



Sánchez Díaz, Macarena

# Desarrollo de materiales biodegradables a partir de biomasa integral de hongos filamentosos



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.  
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

*Cita recomendada:*

Sánchez Díaz, M. (2026). *Desarrollo de materiales biodegradables a partir de biomasa integral de hongos filamentosos. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/6209>*

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

## **Desarrollo de materiales biodegradables a partir de biomasa integral de hongos filamentosos**

**TESIS DOCTORAL**

**Macarena Sánchez Díaz**

macasanchezdiaz@gmail.com

### **Resumen**

La búsqueda de alternativas sostenibles y biodegradables a los plásticos tradicionales se ha convertido en una prioridad a nivel científico y tecnológico. Frente a este escenario, los hongos filamentosos se perfilan como un recurso prometedor para el desarrollo de materiales biobasados, dado a su rápido crecimiento, capacidad de adaptación, y a la composición de su micelio. Esta tesis doctoral busca aportar al campo del desarrollo de materiales fúngicos mediante un abordaje integral que combina la obtención de películas de micelio (PM) y materiales de micelio puro (MMP), con la evaluación de su biodegradabilidad y potencial aprovechamiento de residuos agroindustriales.

En una primera etapa se realizó un screening de diferentes cepas fúngicas, evaluando su crecimiento en cultivos sumergidos (agitados y estáticos) y cultivo en medio sólido, que permitió identificar y seleccionar las condiciones de cultivo y cepas más adecuadas para la producción de biomasa destinada a la formulación de dispersiones filmogénicas. Se seleccionaron las biomásas de *Aspergillus niger* (AN), *Penicillium nalgiovense* (PN) y *Mucor hiemalis* (MH) obtenidas bajo cultivo sumergido con agitación, esterilizadas y filtradas. Bajo estas condiciones, AN y PN crecieron como pellets mientras que MH creció como micelio disperso. Se cuantificaron los principales componentes filmogénicos de las biomásas. MH presentó mayores valores de proteínas y menos carbohidratos que AN y PN, que mostraron una composición similar entre sí. Se prepararon dispersiones de biomasa al 3 % p/p (b.s) y se evaluó la efectividad de tratamientos de ultrasonido (US) y homogeneización (UT) para la ruptura celular, mediante microscopía óptica y distribución del tamaño de partícula. La ruptura de las hifas fue efectiva logrando en todos los casos dispersiones con la mayoría de sus partículas por debajo de los 10  $\mu\text{m}$ . MH presentó distribuciones de tamaño de partícula similares independientemente del tratamiento de ruptura, mientras que en PN y AN se observó una tendencia monomodal solamente en tratamientos de 30 min de US. Las dispersiones se plastificaron con glicerol (25 % p/p b.s) y se utilizaron para obtener PM por evaporación del solvente (casting). Se evaluaron sus propiedades mecánicas, térmicas

(TGA), estructurales (FTIR, AFM), su permeabilidad al vapor de agua, color y opacidad. Se obtuvieron PM homogéneas y maleables con características distintivas según la cepa. Los diferentes tratamientos de ruptura celular no impactaron en el color, la opacidad ni en las propiedades mecánicas de las PM. Las PM de MH se caracterizaron por ser amarillas y opacas mientras que las de AN y PN presentaron tonos marrones y mayor transparencia. Las PM de MH presentaron mayor fragilidad que las de AN y PN, que resultaron ser más rígidas y elásticas, respectivamente. Los espectros de FTIR mostraron mayor similitud entre PN y AN que con MH, correlacionándose con su composición. Los termogramas (TGA) mostraron un perfil de degradación múltiple en función de la cepa fúngica. Las PM de AN y PN presentaron valores de permeabilidad al vapor de agua similares entre sí y comparables con películas de biomasas microbianas.

Las imágenes obtenidas por AFM se correspondieron con los resultados de las pruebas mecánicas.

En una segunda etapa, se obtuvieron MMP a partir de AN, PN y *Monascus ruber* (MR), cultivados bajo tres condiciones de cultivo sumergido: agitado (A), estático (E) y combinado (AE). Los micelios se esterilizaron y separaron del medio. En E y AE se obtuvieron MMP flotantes que cubrían la sección del recipiente, excepto por AN en la condición E cuyo crecimiento se limitó a los bordes. En la condición A los MMP se obtuvieron como un conjunto de pellets unidos. Los MMP de A y E (MR) y A y AE (AN) se trataron por inmersión en glicerol 25 % y 50 % p/p por 3, 12 y 24 h y luego se prensaron por compresión (6,4 g/cm<sup>2</sup>) por 72 h. Se determinó el color de los MMP, observándose diferencias entre las condiciones de cultivo y entre ambas superficies de cada material. La inmersión en glicerol por 3 h fue suficiente para mejorar la durabilidad y maleabilidad. Se determinaron las propiedades mecánicas de los MMP (AN: AE, PN: AE y MR: E) tratados con 0, 25 y 50 % glicerol (3 h). La incorporación de glicerol redujo la resistencia y rigidez, al mismo tiempo que aumentó notablemente la elongación. No se observaron diferencias entre ambas concentraciones de glicerol evaluadas.

Tanto las PM como los MMP mantuvieron sus características iniciales durante períodos prolongados de almacenamiento sin presentar contaminación microbiana, probablemente debido a su baja actividad de agua. Estos materiales se sometieron a ensayos de desintegración en compost doméstico. Ambos tipos de materiales presentaron un comportamiento de desintegración bifásico: fase inicial rápida (primeros 30 días) seguida de una desaceleración. Las PM y los MMP alcanzaron pérdidas de peso cercanas al 70 % (77 días) y al 60 % (95 días), respectivamente

Finalmente, se evaluó el cultivo a AN en extractos líquidos de bagazo cervecero (BC) como única fuente de nutrientes. Para ello, se prepararon tres medios a partir de BC mediante extracción acuosa con o sin el agregado de la enzima  $\alpha$ -amilasa bacteriana (2,5 y 5 %v/v), y se utilizaron como control cultivos en caldo Sabouraud glucosado. Los extractos se

inocularon con AN e incubaron bajo condiciones AE. Se determinó el contenido de azúcares reductores y carbohidratos totales de los medios al inicio y final de la incubación. Se determinó la cantidad de azúcares consumidos, la producción de micelio como peso seco y la tasa de conversión sustrato-a-micelio. Los extractos de BC presentaron concentraciones iniciales de carbohidratos mayores que el control destacándose los de tratamiento enzimático. En todos los extractos enzimáticos de BC, el crecimiento fúngico superó al del control, alcanzando un máximo en el extracto con 5 % de enzima y logrando la mayor conversión sustrato-a-micelio.

En esta tesis se desarrollaron y caracterizaron materiales obtenidos a partir de micelio integral de hongos filamentosos, explorando su potencial como materiales biodegradables y sostenibles, incluyendo la valorización de residuos agroindustriales en su obtención.



# DESARROLLO DE MATERIALES BIODEGRADABLES A PARTIR DE BIOMASA INTEGRAL DE HONGOS FILAMENTOSOS

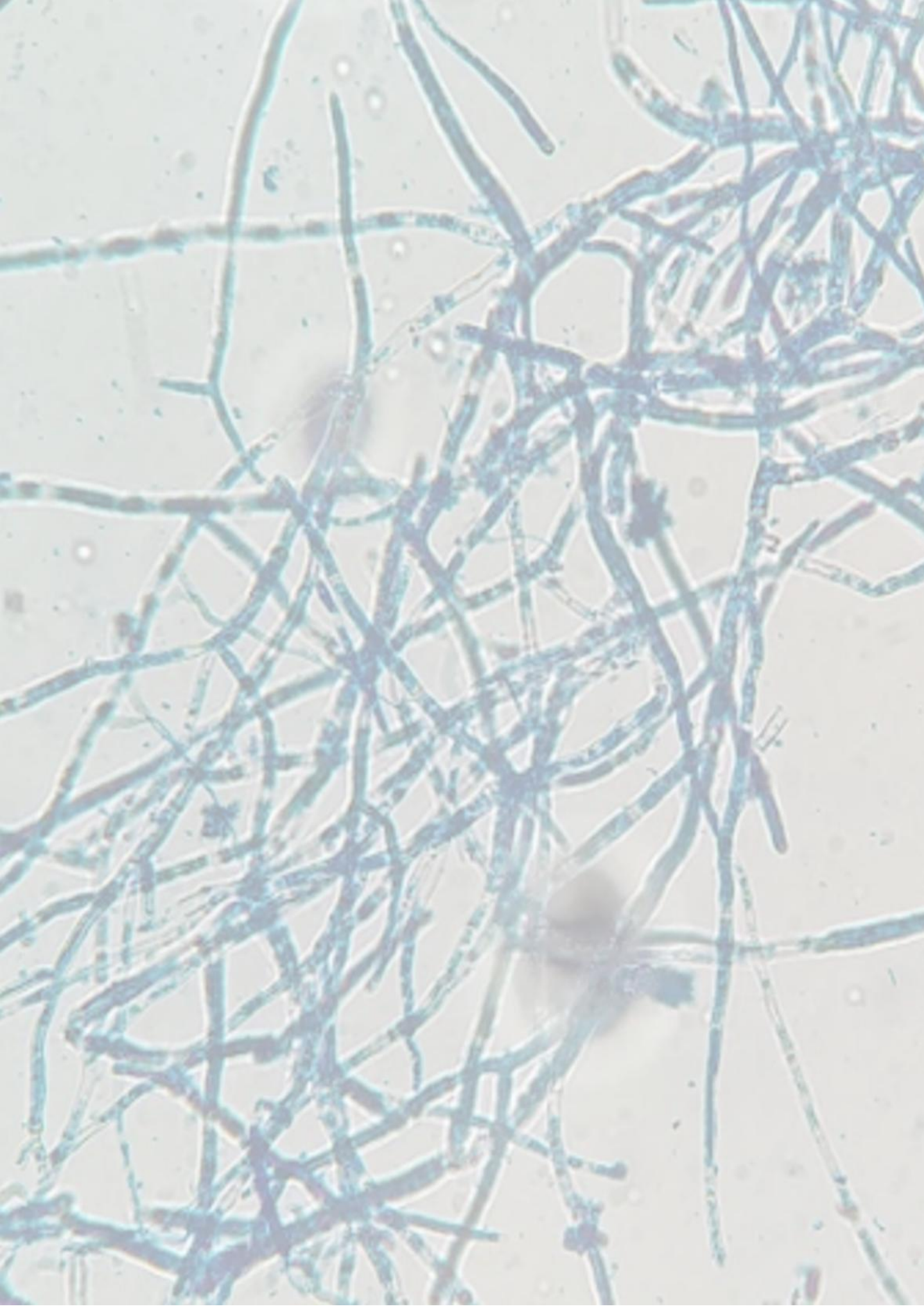
u u y v j #

@ ' U o )  
) ) † o  
# ) U ° h

2025

) # u  
y v j





---

**AGRADECIMIENTOS**

j  
-  
o  
o U  
) t o ) U 8  
8  
) U h  
U#-U  
@ U o O k  
- # V  
@ # u k-o\O °hV) @ #\V@-u  
hyVj @  
@ y V j -



## PRODUCCION CIENTIFICA

- Sanchez Díaz, M. O U U h U O t V U U \ 7 7 @ \ ) # k u 7 h J Polym Environ 31, 2347-2363. <https://doi.org/10.1007/s10924-023-02766-5>
- Sanchez Díaz, M., k U h U O t - Aspergillus niger. Waste Biomass Valor. <https://doi.org/10.1007/s12649-025-03477-9>
- U - o 8 o Sanchez Díaz, M., h U O t Paecilomyces variotii Int Microbiol
- Sanchez Díaz, M.; O U o U h U O t 2022 # VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos #
- Sanchez Díaz, M.; k o @ O U U O t 2023 Monascus ruber V Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación (JIF) en Ciencia y Tecnología
- Sanchez Díaz, M.; O U o U h U O t 2023 u8 7u@ uk XV Simposio Argentino de Polímeros – I Congreso Argentino de Materiales Compuestos U h
- k Sanchez Díaz, M.; o @ O U U O t 2024 \ VI Congreso Argentino de Microbiología (CAM) # " " "
- Sanchez Díaz, M.R.; k h U U O t 2025 Aspergillus niger VI CAMAyA # " " "
- Sanchez Díaz, M.R.; k h U U O t 2025 h VI Jornadas de Investigadores en Formación (JIF) en Ciencia y Tecnología
- Sanchez Díaz, M.R.; h U U O t 2025 - Aspergillus niger 1° Jornada de Actualización en Microbiología de Alimentos – VI Simposio Argentino de Inocuidad Alimentaria 8 - k " "



.

.

.

.

.

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
hQ u@ \o# \ V† -V#&V° G o °# \ Vu- (E\ ° hk\ " Q-U u@ °	.....
" @hQ u@ \o ) -o° 7B o' \ h\ kuyV@ ° ) -o°	.....
-OU @-O@ 7{ V8@ \ # \ U \ U ° u-k@O-U -k8-Vu-	.....
3.1. <i>Materiales compuestos a base de micelio (MCM)</i> .....	22
3.2. <i>Materiales de micelio puro (MMP)</i> .....	23
3.3. <i>Películas de micelio a partir de dispersiones filmogénicas (PM)</i> .....	24
# \ U h \ au° K ° " @ ) -8k° ) ° " @@ ° ) ) -U ° u-k@O-o7{ V8@ \ o°	.....
#y@u@ \ ) - ° \ V8 \ o7@ U -Vu \ o \ o°	.....
5.1. <i>Cultivo sumergido</i> .....	29
5.2. <i>Cultivo en estado sólido</i> .....	30
5.3. <i>Cultivo en residuos agroindustriales</i> .....	30
#	.....
k-7-k-V#@o	.....
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPITULO I: OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DISPERSIONES FILMOGÉNICAS.....</b>	<b>45</b>
\ " K u@ \ °	.....
U ° u-k@O-o' U /u \ ) \ o°	.....
2.1. <i>Confirmación de identidad de las cepas de trabajo</i> .....	46
2.2. <i>Obtención de biomasa</i> .....	47
h	.....
#	.....
#	.....
)	.....
h	.....
#	.....
2.3. <i>Obtención de las dispersiones filmogénicas.....</i>	<b>53</b>
\	.....
2.4. <i>Análisis estadístico.....</i>	<b>57</b>
k-oy@u° ) \ o' ) @#yo@V°	.....
3.1. <i>Confirmación de identidad de las cepas de trabajo</i> .....	57
Aspergillus niger°	.....
Mucor hiemalis°	.....
Geotrichum candidum°	.....

<i>Penicillium nalgiovense</i> .....	
<i>Penicillium camemberti</i> .....	
3.2. Producción de biomasa .....	64
# .....	
# .....	
) .....	
3.3. Obtención de las dispersiones filmogénicas .....	74
\ .....	
_ .....	
k-7-k-V#@o .....	

**CAPÍTULO II: OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS OBTENIDAS A PARTIR DE DISPERSIONES FILMOGÉNICAS ..... 86**

\"K-u@\" .....	
U° u-k@Q-o' U /u\ ) \o' .....	
2.1. Obtención de las películas .....	87
) .....	
) .....	
7 7u@ .....	
_ .....	
u8° .....	
h .....	
U .....	7U
k-oyQa° ) \o' ) @#yo@V' .....	
3.1. Aspecto visual de las películas fúngicas .....	99
3.2. Determinación del color y opacidad .....	100
3.3. Análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) .....	102
3.4. Estudio de las propiedades mecánicas: Ensayo de tracción uniaxial .....	105
3.5. Análisis termogravimétrico (TGA) .....	108
3.6. Permeabilidad experimental al vapor de agua .....	111
3.7. Microscopía de fuerza atómica (AFM) .....	112
k-7-k-V#@o .....	

**CAPITULO III: OBTENCIÓN DE MATERIALES DE MICELIO PURO ..... 121**

\"K-u@\" .....	
U° u-k@Q-o' U /u\ ) \o' .....	
2.1. Obtención de los materiales de micelio puro (MMP) .....	122
# .....	
h .....	
# .....	

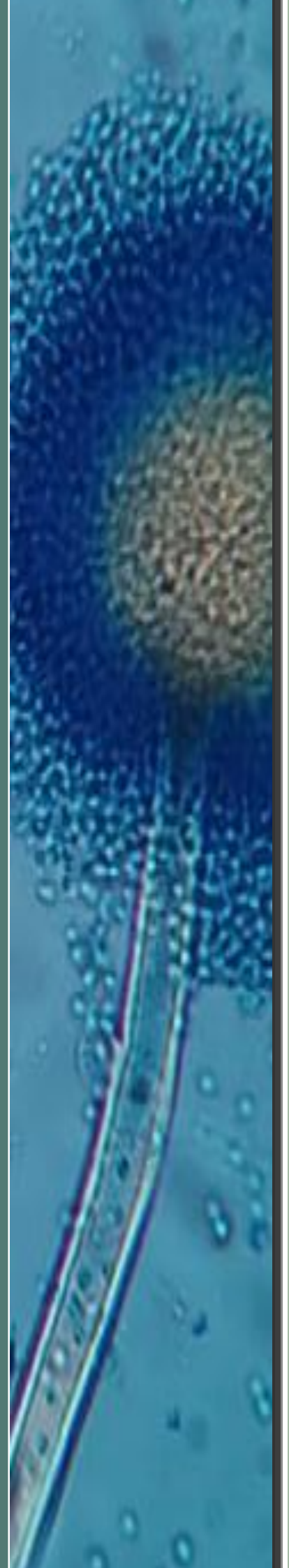
h	125
2.2. Caracterización de los MMP	125
)	
-	
)	M. ruber
U	"uo
U	)hh=
)	M. ruber
U	
U	
k-oyU°) \o' ) @#yo@V	
3.1. Obtención de los materiales de micelio puro (MMP)	131
#	M. ruber
#	
h	
3.2. Caracterización de los MMP	140
)	
-	
)	M. ruber
)	M. ruber
k-7-k-V#@o	
<b>CAPITULO IV: CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD DE LOS MATERIALES</b>	<b>153</b>
\ "K-u@	
U ° u-k@Q-o' U /u\ ) \o'	
2.1. Evaluación de la desintegración en compost de los materiales de micelio	154
2.2. Producción de micelio de A. niger en extractos de bagazo cervecero	156
h	
#	
)	
)	
..	
k-oyU°) \o' ) @#yo@V	
3.1. Evaluación de la desintegración en compost de los materiales de micelio	158
3.2. Producción de micelio de A. niger en extractos de bagazo cervecero	162
k-7-k-V#@o	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>169</b>
<b>PERSPECTIVAS FUTURAS</b>	<b>173</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>176</b>

