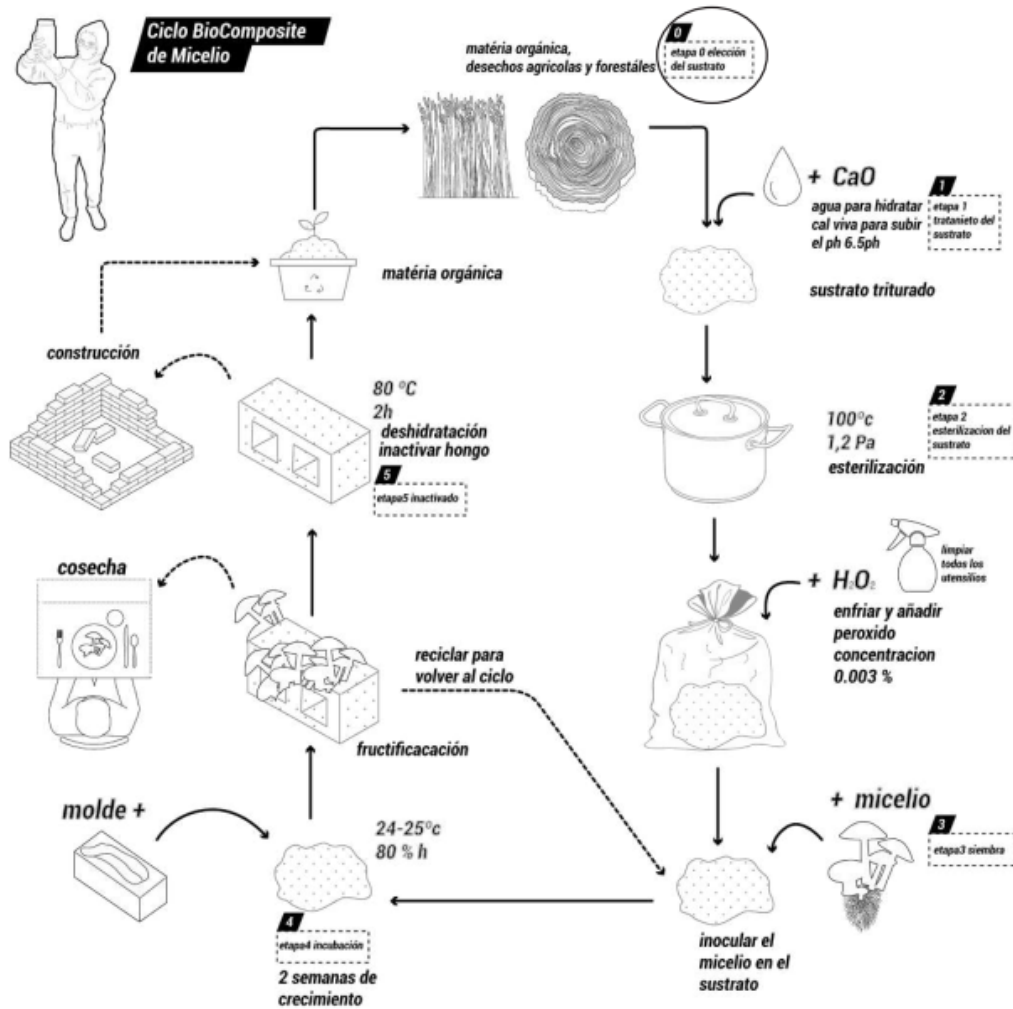
Mientras tanto, seguimos pensando en ideas:

1. En el laboratorio de física podríamos probarlas y compararlas con los ladrillos normales, para ver si es cierto que son más resistentes.
2. Para secarlos y hacer que dejen de crecer, necesitábamos una fuente de calor, con la que teníamos problemas. Utilizamos un deshidratador de cocina.



En esta foto podemos ver lo que parece un hongo, ¿es así? Lo dejamos esperando a ver si adquiere consistencia.

Para realizar este proceso nos inspiramos en la propuesta de Ignacio Fuentes-Cantillana Monereo en su Trabajo de Final de Grado “Bio fabricación. Micelio como material de construcción: Biocomposite en sustratos lignocelulósicos” (Fuentes-Cantillana, 2020).