---

° V-Æ @U-) @o) - #yUΦ\ ' k-° #uΦ\ o

° V-Æ @k-#y-Vu\ -V# U ° k° ) - V-y" ° y-k

# INTRODUCCIÓN





8

0

8

k

o

h

7

## 2. Bioplásticos: desafíos y oportunidades

#

h

h

k

k

o

h

k

7

k

o

h

k

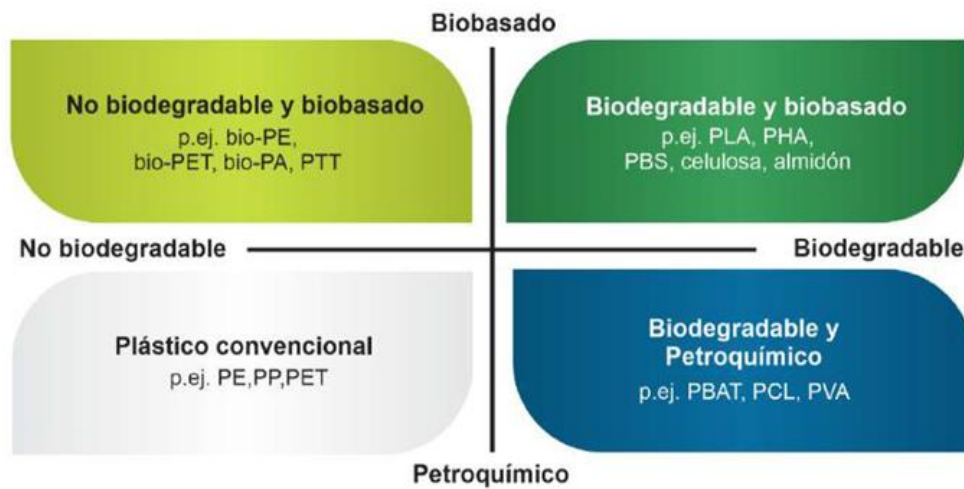
- **Polímeros naturales extraídos de biomasa:**

- Polímeros sintetizados a partir de monómeros de origen biológico:

hO

- Polímeros producidos directamente por microorganismos

h=



**Figura 1.** Sistema de coordenadas de materiales de los plásticos (Ribba et al, 2020) (\*bio-PE: bio-polietileno, bio-PET: bio-tereftalato de polietileno, PTT: poli (tereftalato de trimetileno), bio-PA: biopoliamida, PLA: ácido poliláctico, PHA: polihidroxiácido)

#

y

k

)

Empresa	Que hacen	Fuente
Danone	hO	u 7 u
Nestlé	MM	u 7 u
Coca-Cola	h h-u	# #
PepsiCo	=	h #
IKEA	) -ho	h
NatureWorks (Ingeo)	h hO @	V †
Adidas/ AMSilk	" " U o	° U o
Adidas/ Bolt Threads	- o o U U " u	

**Tabla 1.** Empresas líderes que han comenzado a incorporar bioplásticos en sus líneas de producción.

y

### 3. El micelio fúngico como material emergente

O

M

O

U

*Agaricu**Penicillium*

o

#

U

*Aspergillus*

=

j

*Fusarium venenatum*

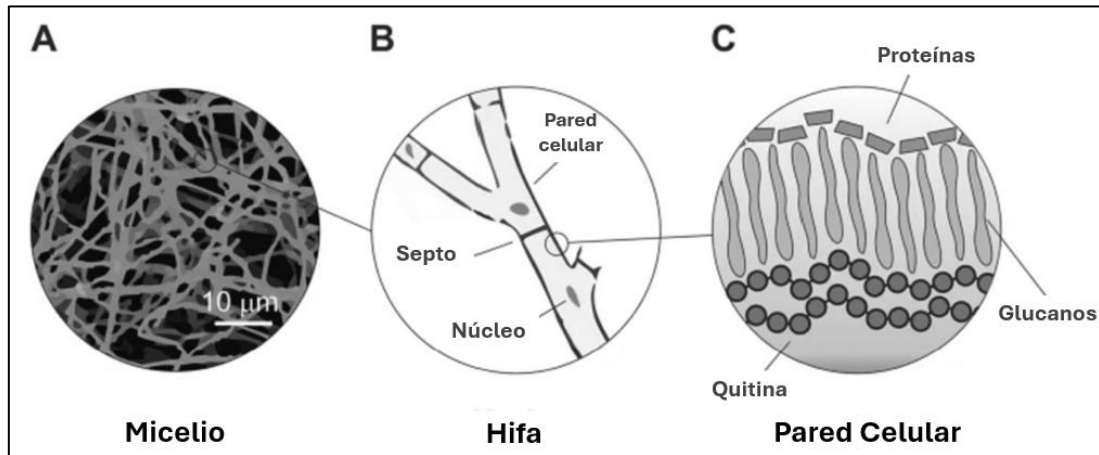
O

M

h

h

O



**Figura 2.** Estructura y disposición de los filamentos fúngicos en el micelio: (A) morfología óptica de las fibras del micelio, (B) representación esquemática de las hifas, (C) Imagen conceptual de la pared celular fúngica (Adaptado de Amobonye et al., 2023).

O

O

V

)

-

h

-

"

7

o

O

-

-

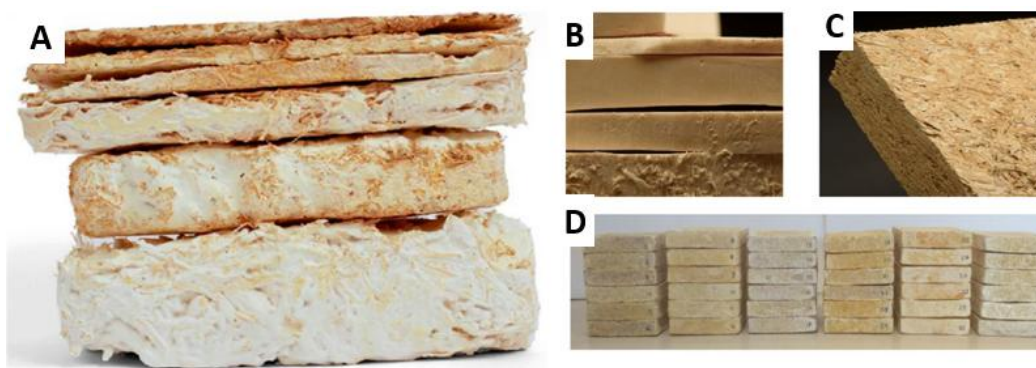
h

k = \ #

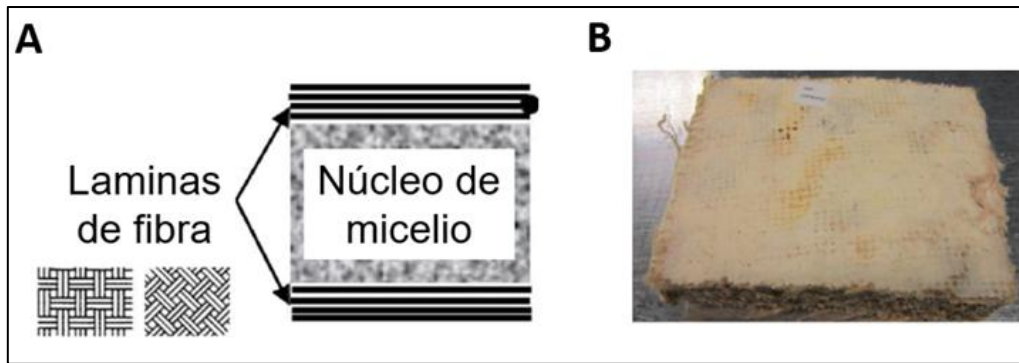
-

-

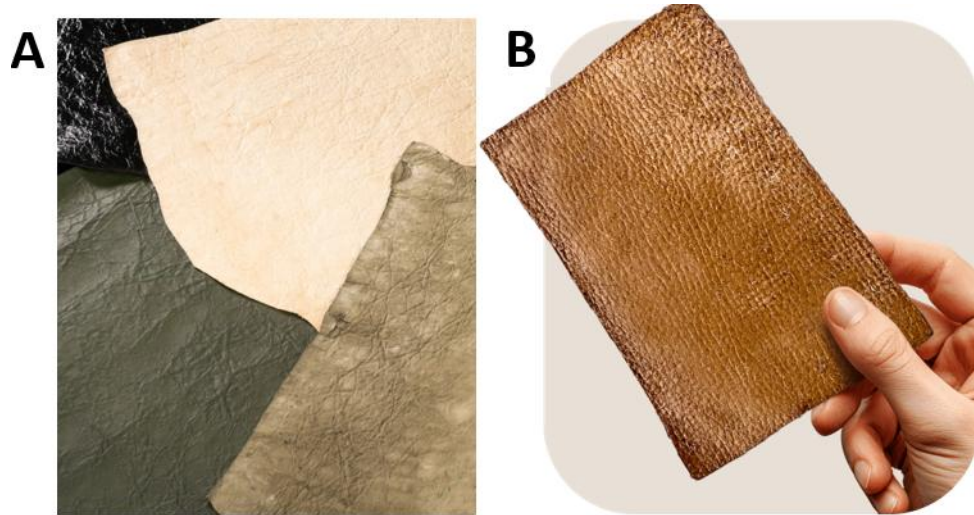
O



**Figura 3.** A) Composición típica de MCM tipo espumas; B) MCM tipo espuma usados como sustitutos de tableros en paneles de paredes y puertas; C) MCM usados como espumas aislantes, y D) MCM tipo espuma elaborados mediante micelio crecido sobre residuos de poda de vides. Adaptado de Parhizi et al., 2025



**Figura 4.** A) Esquema estructural típico de un MCM tipo sándwich a base de micelio.; B) una estructura MCM tipo sándwich. Adaptado de Jiang e tal. (2017)



**Figura 5.** Productos *símil cuero* a base de hongos desarrollados por A) *Ecovative* (Ecovative, 2024) y B) *Mycorium Biotech* (Mycorium Biotech, 2025).



M

h

o

j

)

8

o

#### 4. Compostaje y biodegradabilidad de materiales fúngicos

o

)

#\

\

\

k

u

)

M

h

O

⊗ U

-V

)

#

⊗ U

-

#

o

#

k

h

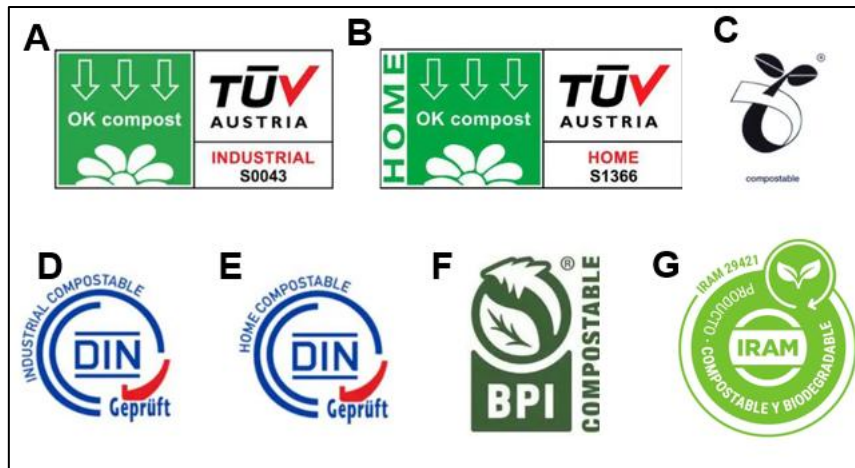
u~t°

\M

=\U-

u~t°

O 7



**Figura 6.** Sellos que identifican a los productos como compostables presentes en diferentes partes del mundo: A-C) Comunidad europea; D-E) Alemania; F) Estados Unidos; G) Argentina.

## 5. Cultivo de hongos filamentosos

h

h

#

#

-

=

‡

o

h

)

h

-

o

h

-

o

‡

o

h



*Aspergillus, Rhizopus, Trichoderma, Ganoderma Pleurotus,*

o K \ \ k † #

o

o

UUh

"#

### 5.3.1. Cultivo en bagazo cervecero

o

o

=



- ° U 7 o ° O# - = u
- ° o " U " K "
- ° O M ° U h o 7 o U u † @v
- ° 7 † † † " K8 ) K M 8 † † = ° "
- " 8 h ° M h o = k 7 7
- " ) M ° 8 7 u k # " U ° .h u k o " " o (1526),
- " o - o † K U 7 =
- " - ' o = " U 7 8 @ - h K
- " 7 # o 7 # 7 K# 8 U O = † h # 8 7 U @ K 7 U
- " o U 7 o K u " -

- # - # - 8 U O k ° ) ° o " †  
#  
V Kh
- # k 7 7 8 k k \ O 7 U  
*Penicillium*  
@ O ° O - U " o h O
- # U U U )  
- U u
- # U - h U ° ) K7 o ° 8 †  
o  
h K
- ) K7 h U ° o ° 8 \ \ † Kk  
#  
*Saccharomyces cerevisiae* @ 7 o - u
- ) K7 o ° \ \ † K h U ° @  
=  
Ko 7 °
- ) K7 o h h U ° o ° 8 \ \ † Kk  
) *Saccharomyces*  
*cerevisiae.*@ @ 7 o - u
- - - ° ° # 7 7 # h  
# h ° @ " ou - " †  
° h k k - @"V
- - - † o " K h - ) O O U





- O M'j M'Æ K'8 = - " V
- O V K' U 8 K'k # 'ÆV O K' ° - 7 7 " " U o - h U U h
- O - # - O ' = 'Æ8 # O K' U k K U "
- O M'o - " K @ "
- U U U M'u 8 V o 8 O h o " " "
- U u'k' o' U h'h U o - 7 # o K " )
- U o ) U - U # U ) O † K O † o *Penicillium nalgiovense* k @ ) K
- U o@) 8 k @# " K# o
- \ 7 U U k " K" - o u
- \ \ - k U k O7 u O h "











# OBJETIVO



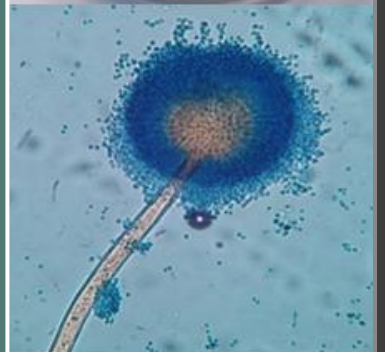
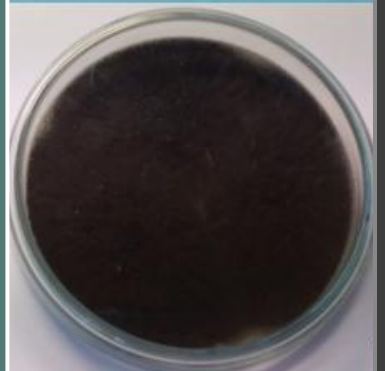
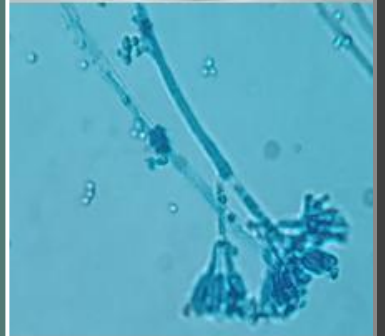
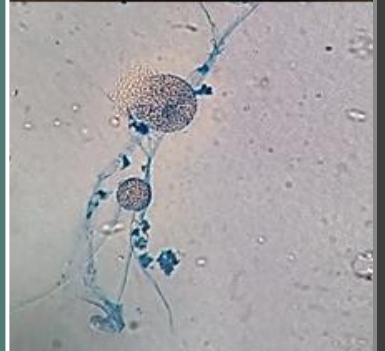
Teniendo en cuenta que:

- ❖ O
- ❖ O
- ❖ -
- ❖ °

***El objetivo general de este trabajo de Investigación fue obtener y caracterizar materiales biodegradables a partir de biomasa integral de hongos filamentosos***

- )

**CAPITULO I: OBTENCIÓN  
Y CARACTERIZACIÓN DE  
DISPERSIONES  
FILMOGÉNICAS**



## 1. OBJETIVO

- k
- \
- °

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#

o *Aspergillus niger* AN

*Penicilium nalgiovense* PN *Penicilium camemberti* PC *Geotrichum candidum* GC

*Mucor hiemalis* MH U

y V j u )

h) @ #

*Aspergillus niger* #

h = O

h #

Microrganismo	ID	Origen
<i>Aspergillus niger</i>	°oV	# y"° #° "° "° °° °°
<i>Penicilium nalgiovense</i>	h-V	o # #
<i>Penicilium camemberti</i>	h-V	o # )
<i>Geotrichum candidum</i>	8-#	# j 8
<i>Mucor hiemalis</i>	Uy=	o # #

Tabla 2. Cepas de trabajo

o  
 = h  
 @ # - 0 # - U  
 U - V 8 8V  
 # # # 7 0  
 O  
 O  
 V  
 EO Eh  
 @  
 #

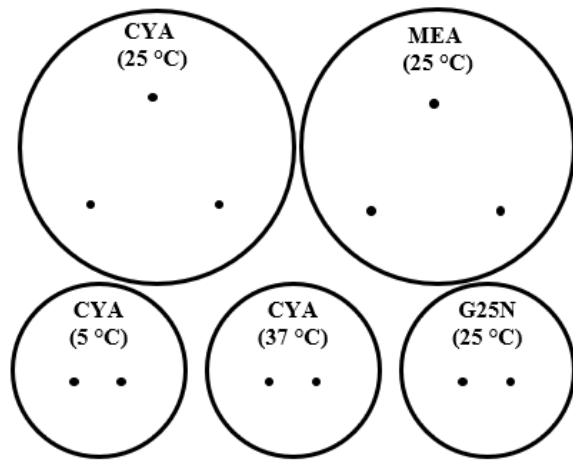


Figura 7. Esquema de identificación adaptado de Pitt y Hocking (2009).

2.2.1. Preparación del inóculo

O A. niger, P. nalgiovense P. camemberti G. candidum M. hiemalis  
 # A. niger #  
 o  
 O  
 h

h) u  
 V @ o

2.2.2. Cultivo sumergido

o o O # o  
 #o8U @ - O  
 # o =  
 = uh †  
 On= h

o h o  
 o\Vu-#\o o #  
 # A. niger  
 # O -  
 O  
 #

M † V O  
 # o  
 #  
 \ # h  
 o o) " o V\k k

"

$$\% \text{Extracto seco} = 100 \cdot \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)}$$

)

$$\text{Rendimiento biomasa (g/L)} = \frac{\text{Biomasa seca total obtenida (g)}}{\text{Volumen del medio (mL)}} \times 1000 \text{ mL/L}$$

= "uh"  
 † "Oh= h"

### 2.2.3. Cultivo en medio sólido

o h  
 O o  
 † V  
 h # o  
 h o  
 @ y  
 o O  
 O  
 O # *Penicillium nalgiovense*,

*Penicilium camemberti*, *Geotrichum candidum*, *Mucor hiemalis* #

*Aspergillus niger*

7

h

o

h

# h

-o

oo o) " o° V

Kk "

$$\%Extracto\ seco = 100 \cdot \frac{(m_2 - m_{PS} - m_0)}{(m_1 - m_{PH} - m_0)}$$

)

h=

ho

o

-o

o

$$Rendimiento\ biomasa\ (g/kg) = \frac{Biomasa\ seca\ total\ obtenida\ (g)}{Masa\ del\ medio\ (g)} \times 1000\ g/kg$$

#### 2.2.4. Determinación de principales componentes filmogénicos

o

O *P. nalgiovense*,  
*M. hiemalis* y *A. niger*

O  
 #

h  
 M M  $\infty$   
 = )

h  
 M =  $\infty$   
 #  $\infty$  u ) u )  $\infty$  =  
 ) O  
 =# V

$$N_T \left( \frac{g}{100g} \right) = \left[ \frac{(V_M - V_B) \cdot N_{\text{ácido}} \cdot P_{eq} N}{M} \right] \cdot 100$$

)  
 t<sub>u</sub> O  
 t" O  
 v =  $\infty$   
 h v  
 U  
 -  $(F_{N \rightarrow P})$   
 u

$$\text{Proteína cruda (g/100g)} = N_T (\text{g/100g}) \cdot F_{N \rightarrow P} \quad (-)$$

#

**Carbohidratos totales**

O  
 )  
 j K  
 o  
 y  
 O  
 O  
 #  
 u  
 u y f t @ h 8 @ O k y  
 O u  
 O

$$\text{Carbohidratos totales (g/l)} = fd \cdot \frac{(\text{Abs}_{\text{muestra}} - C)}{(m)} \quad (-)$$

) #

Glucanos

h U uU M" 80

@

O

= o\

U

°C

U = o\ )

U

=

°C O

O

8\h\)

#

O

h8'@

O

k

y

h

O

V

\=

U

O

=

# O

O

8\h\)

#

O

u y t f @ h8'@

O

k

y

-

U # )

u

\

o

U

h

O

o  
yo  
yu u  
o  
yo t#E o  
V #u yo  
# o  
#  
- h  
y yu u t t yo

ID	Tratamiento
15US-UT-15US	yo yu yo
15US	yo
7,5US-UT-7,5US	yo yu yo

Tabla 3. Tratamientos realizados a las dispersiones fúngicas.

2.3.1. Observación microscópica

o h  
@ o  
E V - -

2.3.2. Estudio de la distribución del tamaño de partícula

O  
O  
h

O  $\dots \dots \dots U \dots \dots @ \dots \dots$

h  $\dots \dots \dots$

o  $\dots \dots \dots$

o  $\dots \dots \dots$

k =  $\dots \dots \dots$

U @  $\dots \dots \dots$

O

- **Media aritmética en número o longitud media D [1,0]:**  $\bigcirc$

o  $\dots \dots \dots$

- **Media del momento de superficie D [3, 2]:**  $\bigcirc$

o  $\dots \dots \dots$

- **Media del momento de volumen D [4, 3]:**  $\bigcirc$

) "

-  $\dots \dots \dots$

o ) o

) o

h ) k

o

o

o

U -

k

#

o

U U - U

@ † k y -

y =

Uy U @ † k y o

o

) " )

o -

u

$$Span = \frac{d(0,9) - d(0,1)}{d(0,5)}$$

O

°V\†°

u

u

@ o

8

@ o

7

#

y

V

#

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

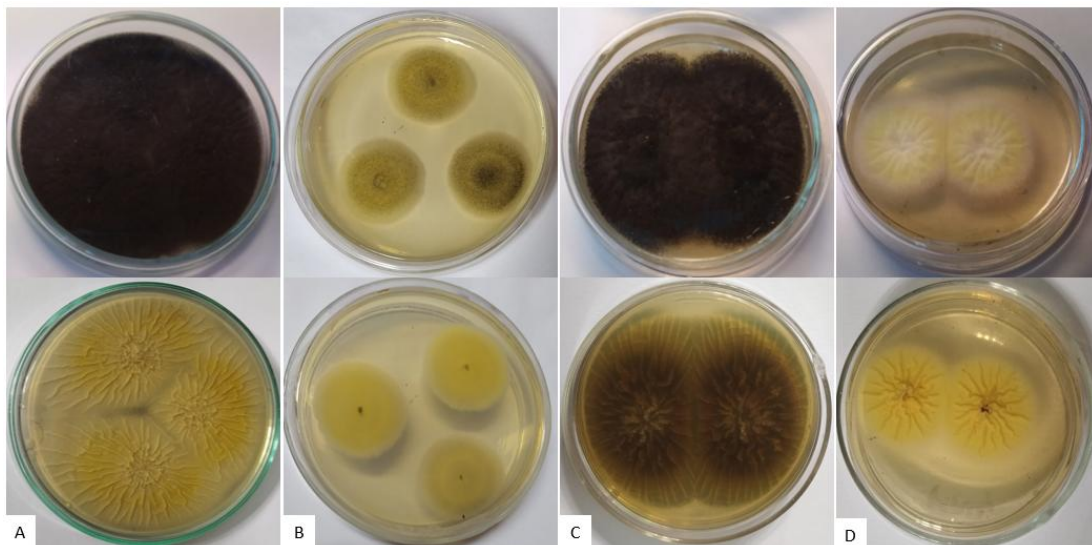
#

#### 3.1.1. *Aspergillus niger*

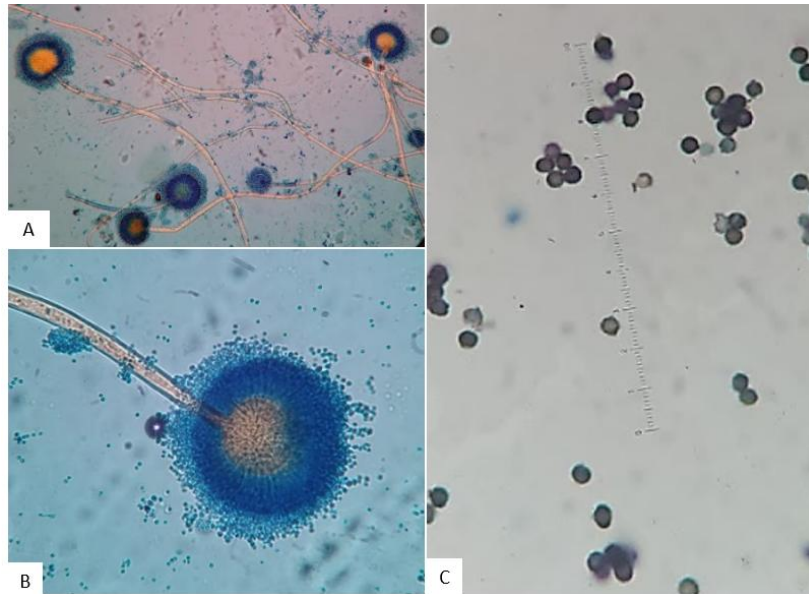
O 7

7

*A. niger*,



**Figura 8.** Colonias de *A. niger* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C; C) CYA a 37 °C; D) G25N a 25 °C. (Superior: anverso; Inferior reverso).



**Figura 9.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *A. niger* A) conidióforos 10X; B) cabeza aspergilar 40X; C) conidios 100X.

*Aspergillus niger.*

3.1.2. *Mucor hiemalis*

0 7 # 7 #

*M. hiemalis*, O

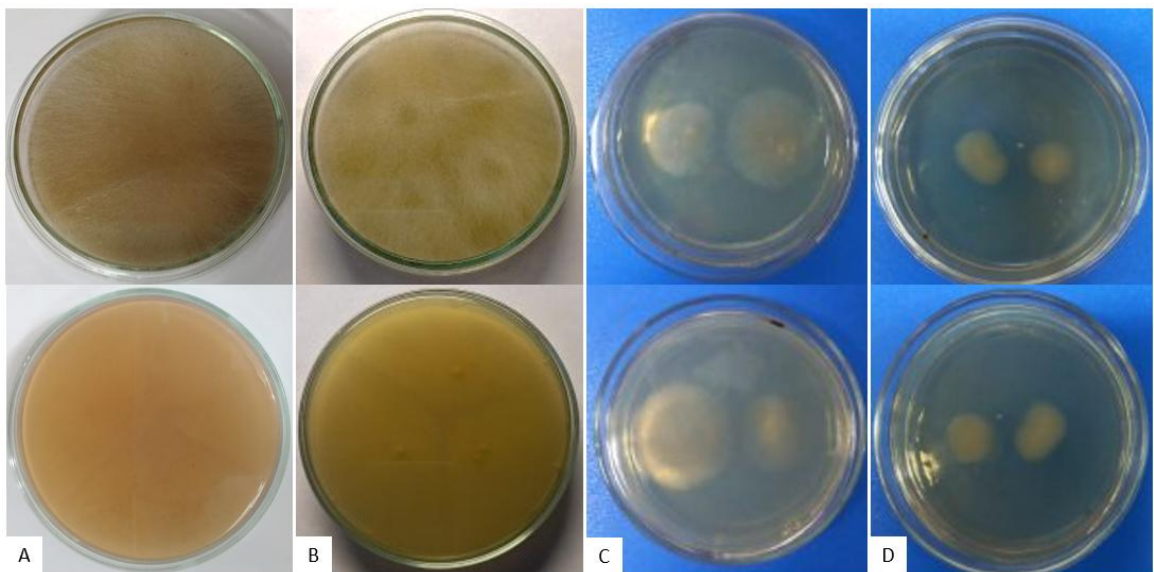
h

U

h

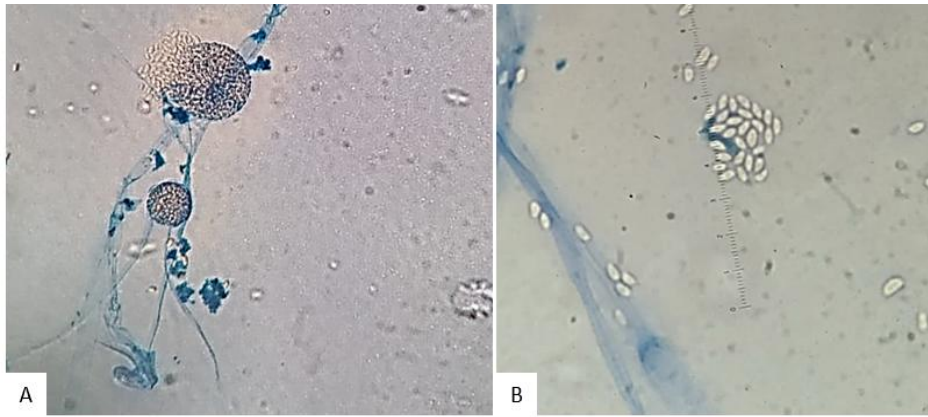
8 V

# V #



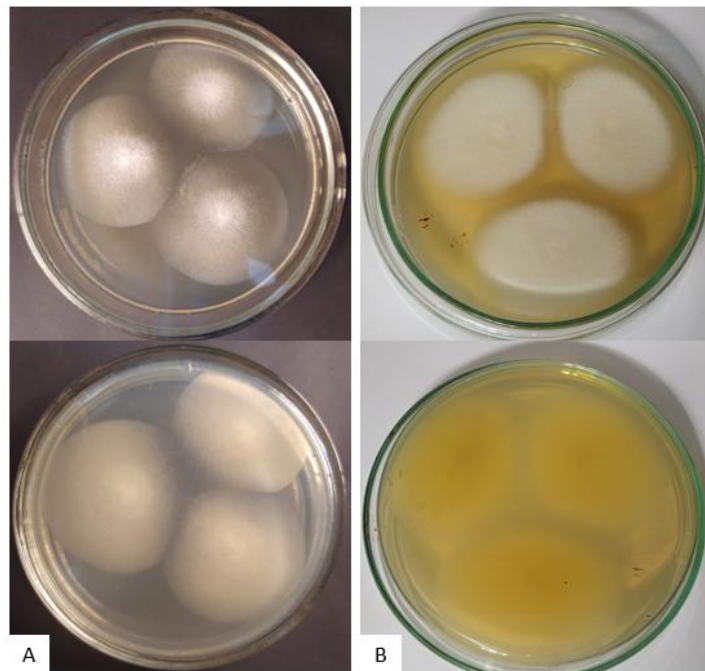
**Figura 10.** Colonias de *M. hiemalis* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C; C) CYA a 5 °C; D) G25N a 25 °C. (Superior: anverso; Inferior reverso).

*Mucor hiemalis*.

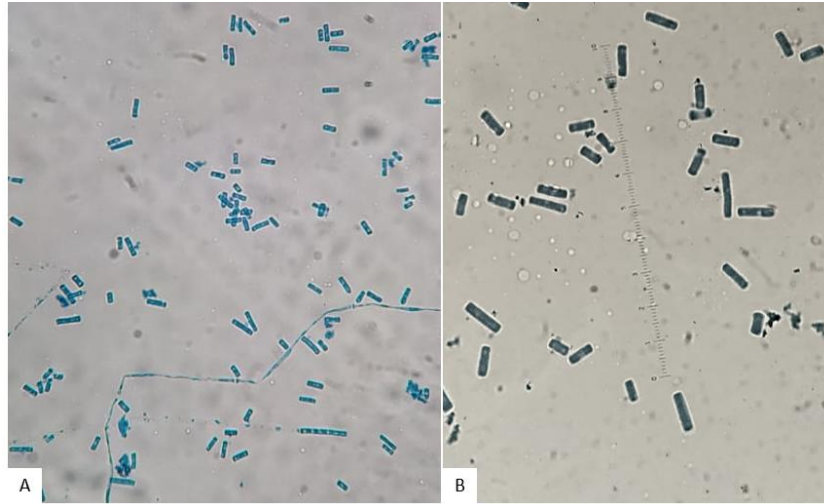


**Figura 11.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *M. hiemalis* A) esporangio y columela 40X; B) esporangiosporas 100X.

### 3.1.3. *Geotrichum candidum*



**Figura 12.** Colonias obtenidas de *G. candidum* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C (Superior: anverso; Inferior reverso).



**Figura 13.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *G. candidum* A) arthroconidios 40X; b) arthroconidios 100X.

*Geotrichum candidum.*

### 3.1.4. *Penicillium nalgioense*

*P. nalgioense,*

#

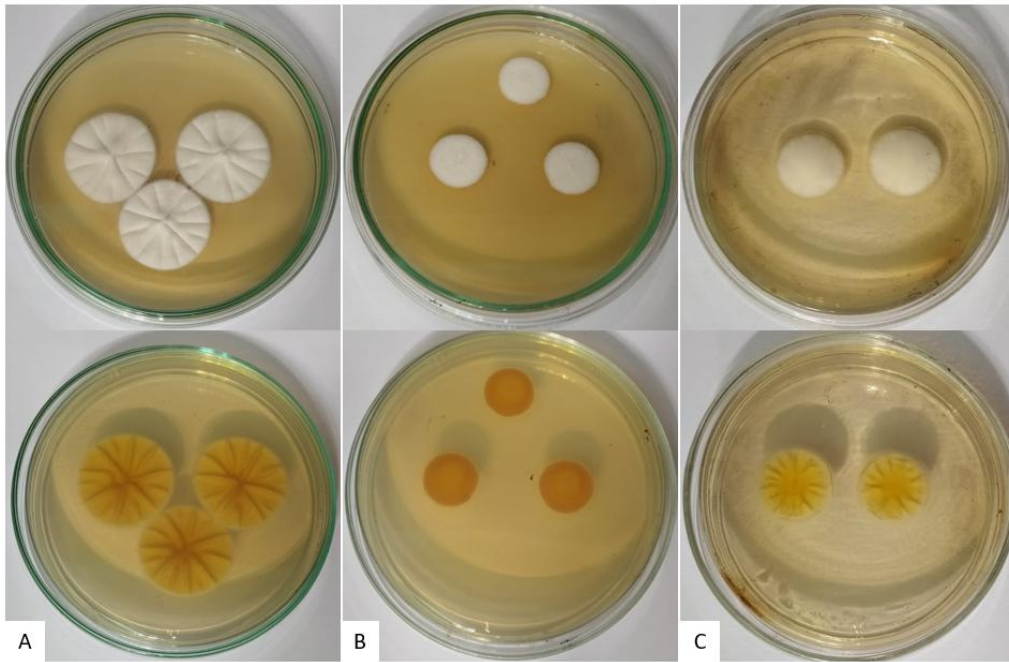
O U-

- 8 V

V

#

#



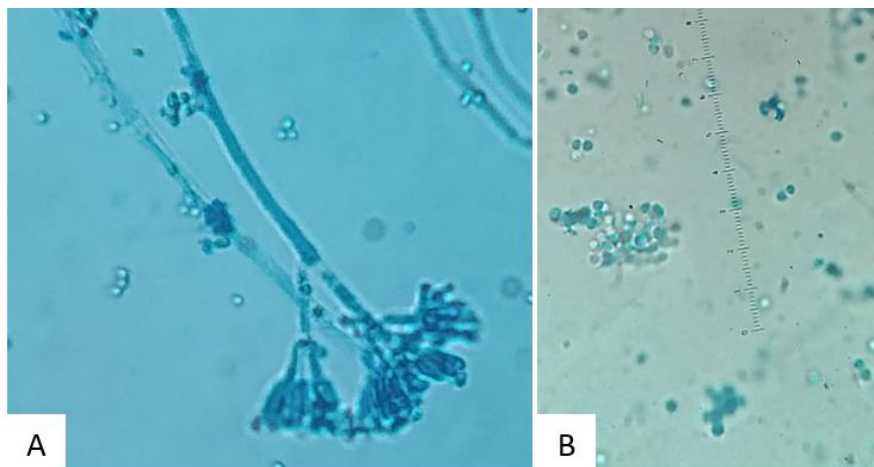
**Figura 14.** Colonias de *P. nalgiovense* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C; C) G25N a 25 °C. (Superior: anverso; Inferior reverso).

O

O

h =

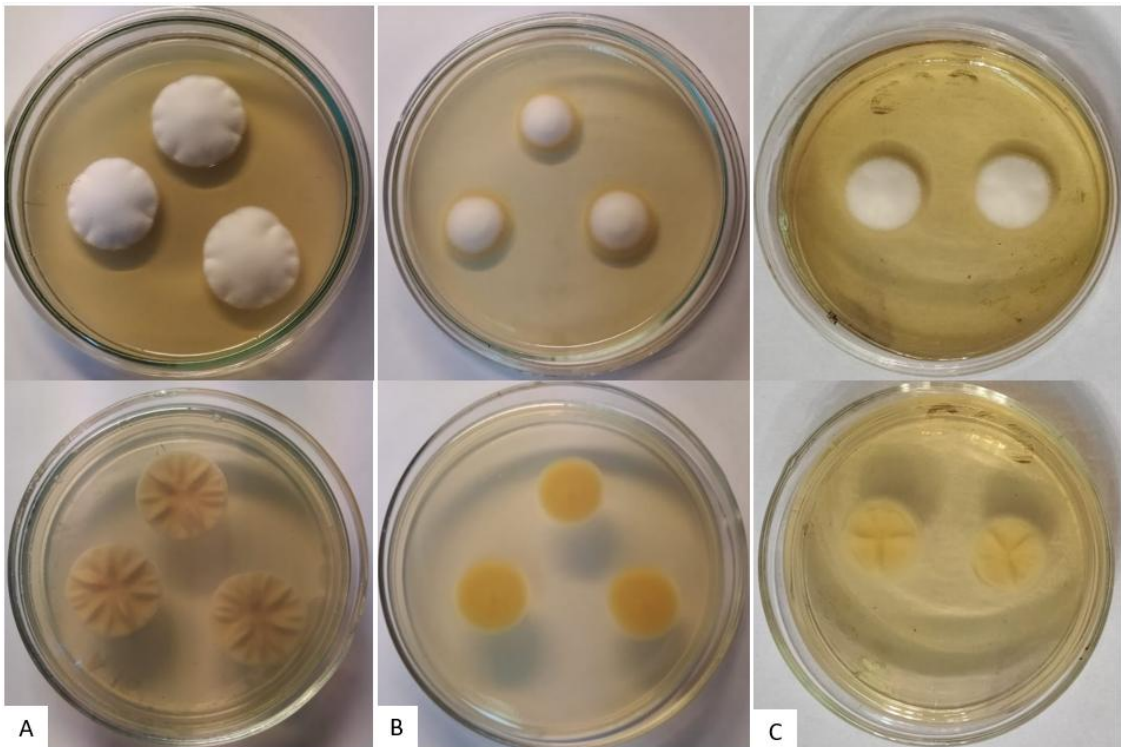
*Penicillium nalgiovense*.