### PRUEBAS DE RESISTENCIA EN EL CITEEC

Para completar el trabajo, nos pusimos en contacto con Gemma Rojo Pérez para poder hacer algún ensayo en los Laboratorios del CITEEC y poder evaluar la resistencia a la compresión de nuestros ladrillos. Como referencia, también utilizamos un ladrillo convencional que pusimos a prueba haciendo que soportara hasta una tonelada de peso, presión con la que cedió y rompió. El aparato que utilizamos, un puente de roturas para ensayar con vigas, es capaz de ejercer hasta 15 toneladas de presión.





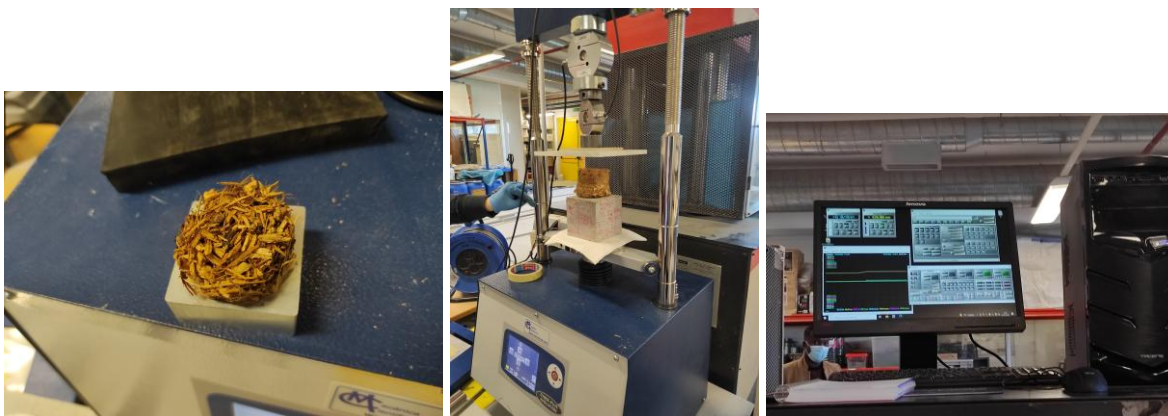
Después de romper una pequeña muestra de ladrillo en una máquina de *Ensayo Universal*, con una fuerza de 10KN, comenzamos el ensayo con el Micelio.

Los ensayos que hicimos con nuestros ladrillos de Micelio fueron tres. De cada pieza tomamos sus dimensiones y medimos la fuerza que soportaba en la máquina de *Universal* para poder calcular la resistencia a la compresión, empleando la fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

- La primera muestra tenía unas dimensiones de 26,5 x 26,4 x 8,5 mm y soportó 5,7 N de fuerza. La resistencia a la compresión fue de 8,18 MPa
- La segunda era circular, con 46 mm de diámetro y soportó 9,8 N. La resistencia a la compresión fue de 5,89 MPa.
- La última era más grande, de 77mm de diámetro y soportó 7 KN. La resistencia a la compresión fue de 1,5 MPa.

En la visita nos explicaron que en el método de trabajo, en ocasiones el problema es cómo interpretar los resultados. Ellos trabajan usando una fórmula menor, para decir que un objeto soporta X presión, por cada mm<sup>2</sup>, y así poder ensayar con muestras más pequeñas. Nos gustó mucho trabajar en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior Técnica de Caminos, Canales y Puertos de la UDC con la profesora responsable del taller María José Recarey Buño y los profesores Diego Carro López y Víctor Barrientos Rodríguez.



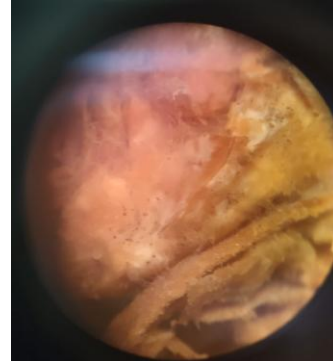
## 5. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, DECISIÓN Y VALORACIÓN DE ESTOS

Durante el proceso de trabajo, nos encontramos con las siguientes dificultades:

- Nada más empezar y usar los vasos blancos, nos dimos cuenta de que el Micelio crece desde el centro del envase hacia fuera y de abajo hacia arriba, por lo que no podíamos apreciar con exactitud la evolución del hongo. Como solución, decidimos utilizar tarros más grandes, de un litro, y transparentes que luego nos servirían como bloques para las pruebas de resistencia.
- Otros problemas que tuvimos fueron las infecciones por otros hongos en los mohos. Por desgracia, tuvimos que descartar estos ladrillos porque el Micelio estaba debilitado. Sin embargo, todavía conseguimos suficientes moldes para secarlos y conseguir ladrillos con los que hacer las pruebas de resistencia.
- Una vez que el Micelio ha crecido, debemos cocinarlo a una temperatura de entre 70 y 90 grados. Cuanto más cerca esté la temperatura de los 90, mejor. Esto es para que el Micelio deje de crecer y no salgan setas del ladrillo.
- Intentamos hacerlo con el horno de nuestras casas, pero no funcionó. Los probamos en moldes con ollas pequeñas. Se desmenuzaba nada más sacarlo del molde. Por último, utilizamos un deshidratador para el secado. Comprobamos que tampoco era muy eficaz pues no adelantamos el proceso de secado. Para resolver el problema de la consistencia, decidimos utilizar cera natural, que aplicamos a la superficie de los moldes. Al aplicarla en caliente no pudimos extenderla bien.



Observamos el crecimiento de los hongos en el microscopio:



- En los ensayos de resistencia a la compresión hechos en el Laboratorio de Materiales llegamos a obtener un esfuerzo a la compresión entre 8,18 MPa y 1,5 MPa. En la Tabla 1, donde se recogen las características de los ladrillos de arcilla, se indica que deben tener una resistencia a la compresión no inferior a 3,5 MPa. Por lo tanto nuestros ladrillos cumplían este requisito.

## 6. CONCLUSIONES

A nuestra pregunta,

### ***¿Realmente es técnicamente viable construir una casa con Micelio?***

Concluimos que encontramos muchas dificultades técnicas como, por ejemplo, que no podemos adelantarnos a la naturaleza: el Micelio es un ser vivo que necesita un tiempo para crecer. Por otro lado, no conseguimos ladrillos muy compactos ya que seguramente necesitábamos añadir algún aglutinante natural en el proceso.

Además podemos sacar otras conclusiones, como:

1. El trabajo en equipo no siempre es fácil, incluso siendo dos. Eso no es ningún impedimento para pasarlo bien, ya que trabajar en equipo siempre es mejor que trabajar por separado.
2. Podemos aprovechar lo que se nos daba mejor a cada uno, como investigar o redactar, por ejemplo, y así poder explotar nuestros puntos fuertes.



3. La importancia de un profe que nos ayude cuando no teníamos idea de cómo seguir y veíamos que el tiempo se nos echaba encima: Begoña, nuestra tutora del proyecto, siempre tenía una idea y una solución.
4. También aprendimos a organizar mejor el tiempo, para así no estar las últimas semanas tan estresados, aunque no siempre pudimos planificar todo.

Nuestros objetivos siguen siendo los mismos, ya que tenemos una pregunta clara:

**¿Podríamos vivir en paz con la naturaleza?**

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Nuestro agradecimiento al Ayuntamiento de A Coruña que desde el Servicio de Educación en colaboración con los Museos Científicos organizó esta I edición del Programa IMAXINA. La profesora del CITECC Gemma Rojo Pérez y Diego Carro López, Víctor Barrientos Rodríguez y Maria Recarey Buño profesores de la Facultad de Caminos que nos ayudaron a hacer los ensayos de esfuerzo. A las profesoras del STEM, por proponernos este proyecto, y guiarnos cuando lo necesitamos. A Ignacio Delgado y a Patricia Barciela por ofrecernos su ayuda en la jornada de formación en la Domus. No podemos olvidar el agradecimiento a nuestro instituto, IES Agra do Orzán, por apoyar las iniciativas que promueven nuestra inquietud científica.