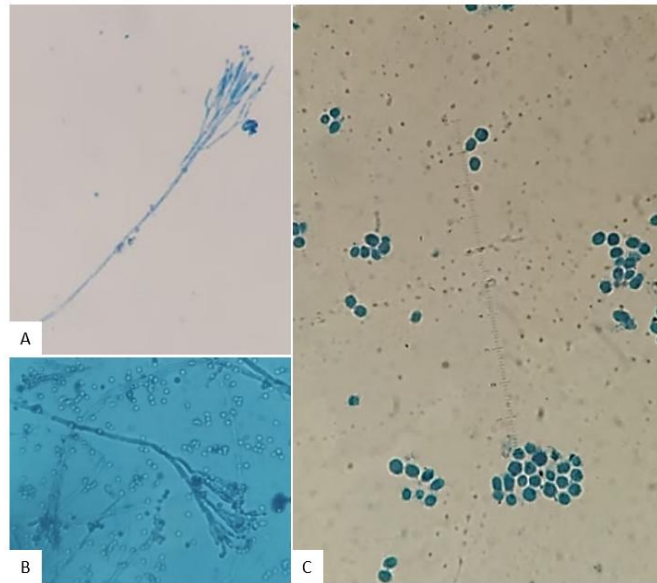
**Figura 15.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *P. nalgiovense* A) conidióforo 40X; B) conidios 100X.

3.1.5. *Penicillium camemberti*

0 7  
 0 #  
 0 U -  
 - 8 V  
 # V  
 #



**Figura 16.** Colonias de *P. camemberti* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C; C) G25N a 25 °C. (Superior: anverso; Inferior reverso).



**Figura 17.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *P. camemberti* A y B) conidióforo 40X; C) conidios 100X.

O

h =

*Penicillium camemberti.*

h

**3.2.1. Cultivo sumergido**

#

8 h O O O

8 † V

0 7

0

*Aspergillus niger*, *P. nalgiovense* *P. camemberti*

u

0

*Aspergillus niger*,

7

#

0

" h *P. nalgiovense* *P. camemberti*

-

7

0

u

*M. hiemalis* *G. candidum*

*Mucor* "

= 0

0

Æ

*M. hiemalis*

0

#

*G. candidum*

"

, *P. nalgiovense* *P. camemberti*

*G. candidum*

h

*M. hiemalis*

*Aspergillus niger*

7

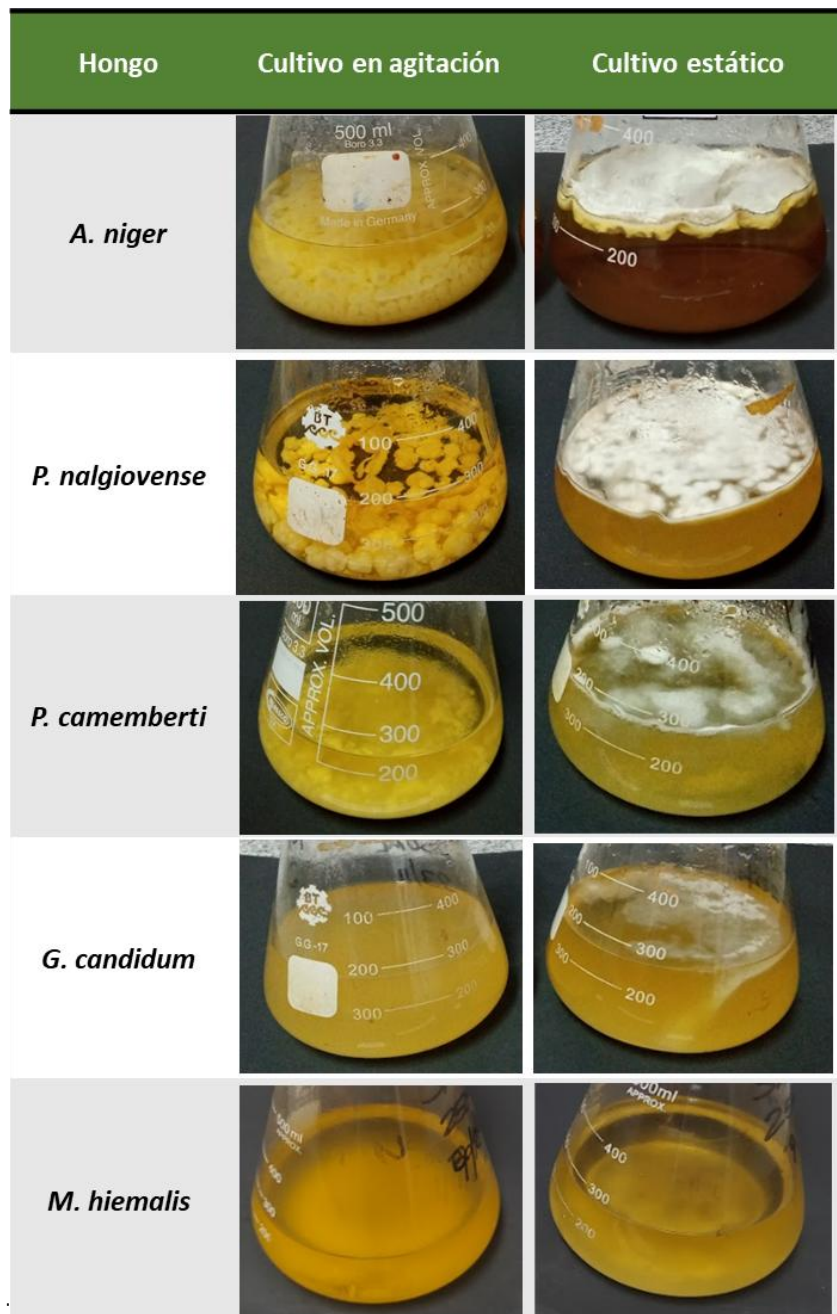
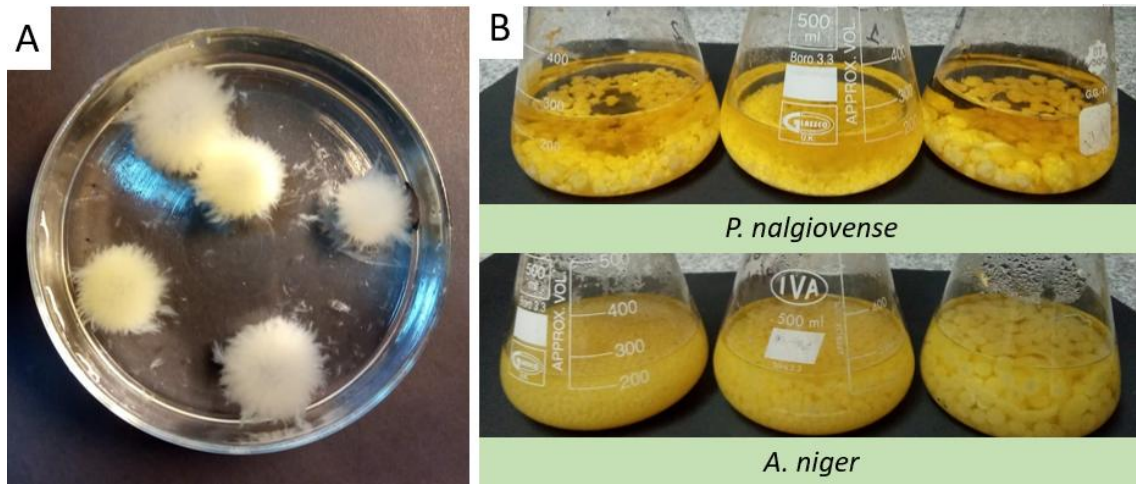


Figura 18. Morfologías de crecimiento tras 7 días de cultivo sumergido con y sin agitación.



**Figura 19.** A) Pellets con forma de diente de león obtenidos por *A. niger* B) Diferencias en el tamaño de los pellets al final de la incubación bajo agitación de *P. nalgiovense* y *A. niger*.

O ù

ù

O

*Aspergillus niger*

*M. hiemalis*

h

*Geotrichum candidum*

O

O

O

*G. candidum*

#\

O

U

MO/Condición de cultivo	Producción de Biomasa total (g/L)	
	Agitado	Estático
<i>Aspergillus niger</i>	...	...
<i>Mucor hiemalis</i>	...	...
<i>Penicillium nalgiovense</i>	...	...
<i>Penicillium camemberti</i>	...	...
<i>Geotrichum candidum</i>	...	...

**Tabla 4.** Valores promedio de biomasa total obtenida (b.s) tras 7 días de cultivo sumergido agitado y estático. Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar (DS).

h

O

O

=

O

-

*A. niger*

\

@

O

# h

=

O

#

u

*M. hiemalis*

h

#

O

O

'-O

#

O

K

*Mucor racemosus* O # )  
 =  
*P. nalgiovense*  
 h # - O  
 o -o # O h *P. camemberti*,  
 o o h  
 O  
 # #  
 O -O -  
 O huO h  
 # =  
*G. candidum*  
 - O O -O  
 - huO h  
 # =  
 O u = u  
 = =  
 O =  
 K - =  
 h Æ # o =  
 K o  
 =  
*M. hiemalis* u - =

MO/Condición de cultivo	pH	
	Agitado	Estático
<i>Aspergillus niger</i>	5.2 ± 0.1	5.2 ± 0.1
<i>Penicillium nalgiovense</i>	5.2 ± 0.1	5.2 ± 0.1
<i>Penicillium camemberti</i>	5.2 ± 0.1	5.2 ± 0.1
<i>Geotrichum candidum</i>	5.2 ± 0.1	5.2 ± 0.1
<i>Mucor hiemalis</i>	5.2 ± 0.1	5.2 ± 0.1

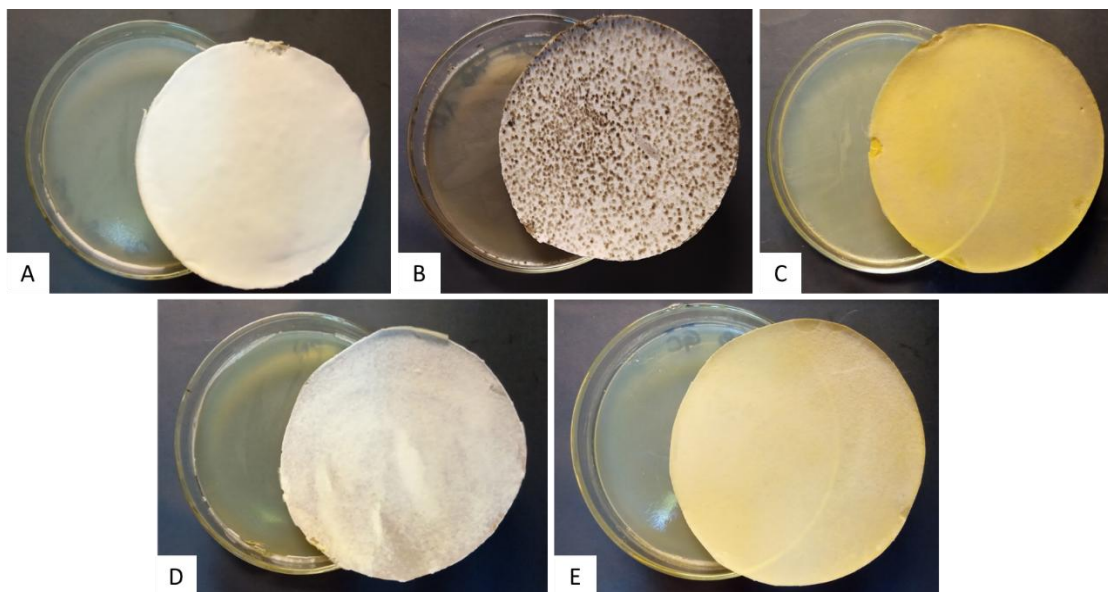
h

**Tabla 5.** Valores de pH del medio de cultivo tras 7 días de cultivo sumergido agitado y estático. Valores expresados como media  $\pm$  DS.

### 3.2.2. Cultivo en medio sólido

U

7



**Figura 20.** Cultivos en medio sólido sobre membrana tras 7 días de incubación. A) *P. camemberti*; B) *A. niger*; C) *M. hiemalis*; D) *P. nalgiovense* y E) *G. candidum*.

)

U

k O

U ‡ o

k k

o

7 O

7

*Penicillium camemberti*

*Mucor hiemalis* *Penicillium nalgiovense*

h *Aspergillus niger*

*Geotrichum candidum*

k

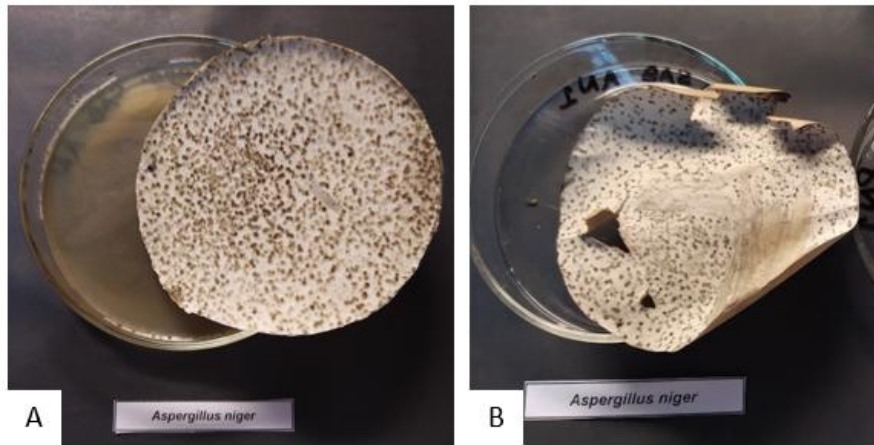


Figura 21. Biomasa de *A. niger* adherida al filtro A) antes y B) después de la etapa de esterilización.

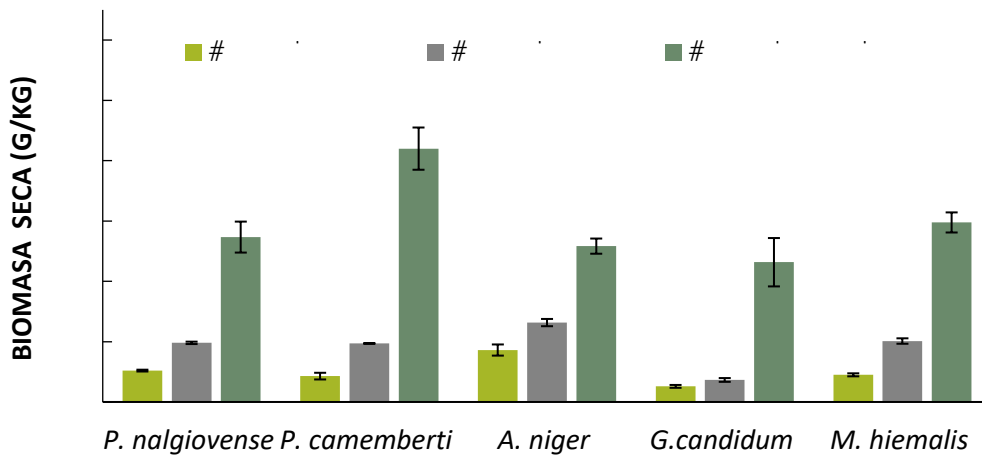


Figura 22. Efecto del cultivo sumergido (estático y agitado) y en medio sólido sobre la producción de biomasa tras 7 días de incubación (nota: se aproximó a 1g/mL la densidad del agar para facilitar la comparación de rendimientos entre cultivo sumergido y en medio sólido).

h)

o

*P. camemberti*

*P. nalgioense,*

o

u

*A. niger, P. nalgioense M. hiemalis*

### 3.2.3. Determinación de principales componentes filmogénicos

o

o

‡

8

7

o u

o

M.

*hiemalis*

*M. circinelloides*

M

*Mucor h*

*A. niger P. nalgioense*

*M. hiemalis* -

*Mucor*

*Penicillium Aspergillus*

M O O P.  
*nalgiovense* *A. niger*  
 U  
*P. nalgiovense* *A. niger*  
 M *P. nalgiovense* *A.*  
*candidus*.

Muestra	Proteína cruda (g/100g)	Carbohidratos			
		#	8	8	8
MH					
AN					
PN					

**Tabla 6.** Resultados del análisis composicional de la biomasa fúngica en base seca. Valores expresados como media ± DS. (MH) *Mucor hiemalis*; (AN) *Aspergillus niger*; (PN) *Penicillium nalgiovense*.

0 7 P.  
*nalgiovense* *A. niger* *M. hiemalis* O  
*P. nalgiovense* *A. niger*  
 h *M. hiemalis*  
*M. hiemalis*  
*A. niger* *P. nalgiovense*  
 M

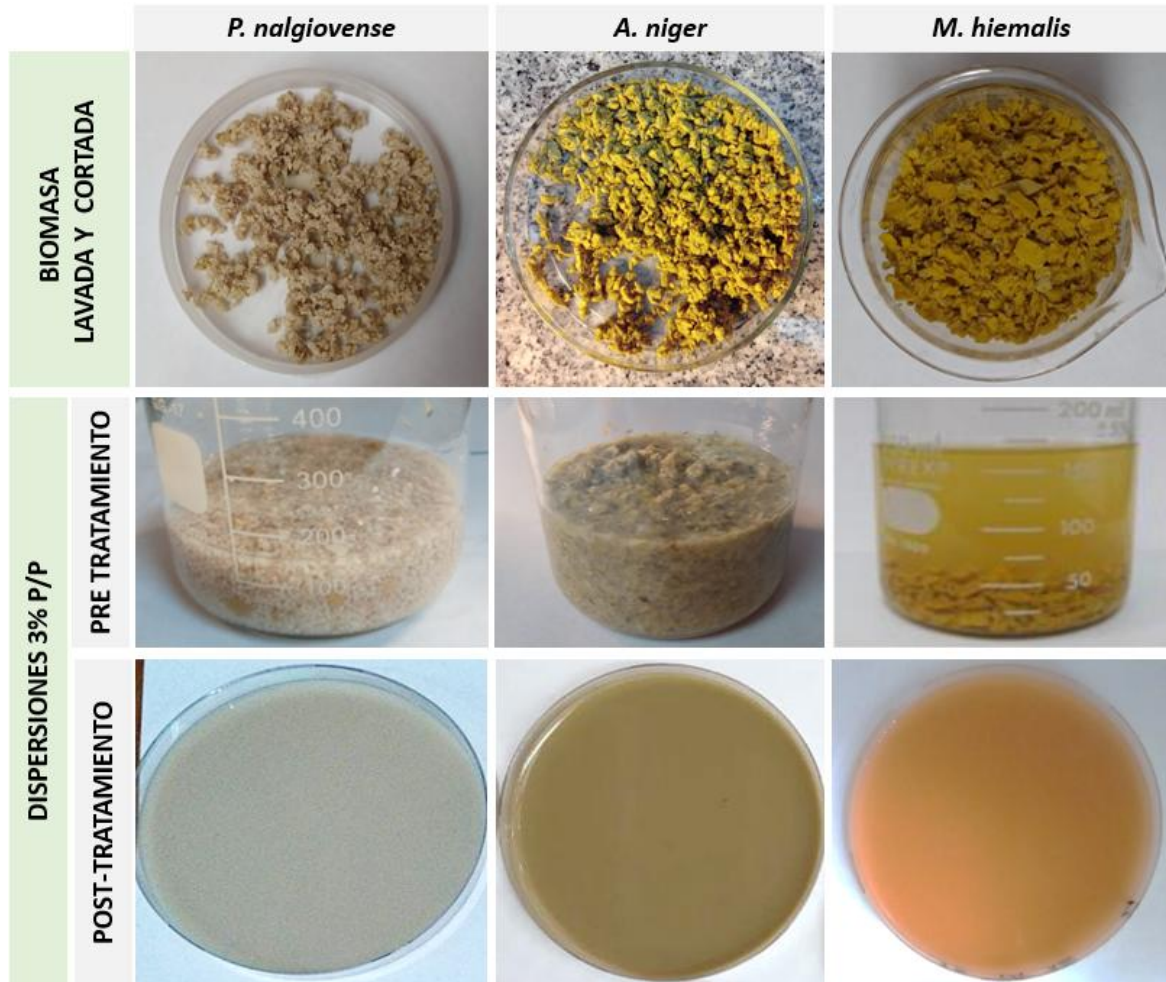


Figura 23. Biomosas y dispersiones fúngicas al 3 % p/p antes y después del tratamiento de ruptura celular (15US).

### 3.3.1. Observación microscópica

0 7 *P. nalgiovense*, *A. niger* *M. hiemalis* *M. hiemalis* 7 *P. nalgiovense* *A. niger* 0

*Aspergillus* *Penicillium*

@

O

*P. nalgiovense* *A. niger*

7

=

*M. hiemalis* 7

KO -

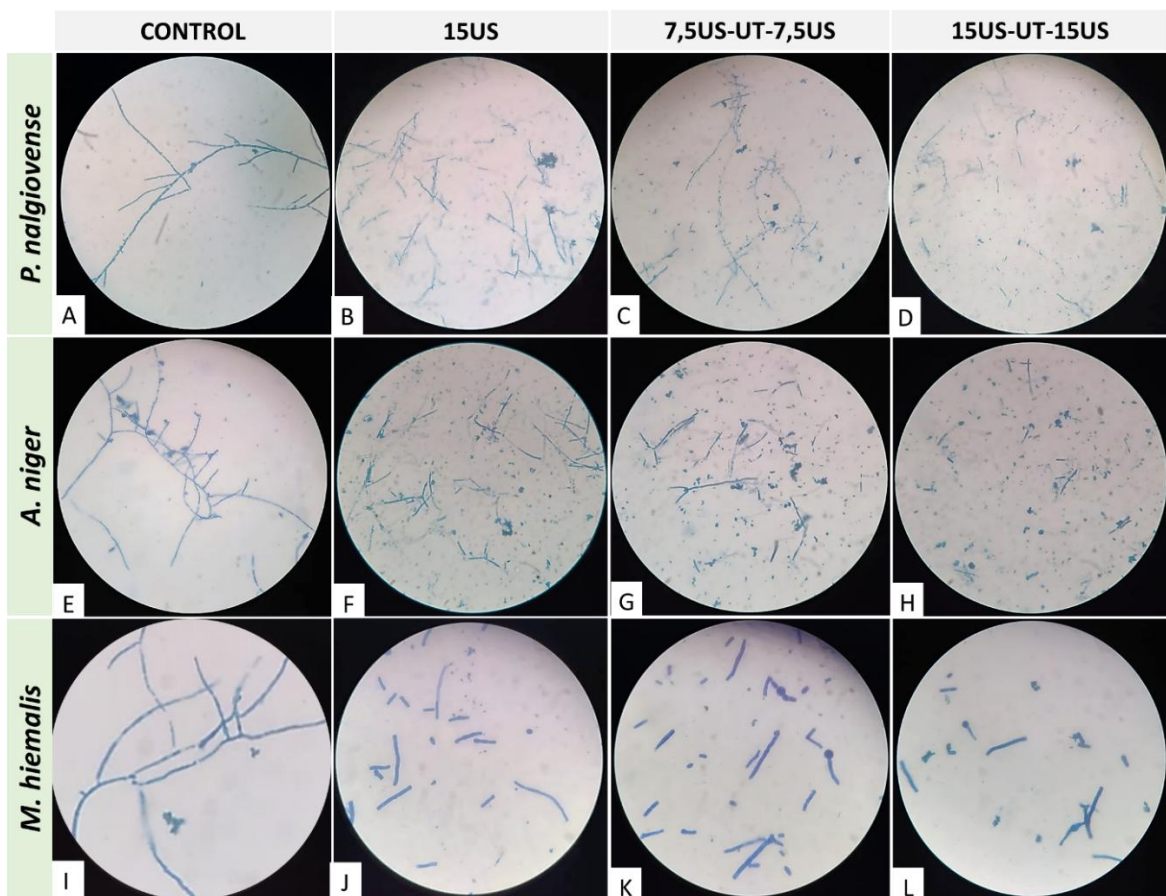
en *P. nalgiovense* *A. niger*. h

*P. nalgiovense*

yo

yu 7

#



**Figura 24.** Micrografías de las dispersiones fúngicas (40X) bajo diferentes tratamientos de ruptura: A-D) *P. nalgiovense*.; E-H) *A. niger*; I-L) *M. hiemalis*.

3.3.2. Estudio de la distribución del tamaño de partícula

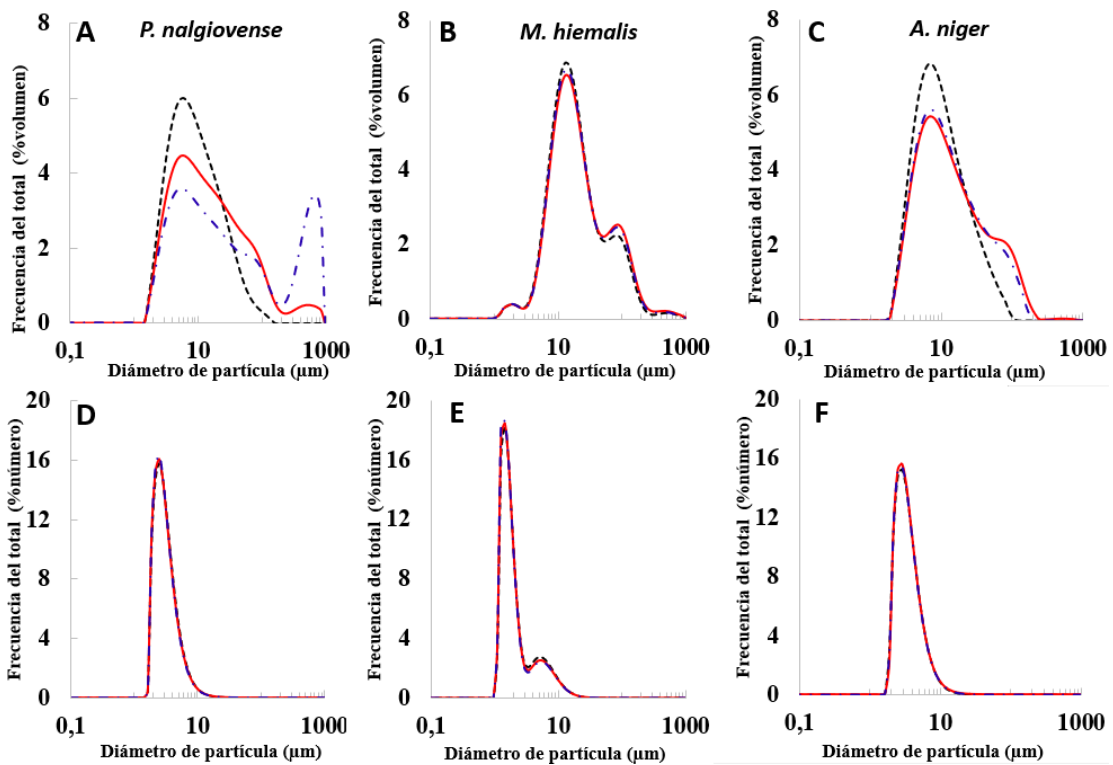
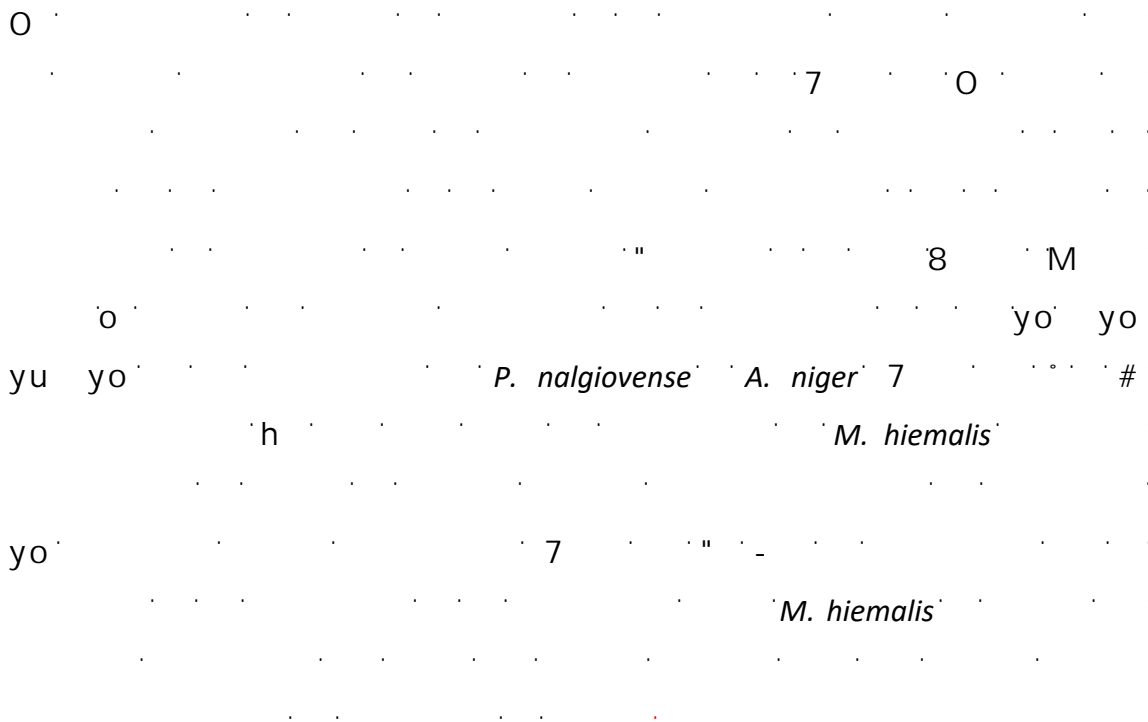


Figura 25. Distribuciones del tamaño de partícula en %Volumen y en %Número de dispersiones de *Penicillium nalgioense* (A y D), *Mucor hiemalis* (B y E); y *Aspergillus niger* (C y F). (---15U-HS-15U; — 15U; -.- 7,5U-HS-7,5U)

O u ) t t t  
*P. nalgiovense, M. hiemalis A. niger*

O t t t  
 u  
 h  
 yo  
*A. niger*

) *P. nalgiovense M. hiemalis*  
 o *M. hiemalis*)  
 U  
*Paecilomyces variotii*  
 y yu yo  
*M. hiemalis A. niger*)  
 yoyu yo  
 yo - yu  
 yo  
 O  
 u  
*P. variotii*  
 yu h *P.*  
*nalgiovense* yoyu yo  
 )  
 yu yo

-  
 7 # O  
 yu  
*P. nalgiovense*

yo

k 7 ) 7

O

*P. nalgiovense* *A. niger*.

*M. hiemalis*

Hongo	Tratamiento	7,5US-1UT-7,5US	15US	15US-1UT-15US
MH	Span			
	D[4,3]			
	dV (0,1)			
	dV (0,5)			
	dV (0,9)			
AN	Span			
	D[4,3]			
	dV (0,1)			
	dV (0,5)			
	dV (0,9)			
PN	Span			
	D[4,3]			
	dV (0,1)			
	dV (0,5)			
	dV (0,9)			

**Tabla 7.** Resultados del análisis distribución del tamaño de partícula en % Volumen (Span, D[4,3], dV (0,1) dV (0,5) y dV (0,9)). Valores expresados como media  $\pm$  DS. (MH) *Mucor hiemalis*; (PN) *Penicillium nalgiovense*; (AN) *Aspergillus niger*.

4. REFERENCIAS

- ... h 7 h ... M ...  
... *Geotrichum candidum* ... *Penicillium camemberti* ...  
... ‡ K U ... "
- ° \ ° # ... h # ... 7 7 h u 8 ...  
... \ " ) U y # # o ) ...  
... " ° 7 ° @ \ U ... ° \ ° # ...  
... @ 8 U) ...
- ° \ ° # ... o u U ... 7 @ \ U ...  
... ° \ ° # @ 8 U) ...
- " 7K o k - o @ @ ...  
... " = \ ...
- " - - O U = - h o 7 ...  
... K *Mucor hiemalis* K ...  
... K " " ...
- " uK# O h - - k 7 K7 7 ...
- " k ° @ V h o 8 V ...  
... *Vibrio harveyi* ... *Litopenaeus vannamei* ...
- " M K # ‡ u U ) U " V = " - 8 U ...  
... ) ... K U ...  
... U ...
- # ° † K ...  
... y U o 8 7 j ...
- # u 8 = K ‡ U ° O o # o ° ° ...  
... # # 8 @ " @ 7 KU 8 V - h u ...  
... h *Aspergillus niger* ...  
... 7 " "



- @ h u 8 † V U ) U h k h U - = # ) U O U - " V
- K † U K o K † U u *Mucor racemosus fresenius* # @ # - j
- M U † # k o O † h 8 † Kk 8 U
- O ) h " # K 8 K # 8 @h *Aspergillus niger,* k " = † V @V Æ
- O o = K U K - O = # # 8 h @ O " @ *Aspergillus niger* V
- O † 8 U k U " K# h " 8 # *Penicillium nalgiovense* Q u 7 o u
- U @ O 8 k U † yM
- U U ° † # - U K U † U
- U M V U U @ U o † " o M 8 # # @V U U h ) U k
- U - ) *Paecilomyces variotii* u 7 # @ ° y V j
- U - ° o ° 8 o ) U k O † h U 7

*Paecilomyces variotii*

@ U

- U # " t ) U 8 U  
U h K ° \ ° # @
- U ) ) 8 Vo u t u K  
 ) o
- U ) ° ) = ‡ 8 h 7 o  
 k
- V K K # O K U M h t K h  
*Penicillium chrysogenum*
- \ \ @ U K h *Aspergillus niger*  
k " h K V
- h U 7  
"
- h 8 -  
u 7 # @  
y V j
- h K @ = ° ° ) 7 o )  
= @ V
- j K h # U \ V o k O h ) o  
k ° k U k # ° ° # ° K u K"  
t ° K " = V u  
K # - u  
#
- k ° o h M ) = o ‡ 7 K k ° °  
O  
O ° ° U

- k U 8 . . . . .  
-K- K " † V @ )  
@v
- k u . . . . . h  
h . . . . . y  
O † V K "
- o V o . . . . . *Geotrichum candidum*  
y O 7 )
- o o o h " h U # -  
*Penicillium camemberti* † @ok K "  
" @ok K" @v Æ† @
- o h h o o U k # 8 M o  
U U
- o U O KU . . . . .  
y K8 U
- † K# U " 7  
K7 u
- † O M K = # \ . . . . .  
*Penicillium chrysogenum*  
U #  
7
- † " " k = † = V  
KU h k
- Æ # - K- † = " . . . . .  
# *Mucor circinelloides*  
"

- $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_0} + \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} + \dots + \frac{1}{\rho_n}$ 

donde  $\rho$  es la densidad de la mezcla,  $\rho_0$  la densidad del componente 0,  $\rho_1$  la densidad del componente 1,  $\rho_2$  la densidad del componente 2, ...,  $\rho_n$  la densidad del componente n.
- $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 + m_1 + m_2 + \dots + m_n}{V}$ 

donde  $\rho$  es la densidad de la mezcla,  $m$  la masa de la mezcla,  $V$  el volumen de la mezcla,  $m_0$  la masa del componente 0,  $m_1$  la masa del componente 1,  $m_2$  la masa del componente 2, ...,  $m_n$  la masa del componente n.
- $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_0 + m_1 + m_2 + \dots + m_n}{V} = \frac{m_0}{V} + \frac{m_1}{V} + \frac{m_2}{V} + \dots + \frac{m_n}{V}$ 

donde  $\rho$  es la densidad de la mezcla,  $m$  la masa de la mezcla,  $V$  el volumen de la mezcla,  $m_0$  la masa del componente 0,  $m_1$  la masa del componente 1,  $m_2$  la masa del componente 2, ...,  $m_n$  la masa del componente n.

# CAPÍTULO II: OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS OBTENIDAS A PARTIR DE DISPERSIONES FILMOGÉNICAS



## 1. OBJETIVO

-

h

- 
- 
- °

u 7 7u

- 7 °

° 7U

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

\

- 7 h

# @y

0

0

h

∅ # 0

M#\

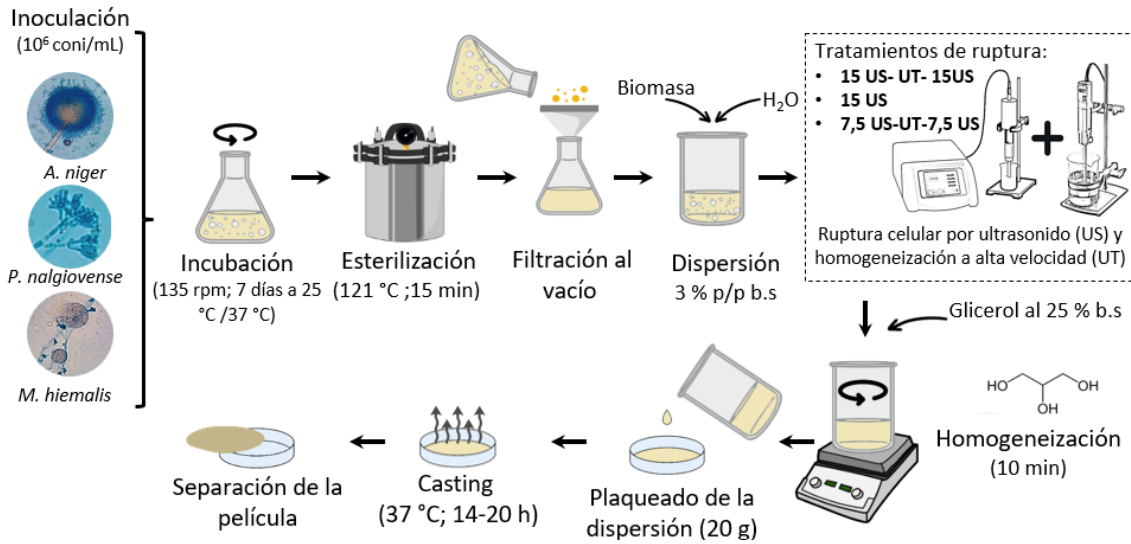


Figura 26. Esquema de preparación de las películas fúngicas.