## WEBGRAFÍA

Bloques y Ladrillos. 2013. <http://bloque4y5.blogspot.com/2013/03/bloques-y-ladrillos.html>  
Consultado el 9 de febrero de 2022

Eco inventos. <https://ecoinventos.com/micologo-patenta-ladrillo-de-hongos/>  
Consultado el 9 de febrero de 2022

Fuentes-Cantillana Monereo, Ignacio (2020) <https://oa.upm.es/63507/> Consultado el  
9 de febrero de 2022

INARQUIA: MICOTECTURA

<https://inarquia.es/micotectura-uso-posibilidades-micelio-hongos-arquitectura/> Consultado o  
9 de febrero de 2022

La casa de las setas. <https://lacasadelasetas.com/es/120-micelio-inoculo-esporas?page=2>  
Consultado el 9 de febrero do 2022

PEVGROW ¿Qué es el Micelio? <https://pevgrow.com/blog/que-es-el-micelio/> Consultado el  
9 el febrero de 2022

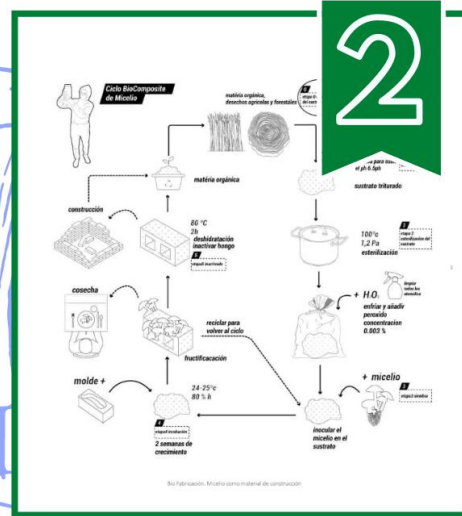
Punto Sustentable. [https://puntosustentable.com/2019/02/06/micelio-el-material-de-  
construccion-a-base-de-hongos/](https://puntosustentable.com/2019/02/06/micelio-el-material-de-construccion-a-base-de-hongos/) Consultado el 9 de febrero de 2022

RSS. Responsabilidad Social Empresarial y Sostenibilidad. “La huella de carbono de la vida cotidiana” <https://www.responsabil> Consultado el 9 de febrero de 2022

**ANEXOS:** Carteles para la exposición



# ¿PODEMOS CONSTRUIR UNA CASA 100% ECOLÓGICA?



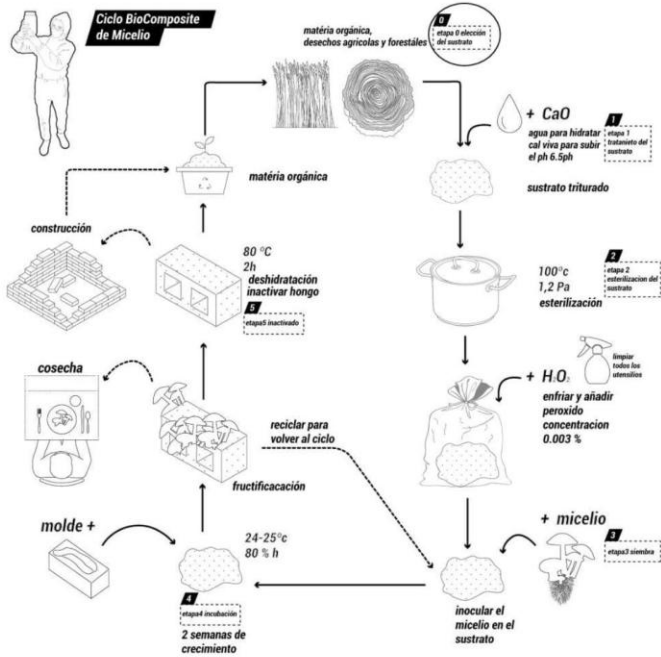
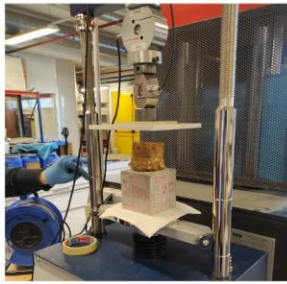
**MATERIALES EMPLEADOS**

- Micelio del hongo *Pleurotus Ostreatus*
- Bricks
- Vasos de plástico
- Serrín
- Agua
- Mascarillas
- Disecador de alimentos




# MICOTECTURA

Ensayos de resistencia  
Taller de Materiales  
CITEEC



## INSPIRACIÓN PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MICELIO

Bio fabricación. Micelio como material de construcción:  
"Biocomposite en sustratos lignocelulósicos"  
por Ignacio Fuentes-Cantillana Monereo