### 2.1.1. Aspecto visual de las películas fúngicas

O

) U

O

### 2.1.2. Determinación del color

O

O

O

O

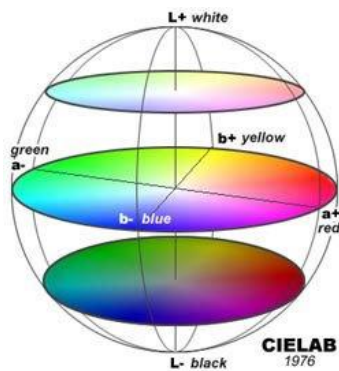


Figura 27. Sistema de ejes para la determinación de color por coordenadas CIELAB (C.I.E., 1986).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta b} = \frac{\Delta L}{\Delta b} + \frac{\Delta a}{\Delta b}$$

M U

#k O

O - o

u O

u # @

# @ O

h # o =

#

k O

**2.1.3. Determinación de la Opacidad**

O

O

yt o o

U @ # # h - O

o o

# o

† V\†

u

# @

#### 2.1.4. Análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

o

bending stretching -

8

7 7u

@ U

o

u 7 U - 7u

u

U

o

8

o

7 7u<sup>o</sup> o # K

uk 8 ° uk

h u -- yy O

=

8 h

k u O

*2.1.5. Estudio de las propiedades mecánicas: Ensayo de tracción uniaxial*

y

o

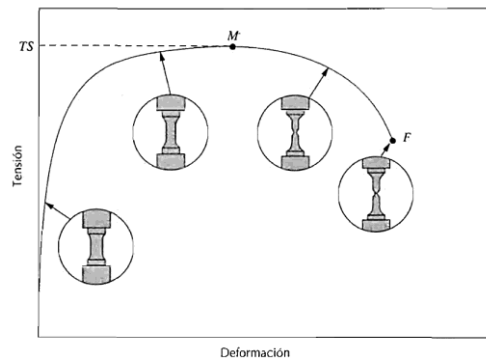
# #

7

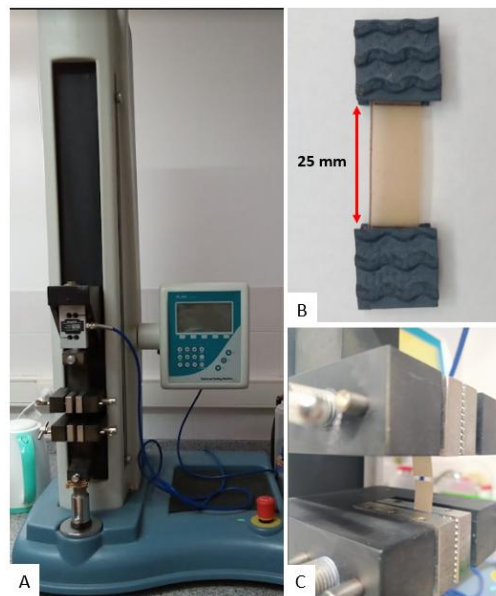
'U Uh

uo Uh

'U



**Figura 28.** Curva típica de tracción hasta la fractura, punto F. La resistencia a la tracción TS está indicada en el punto M. Los insertos circulares representan la geometría de la probeta deformada en varios puntos de la curva. (Callister, 1995)



**Figura 29.** A) Máquina de ensayos universales Megatest® TC-500 serie II; B) Probeta preparada; C) Probeta entre las mordazas del equipo luego de la ruptura.

### 2.1.6. Análisis termogravimétrico (TGA)

u8°  
h  
j u° @ ) yo°  
# o  
# O  
u  
u  
u8°  
u

**2.1.7. Permeabilidad experimental al vapor de agua**

O  
k )  
h  
)  
O  
ouU -

) 0 " #

7 - \

0 -

V \ = )

o

U = 8 ) O

-

# h

h h

O

)

# m

)

J )

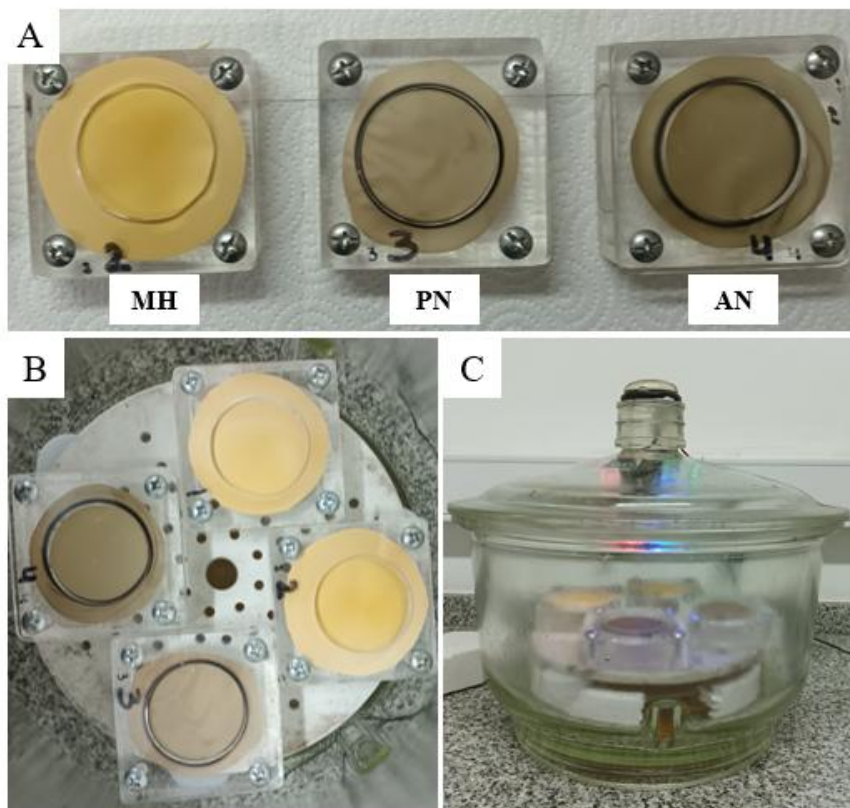
-

$$J_w = \frac{1}{A} \left( \frac{\Delta m}{\Delta t} \right)$$

O  $(P_w^{exp})$

$$P_w^{exp} = \frac{J_w}{\Delta p_w} * E$$

E  
p  
h  
h u



**Figura 30.** A) Conjunto película-celda: (MH) *M. hiemalis*; (PN) *P. nalgiovense*; (AN) *A. niger*. B; C) Celdas dispuestas en el desecador durante el experimento.

### 2.1.8. Microscopía de fuerza atómica (AFM)

- U 7 7U  
#

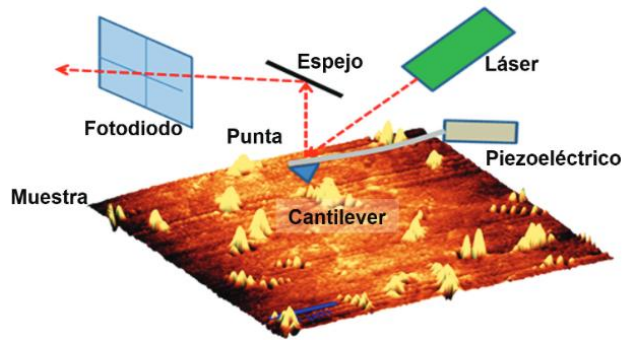


Figura 31. Funcionamiento del AFM (García y Kikut Cruz, 2020).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7

*M. hiemalis*, *A. niger*, *P. nalgiovense*,

7

O

*P. nalgiovense*

*A. niger*

h

*M. hiemalis*.

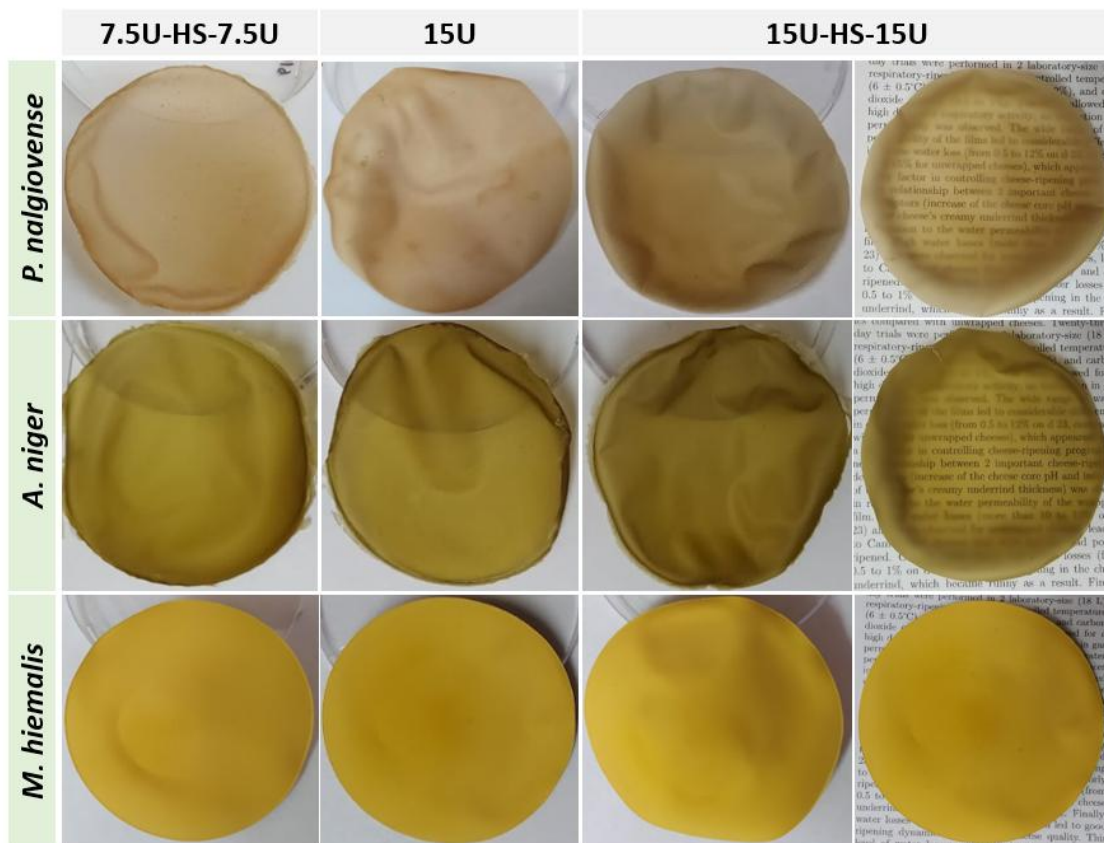


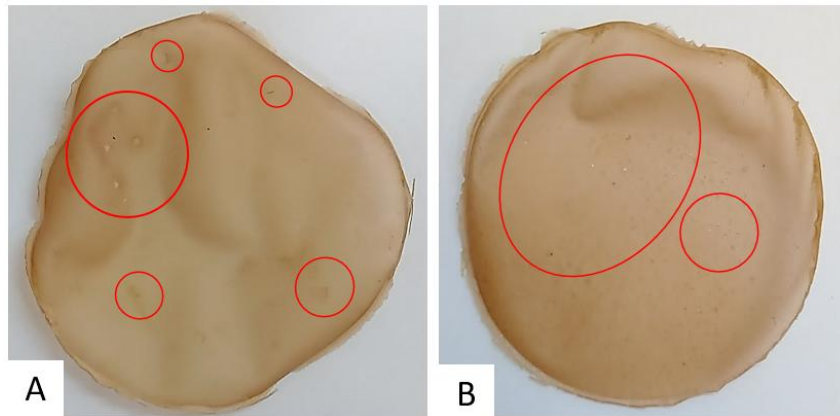
Figura 32. Películas obtenidas a partir de biomasa de A-D) *P. nalgiovense*, E-H) *A. niger*, y I-L) *M. hiemalis* con diferentes tratamientos de ruptura.

V

*P. nalgiovense*

7

yo



**Figura 33.** Películas obtenidas a partir de biomasa de *P. nalgiovense* con diferentes tratamientos de ruptura. A) 15US; b) 7,5US-UT-7,5US. En rojo se señalan las áreas de heterogeneidad.

*Mucor hiemalis* *Aspergillus niger* *Penicillium nalgiovense* V

#@O "

O *M. hiemalis*

O

O *A. niger*

h

*A. niger* *P. nalgiovense*

*P. nalgiovense*

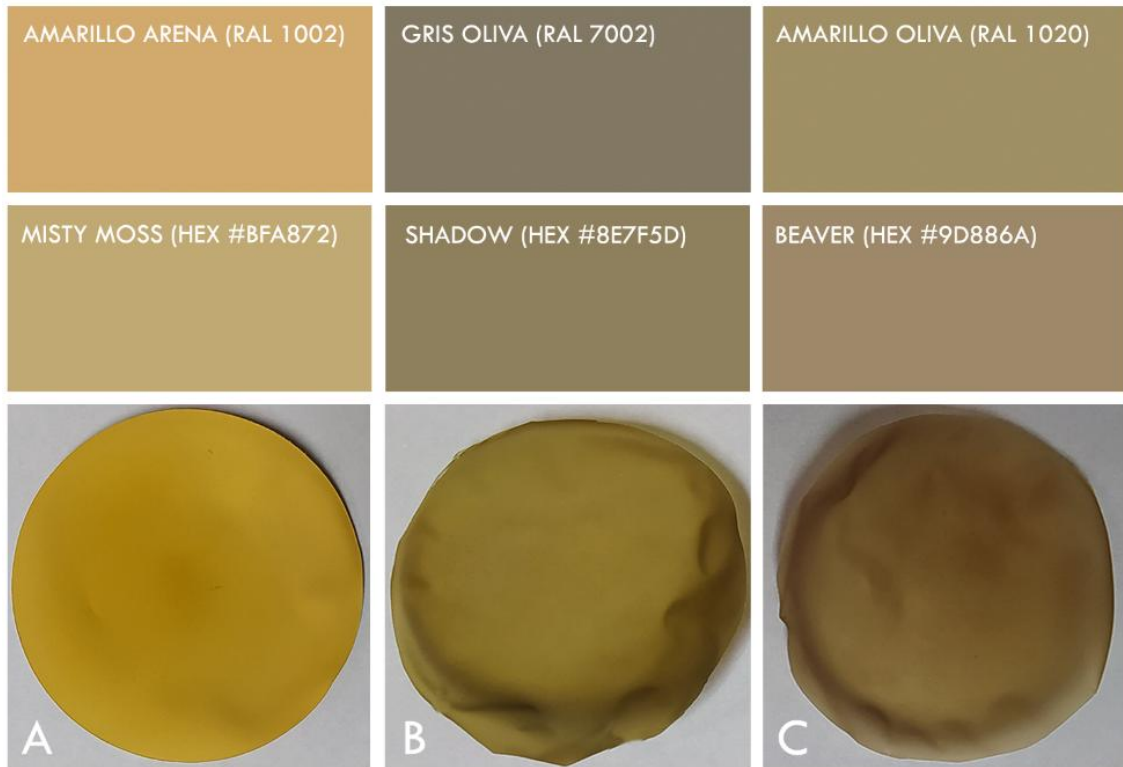
Muestra	Parámetro	7,5US-UT-7,5US	15US	15US-UT-15US
MH	$\sigma$			
	-			
	\			
AN	$\sigma$			
	-			
	\			
PN	$\sigma$			
	-			
	\			

) h u

**Tabla 8.** Resultados del análisis colorimétrico CIELAB y de opacidad de películas a base de biomasa fúngica. Valores expresados como media  $\pm$  DS. (MH) *Mucor hiemalis*; (PN) *Penicillium nalgiovense*; (AN) *Aspergillus niger*.

0 k° O - k° O

*M. hiemalis* *A. niger* *P. nalgiovense*,  
*nalgiovense*,



**Figura 34.** Nombres de los colores de las películas (15US) obtenidos según las paletas hexadecimal y RAL classic A) *M. hiemalis*; B) *A. niger*; C) *P. nalgiovense*.

*P. nalgiovense*

yoyu yo yoyu yo

O *P. nalgiovense* *A. niger*

*M. hiemalis*

7

7

7u

O

7u

7

h

k

u

O @  
\  
M K O ) k u  
V =  
) O  
@ #=  
# = O = )  
- @  
# \  
O - @

@ @ =  
O 7 - t  
@  
O = o O t@  
# \ # \ h \  
O = o r

*P. nalgiovensis* *A. niger*

*M. hiemalis*

@ @ t

V

*A. niger* h

yoyu yo *P. nalgiovensis*

@ t

yo  
yu  
yu

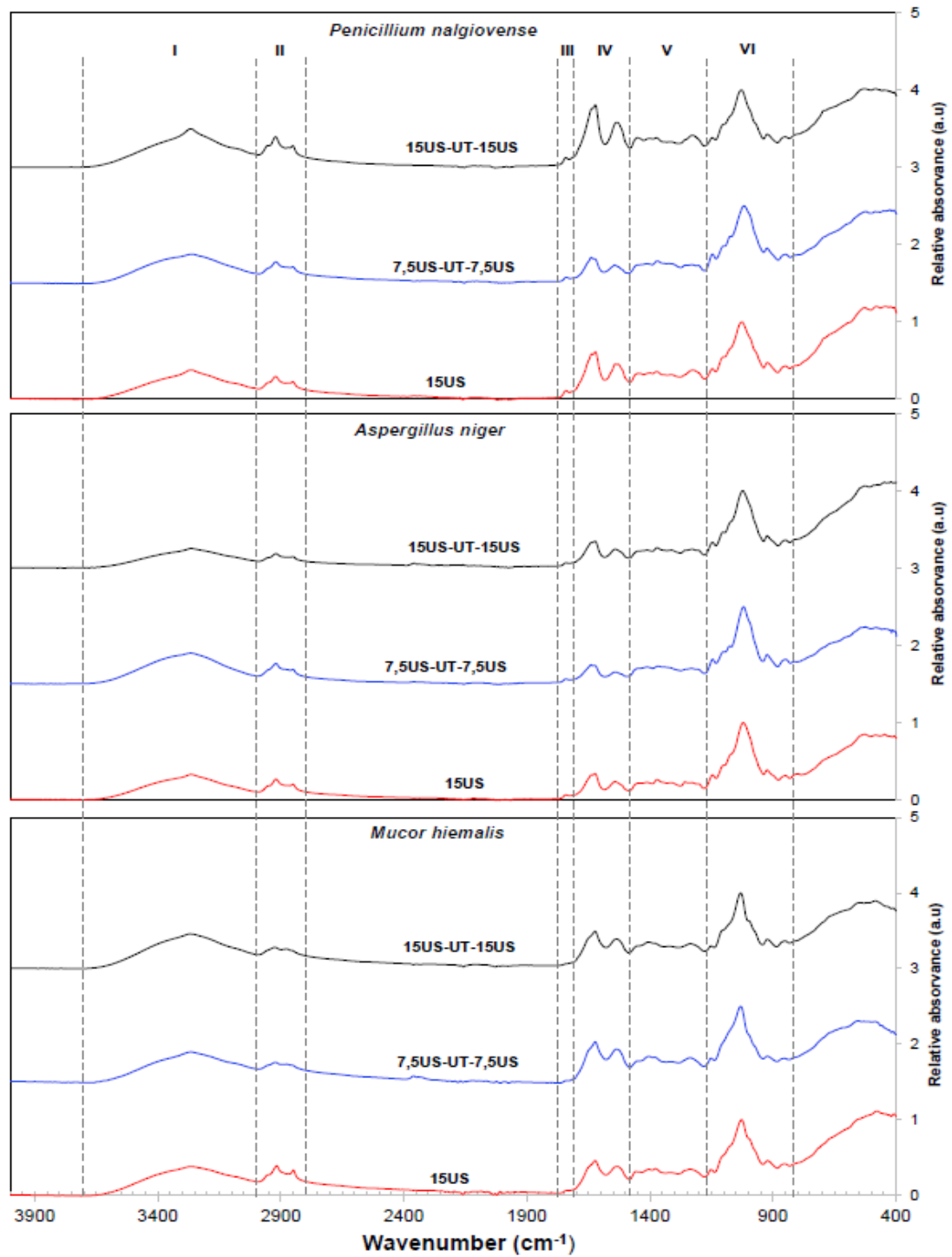


Figura 35. Espectros FTIR de películas obtenidas en el rango de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>. Las zonas espectrales características correspondientes a las principales macromoléculas se indican entre líneas de puntos.

Muestra	Parámetro	7,5US-UT-7,5US	15US	15US-UT-15US
MH	TS	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5
	MY	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
	EB	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
AN	TS	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5
	MY	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
	EB	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
PN	TS	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5
	MY	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
	EB	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1

**Tabla 9.** Resultados del ensayo de tracción uniaxial (TS: Resistencia máxima a la tracción; MY: Modulo de Young; EB: Elongación a la ruptura). Valores expresados como media ± DS. (MH) *M. hiemalis*; (PN) *P. nalgiovense*; (AN) *A. niger*.

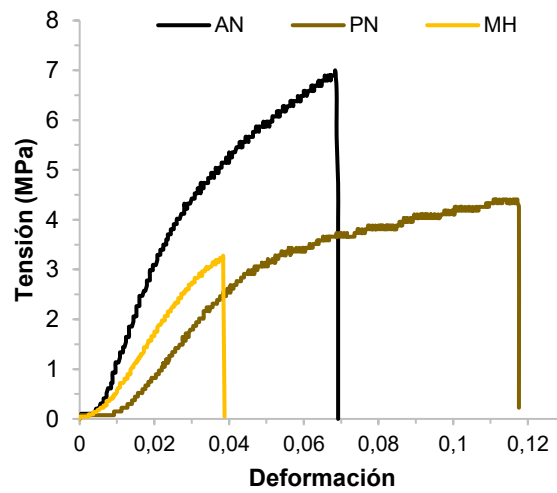


Figura 36. Curva Tensión vs Deformación correspondiente a las películas obtenidas bajo el tratamiento 15US-UT-15US. (MH) *M. hiemalis*; (PN) *P. nalgiovense*; (AN) *A. niger*.

Material	Acondicionamiento			Glicerol (% p/p)	TS (MPa)	YM (MPa)	EB (%)	Referencia
	HR	T (°C)						
<i>Schizophyllum commune</i> (MMP)	-	-	0	5	470		1.5	Appels et al., 2020
<i>Schizophyllum commune</i> (MMP)	-	-	32	1.8	3		29.6	Appels et al., 2020
<i>Ganoderma lucidum</i> (MMP)	-	23	0	1,1	12		14	Haneef et al., 2017
<i>Pleurotus ostreatus</i> (MMP)	-	23	0	0,7	28		4	Haneef et al., 2017
<i>Ganadera curtisii</i> (MMP)	50	25	0	0,84	128,8		1,55	César et al., 2021
<i>Aurantiporus</i> sp. (MMP)	50	25	0	0,91	112,5		1,45	César et al., 2021
<i>Paecilomyces variotii</i> (PM)	52	22	0	9	712		2	Martínez et al., 2024
<i>Paecilomyces variotii</i> (PM)	52	22	25	4	63		10	Martínez et al., 2024
Nanocelulosa de té de Kombucha	52	22	0	25	723		12	Ramírez Tapias et al., 2020
Nanocelulosa de té de Kombucha	52	22	20	9	90		18	Ramírez Tapias et al., 2020
Películas de nanocelulosa	50	23	0	110	3300		12	Thomazine et al., 2005
Película de celofán comercial	50	23	0	120	2820		20	Leppänen at al., 2020
Gelatina	58	22	25	21	6		37	Thomazine et al., 2005
Almidón de maíz		22	20	0,54	6		17	Nasir y Othman, 2021
Quitosano	57	25	25	20	-		40	Epure et al., 2011
Películas de biomasa de levadura	52	25	30	0,7	9		11	Delgado et al., 2018b
PLA comercial	-	-	0	59	1280		7	Farah et al., 2016
HDPE	-	-	-	16-31	0,98		20-50	Bastarrachea et al., 2011; Nwapa et al., 2020
LDPE	65	20-25	0	7-25	0,15-0,34		300-900	Bastarrachea et al., 2011
PET			0	157-177	3,5		70	Bastarrachea et al., 2011
PP	65	20-25	0	27-98	1,8		200-1000	Bastarrachea et al., 2011

**Tabla 10.** Valores de las propiedades mecánicas de distintos materiales biobasados y no sostenibles que se encuentran en la literatura (TS: Resistencia máxima a la tracción; MY: Modulo de Young; EB: Elongación a la rotura). (PLA) ácido poliláctico; (HDPE) Polietileno de alta densidad, (LDPE) Polietileno de baja densidad; (PET) Tereftalato de polietileno; (PP) Polipropileno (MMP) material de micelio puro; (PM) película de micelio.

-

= *Ganoderma lucidum* *Pleurotus*  
*ostreatus* #

*Ganoderma curtisii* *Aurantiporus*

-

o *M. hiemalis, A. niger* *P. nalgiovense*

o *M. hiemalis*

o

u8°

o

7 o

u8°

o

o#

# #

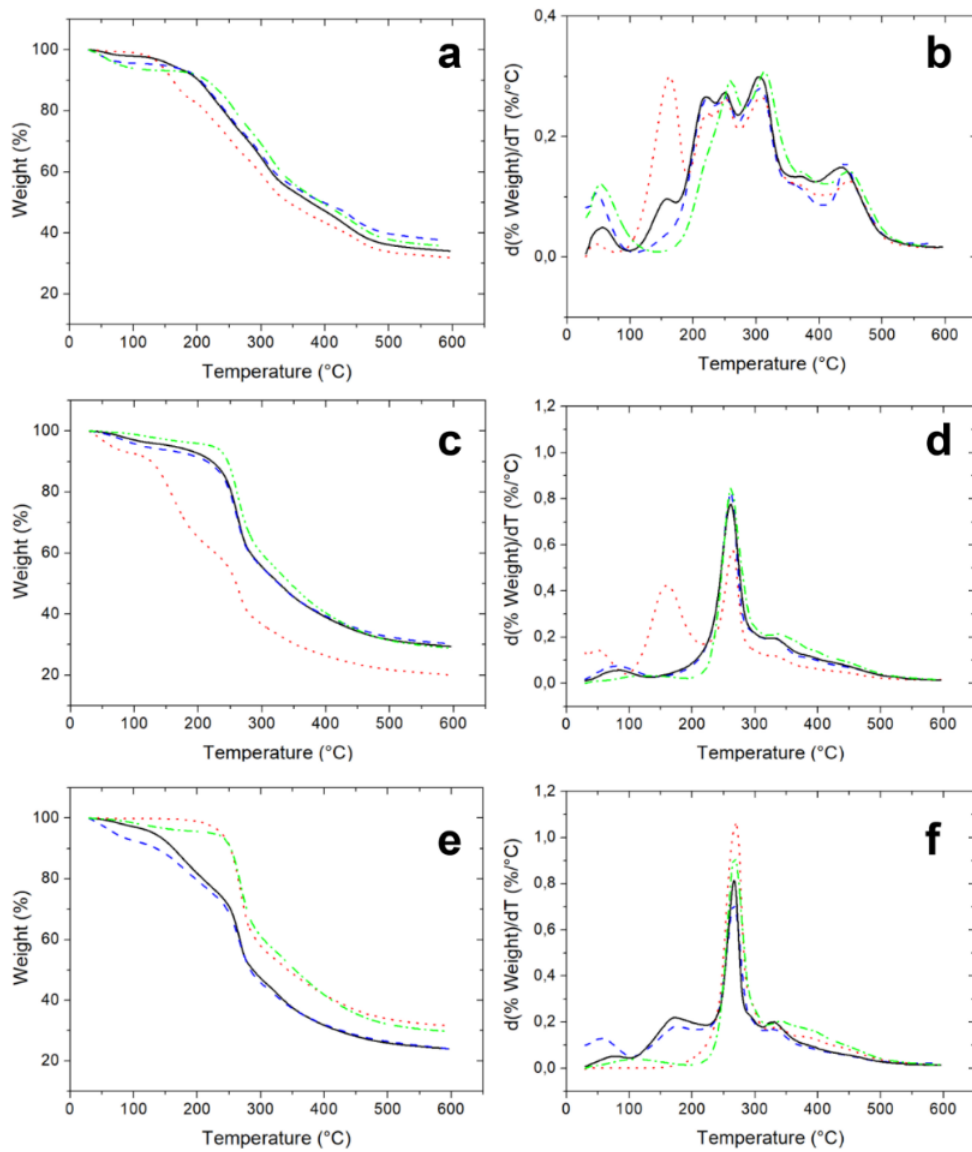
K o

o

#

K

)  
*P. nalgiovensis* *A. niger*, *M.*  
*hiemalis* O  
 #  
 8  
 O  
 ) #



**Figura 37.** Termogramas de las películas fúngicas: peso (%) y primera derivada del peso ( $\% \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) con respecto a la temperatura (a, b) *M. hiemalis*; (c, d) *A. niger* (e, f) *P. nalgiovensis* (control —•—; —15US- UT -15US; ..... 15US; ---7,5US- UT- 7,5US)

		ZONAS DE DEGRADACIÓN								
		2 <sup>da</sup> Zona			3 <sup>ra</sup> Zona					
Tratamiento	T <sub>0</sub> (°C)	Tmax 1 (°C)	Tmax 1 (°C)	Tmax 1 (°C)	Tmax 2 (°C)	Tmax 3 (°C)	Tmax 4 (°C)	Tmax 5 (°C)		
MH	Control	221,2 ± 0,7			260,2 ± 0,1	314,0 ± 1,5	374,9 ± 3,3	445,1 ± 1,9		
	7,5US- UT-7,5US	211,5 ± 7,4		222,7 ± 0,7	251,1 ± 0,4	301,3 ± 4,9	364,6 ± 0,6	447,1 ± 8,9		
	15US	153,0 ± 8,5	162,4 ± 0,1	221,7 ± 0,5	251,1 ± 0,6	306,6 ± 0,3	365,1 ± 1,4	444,3 ± 2,1		
AN	15US-UT-15US	169,9 ± 19,9	177,3 ± 15,3		254,3 ± 4,6	307,7 ± 5,5	371,1 ± 3,9	445,4 ± 14,9		
	Control	243,4 ± 0,4	121,8 ± 2,9	262,1 ± 0,0	337,7 ± 0,8					
	7,5US-UT-7,5US	235,0 ± 1,8		261,3 ± 0,0	332,2 ± 0,4					
PN	15US	137,6 ± 10,7	156,6 ± 3,3	266,4 ± 3,5	333,4 ± 12,4					
	15US-UT-15US	226,4 ± 13,2		262,0 ± 1,2	331,5 ± 2,3					
	Control	242,9 ± 0,3	120,8 ± 0,1	267,4 ± 0,1	343,0 ± 3,5					
PN	7,5US-UT-7,5US	161,5 ± 16,3	176,8 ± 2,1	271,7 ± 5,6	335,3 ± 4,6					
	15US	200,5 ± 43,1		272,6 ± 4,4	335,7 ± 2,6					
	15US-UT-15US	154,6 ± 52,2	171,7 ± 1,1	267,1 ± 0,4	330,0 ± 0,8					

**Tabla 11.** Parámetros obtenidos de ensayos de degradación térmica de las películas de biomasa fúngica en el rango de 30-600 °C. (MH) *Mucor hiemalis*; (AN) *Aspergillus niger*; (PN) *Penicillium nalgiovense*.

$u$   $u_8$   
 $u$   
 $u$   $0$   
*A. niger* *M. hiemalis*  $yu$   
 $yo$   $u$   
 $\#$   $@$   
 $h$   
 $0$   $u$   
 $0$   $P_w^{exp}$   
*Aspergillus niger* *Penicillium*  
*nalgiovense*  $h$   
 $h$  *Mucor hiemalis*  
 $h$

	Tratamiento	Espesor ( $10^{-5}$ m)	$J_w$ ( $10^{-3}$ g.s <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> )	$P_w^{exp}$ ( $10^{-10}$ g.s <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> )
MH	yo			
	yoyu yo			
AN	yo			
	yoyu yo			
PN	yo			
	yoyu yo			

**Tabla 12.** Valores del flujo de vapor de agua ( $J_w$ ), y permeabilidad al vapor de agua experimental ( $P_w^{exp}$ ). (MH) *Mucor hiemalis*; (AN) *Aspergillus niger*; (PN) *Penicillium nalgiovense*. (media  $\pm$  DS)

$U = 8$   
 $h$   $\#$   $)$

*P. nalgiovense*  
*A. niger* *M. hiemalis*

O  
)

U =  
\  
"

)  
O

h  
)

)  
O

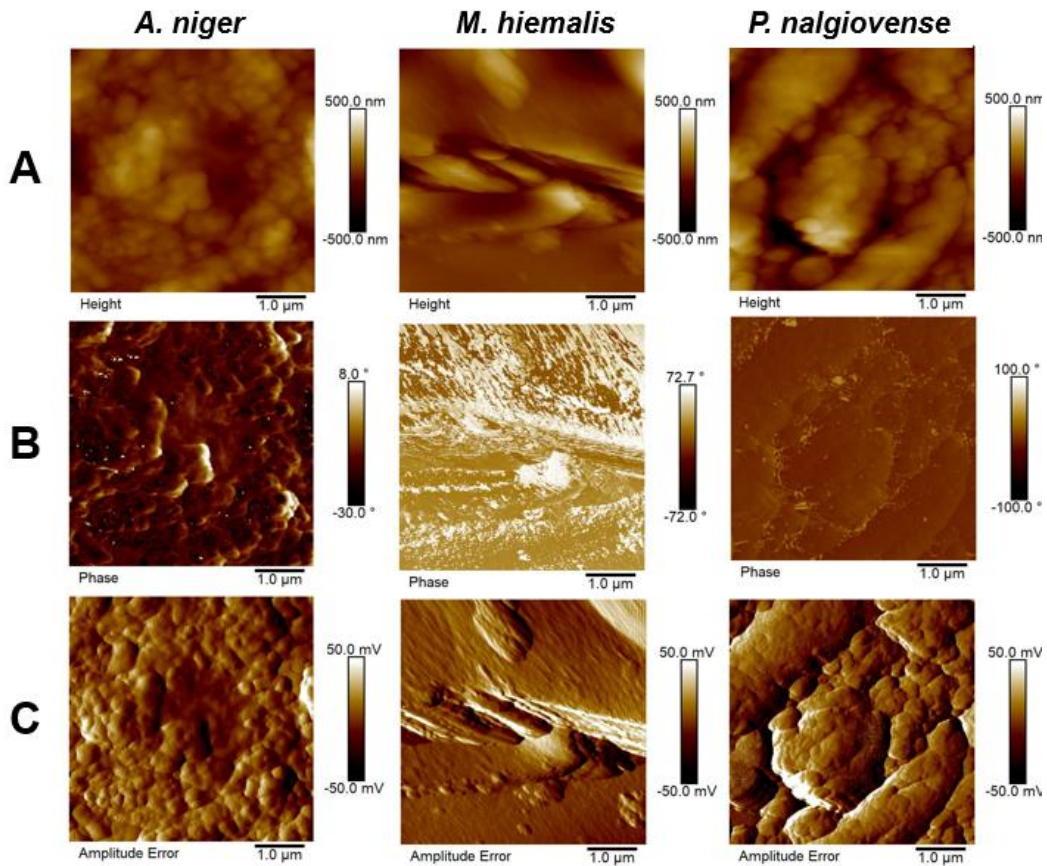
*P. nalgiovense* *A. niger*  
h -  
)

U

U 7U  
O 7U

*A. niger, M. hiemalis* *P. nalgiovense*  
yoyu yo O





**Figura 38.** Imágenes AFM de altura (A), fase (B) y de amplitud (C) de películas de *A. niger*, *M. hiemalis* y *P. nalgiovensis* obtenidas a partir de dispersiones 15US-UT-15US

#### 4. REFERENCIAS

- ... U o u- K @ u M =  
7 ... # 8 ... h ...
- ... O M ... U h o 7 ...  
o U u t ... @v ...
- ... 7†† † ... " K8 ) ... K M 8† † ... = ° "  
7 ...  
# " ...





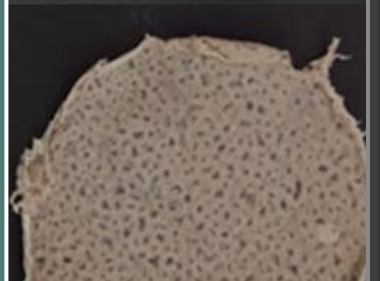
- Mucoromycota* hO o \ V-
- - † 8 U h - ° O o #
  - h
  - - o M U ° @ # (Lactarius vellereus Phyllophora ribis) ° @
  - # h
  - 7 o ° ) 8 O k h hO
  - ° ) ) k @V E
  - 8 ° ° M # M U @ †
  - 8 ° ° † # O 8 # = U K 7
  - 8 - U o † o h y h † @ V
  - 8 # ) ) " k U " 7 " ) o " o o # # u8 ° @ #
  - = U # O # # " @ = 8 K ° ° o k
  - K U M M " 8 K ° @ O # = V K † h K h o h ° h #

- M K U U 8 U @
- O 8 † U K = † # O " 8 † U U u ) o 8) @ 7u@ 7 U h
- O @ † U = † - ) h o # # " 7 ) # o Kh -
- O kk " ) = U 8 - " 7 # o #
- O ) † o k # U † o k # V O U † h - k U @ j O
- O 7 † † @ ) o h 7 " # k
- U † † o † 8 o ) U k O † h U † 7 *Paecilomyces variotii* @ U
- U = † u = † " k M K U = K7 o
- U k 7 7u@ 7∞

- V V V \ o° u h U h #  
" 7 ) o 8 # K h  
o
- V # \ \ K \ # O # \ † U  
h = ) h O O ) h  
" ook8@ K h u  
@hu- t @h
- h =K # U o 8  
K7 -
- h o@ - @ = # U  
t # " 7 K° 7 #
- k u ° ) U U t h U ° o ° 8  
M  
7 #
- k u ° h U ° ) K7 o ° 8 M u "  
o V U 7 # 7  
7 " u
- k \ O 7 K# o o@h U - U Œ -  
7 # † h ° k 7  
U " h # k 7 o V
- k - † - #  
U U t V @oV  
@oV Œ
- o 7° " o° ° o U o" y h" @  
# *Aspergillus* o U 7u @  
k y t t o h ° U  
" o
- o o = " o  
@ = ) 8 U - " 7 # - u  
U t @o V o ° 8 @ V



# CAPITULO III: OBTENCIÓN DE MATERIALES DE MICELIO PURO



## 1. OBJETIVO

El objetivo de este experimento es obtener el micelio puro de *Aspergillus niger*, *Monascus ruber* y *Penicillium nalgiovense*.<sup>h</sup>

- k *Monascus ruber*.
- #
- @ *Monascus ruber*

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

\ "UUh"

### 2.1.1 Confirmación de identidad de las cepas de trabajo

o *Aspergillus niger* ° V *Penicillium nalgiovense* hV  
 # @ *Monascus ruber* Uk  
 h o 7 U  
 ° y V j @ UVk O  
*M. ruber*  
 # @

### 2.1.2. Preparación del inóculo

O *Aspergillus niger* ° V *Penicillium nalgiovense*  
 # @) *Monascus ruber* Uk  
 h) # o

O *A. niger* *P. nalgioense*

O *M. ruber*

### 2.1.3. Cultivo sumergido

#

UUh *Aspergillus niger* V *Monascus ruber* Uk

O

O

O

o

*A. niger*

*M. ruber* O

O

#

*A. niger*

#

*M. ruber*

O

#

UUh

‡

V

o

#

\ #

o

=

=

uh †

On= h' u

### 2.1.4. Plastificación y prensado

O UUh

O UUh

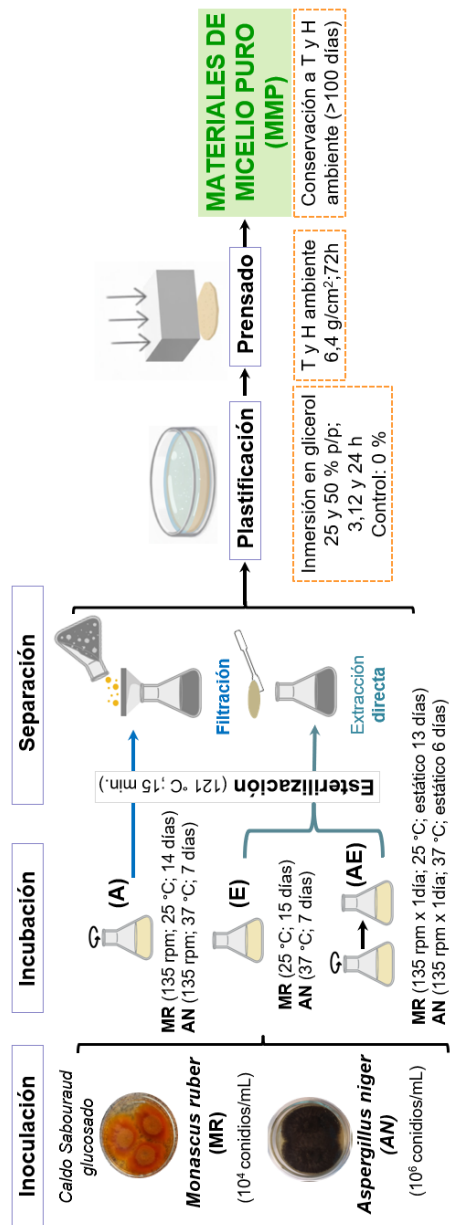


Figura 39 .Esquema de obtención de los materiales de micelio puro (MMP).

# 'UUh'

2.2.1. Determinación del color

- 'A. niger' - 'M. ruber' - 'P. nalgiovense' -

#k 'M' 'U' \ 'K

# '@' 'O'

#@'O "

'h' '#o'

'k°' 'O'

2.2.2. Estudio de las propiedades mecánicas: Ensayo de tracción uniaxial

'h' 'A.

'niger' 'M. ruber' 'O' 'o'

# '@@' 'UUh' 'P.

'nalgiovense' '# 'O' 'UUh'

'o' 'uo'

'U' '-' 'UUh'

# '@' 'O'

'†' '\t' 'u'

'@' '8' '@' '7' '#'

'y' 'V' '#' 'o'



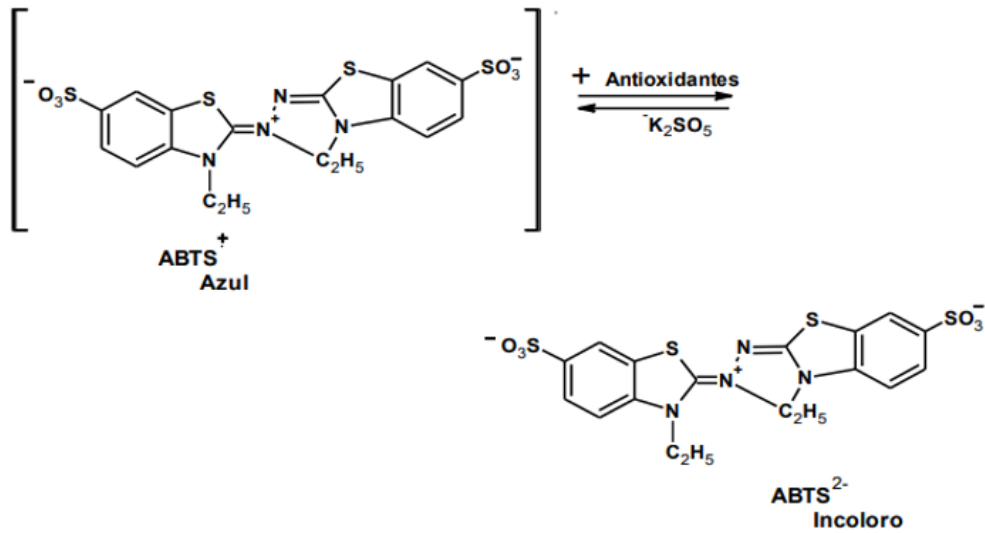


Figura 40. Estructura del ABTS<sup>•+</sup> antes y después de la reacción con el antioxidante (adaptado de Zuleta et al., 2009).

$$\%RSA = \left( \frac{Abs_{blanco} - Abs_{muestra}}{Abs_{blanco}} \right) \times 100$$

O *M. ruber*

"uo o "uo U

U U j

)

#

"uo

O

O U j O

y t t o O @

yVj

h . . . . . *M. ruber*

o

# o

o

ko°

U ) hh=

h . . . . . " uo

) hh= -

) hh= " ‡

8 h - ) hh=

7 o

) hh=

# #

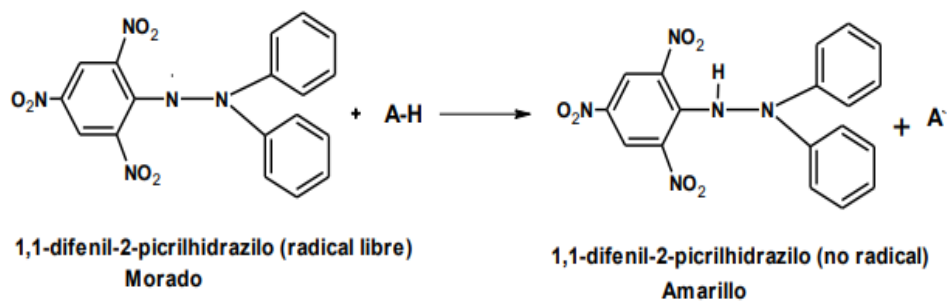


Figura 41. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante (Alam et al., 2012)

O' ..... *M. ruber* .....  
 ..... ) hh= 'o ..... ) hh= .....  
 U ..... h .....  
 ..... *M. ruber* .....  
 ..... O ..... O .....  
 ..... o .....  
 ..... # .....  
 O ..... O .....  
 ..... \_ .....  
 O ..... ko° .....  
 ..... \_ .....

**2.2.4. Determinación de la actividad antimicrobiana de los micelios de *M. ruber***

O' ..... *Monascus* .....  
 ..... = ..... h .....  
 ..... \_ .....  
 ..... " .....  
 U .....  
 O' ..... = .....  
 ..... \_ .....  
 .....  
 O ..... h .....

)

O

Staphylococcus aureus ° u## Escherichia coli ° u## U 7 y7# O

@ #

y7# Oo

O h @

h

#

yt O

yt O #

7

o

O

U

o

Staphylococcus aureus ° u## Escherichia coli ° u##

O

@ u

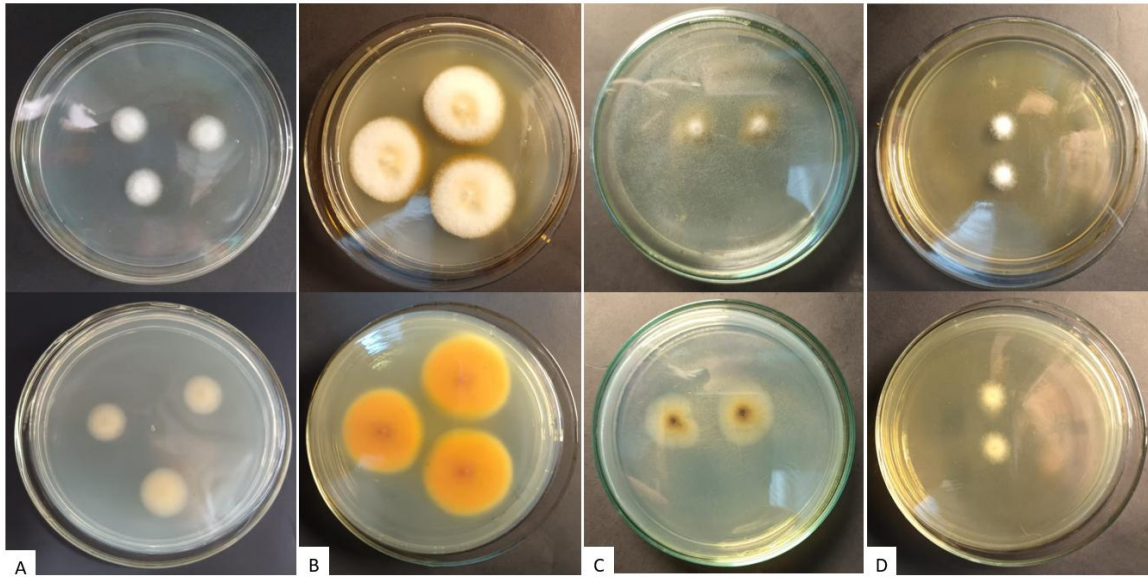
# O  
 # u  
 #  
 u  
 o  
 h  
 o o

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

\ UUh

#### 3.1.1. Confirmación de identidad de *M. ruber*

#  
 O U-  
 - 8 V  
 V # - # #  
 O 7



**Figura 42.** Colonias de *M. ruber* tras 7 días de incubación en diferentes medios de cultivo: A) CYA a 25 °C; B) MEA a 25 °C; C) CYA a 37 °C; D) G25N a 25 °C. (Superior: anverso; Inferior reverso).

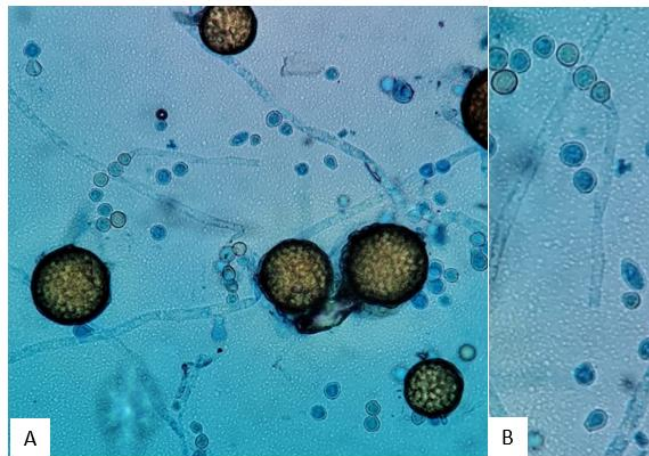
O

7

O

h =

*Monascus ruber.*



**Figura 43.** Ampliaciones desde microscopías de aislamientos de *M. ruber* A) cleistotecios 40X; B) conidios 100X.

3.1.2. Cultivo sumergido

O *Aspergillus niger* *Monascus ruber*

o 7

*A. niger* -

V o

# @ #o8U

u

o

UUh -

V

#o8U o

UUh *A. niger* -

h

UUh

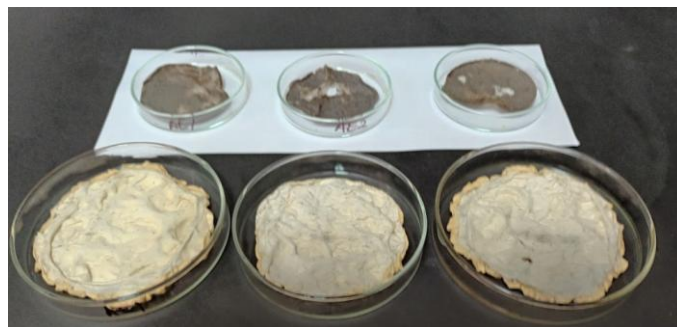
h

UUh

k- 7



**Figura 44.** Izq) Diferentes morfologías de crecimiento de *A. niger* bajo diferentes condiciones de cultivo. Der.) Micelios obtenidos. A: agitado; E: estático; AE: combinado



**Figura 45.** Micelios y biomasa remanente en medios AE de *A. niger*.

#

A. niger

0

0

0

# @ -

#o8U

Condición	g/L (b.s)	pH <sub>final medio</sub>
E		
A		
AE		
R <sub>AE</sub>		

\*Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) mediante la prueba de Tukey

**Tabla 13.** Rendimientos de micelio de *A. niger* en b.s y pH al final de la incubación (\*pH inicial  $5,8 \pm 0,1$ ). A: agitado; E: estático; AE: combinado, R<sub>AE</sub>: biomasa residual de AE. Media  $\pm$  DS.

7

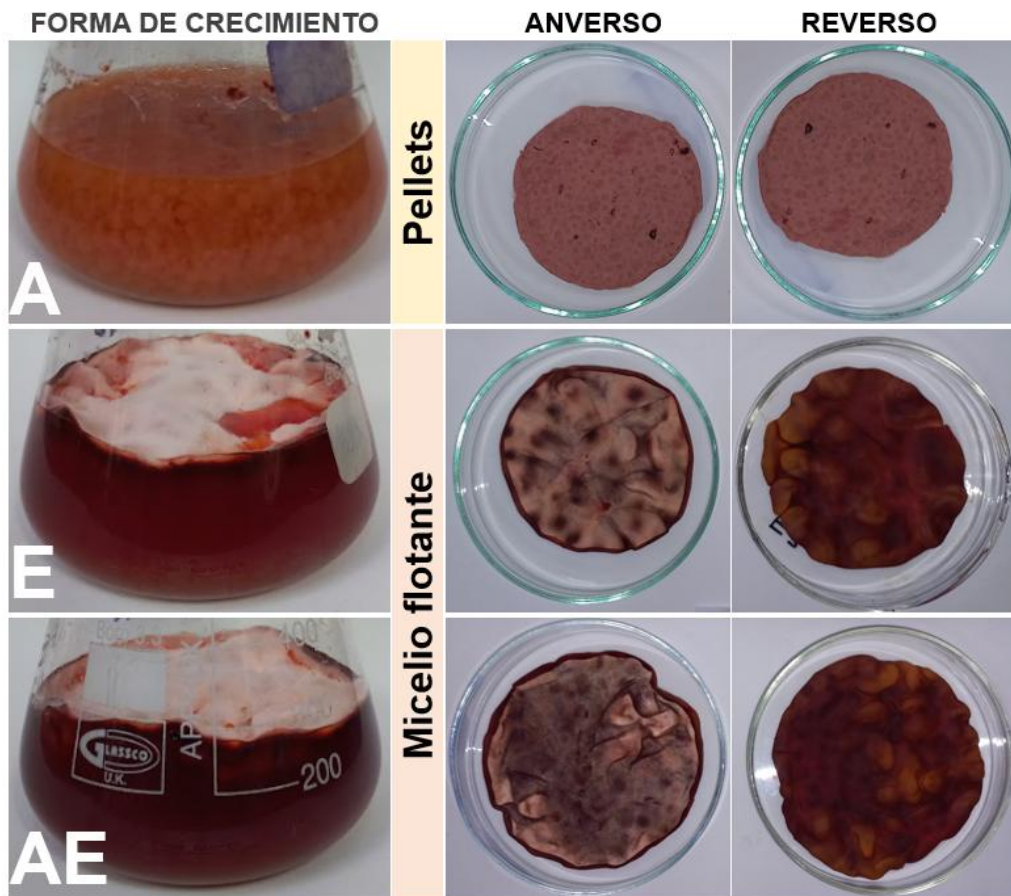
M. ruber

u

0

0

UUh



**Figura 46.** Izq) Diferentes morfologías de crecimiento de *Monascus ruber* bajo diferentes condiciones de cultivo. Der.) Anverso y reverso de los micelios obtenidos. A: agitado; E: estático; AE: combinado



<i>A. niger</i>								
Glicerol (% p/p)	controles		Tiempo de inmersión					
			3 horas		12 horas		24 horas	
	A	AE	A	AE	A	AE	A	AE
0			-	-	-	-	-	-
25	-	-						
50	-	-						
<i>M. ruber</i>								
Glicerol (% p/p)	controles		Tiempo de inmersión					
			3 horas		12 horas		24 horas	
	A	E	A	E	A	E	A	E
0			-	-	-	-	-	-
25	-	-						
50	-	-						

**Figura 47.** Micelios de *M. ruber* (MR) y *A. niger* (AN) obtenidos en diferentes condiciones de cultivo e inmersión en glicerol (25 y 50 %p/p) por 3, 12 y 24 h y sus respectivos controles (glicerol 0 % p/p). (A) cultivo agitado, (E) estático y (AE) combinado.

u

*A. niger* *M. ruber*

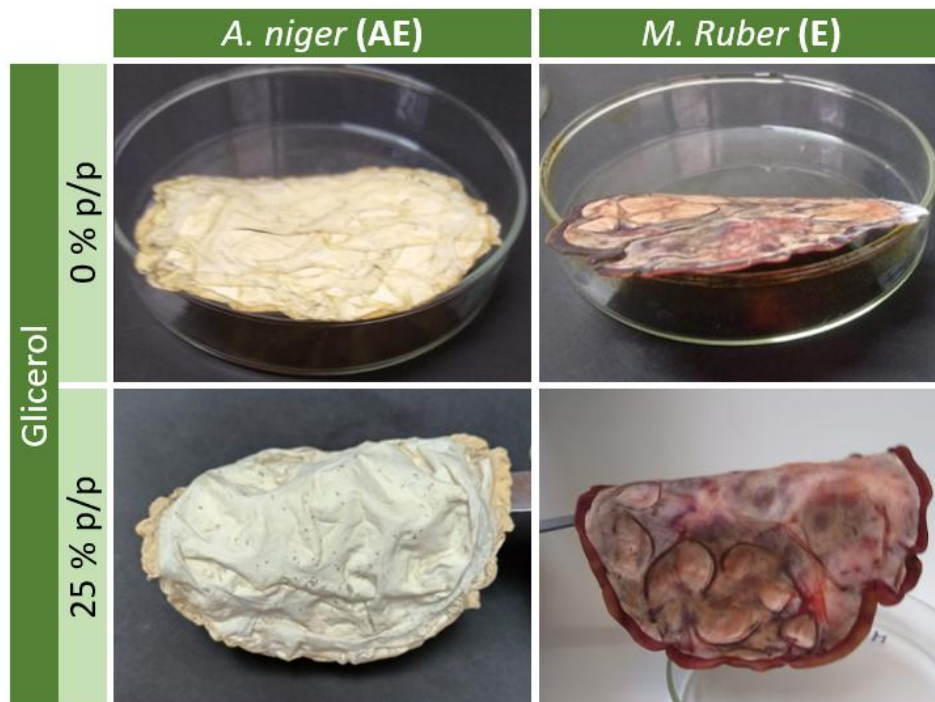
0

7

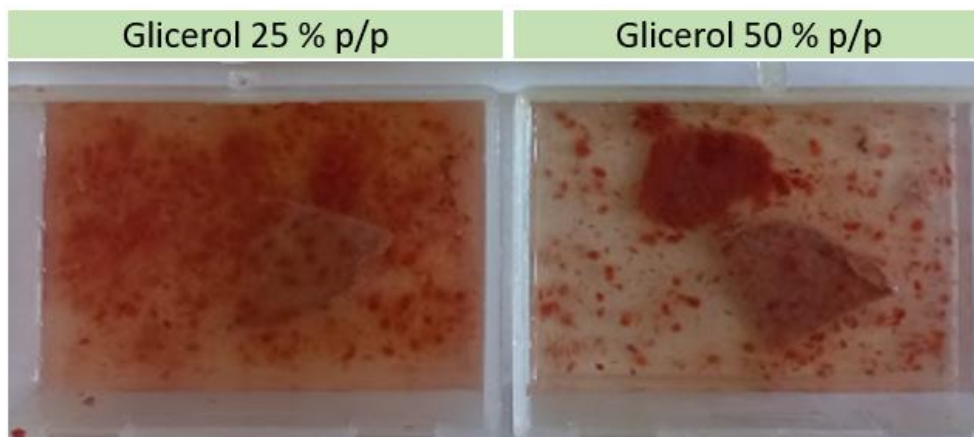
0

7

h



**Figura 48.** Micelios de *A. niger* y *M. ruber* obtenidos de cultivos combinado (AE) y estático (E) tratados por inmersión en 25 % p/p glicerol (3 h) y sus controles (0 % p/p) luego del prensado.



**Figura 49.** Desintegración de micelios de *M. ruber* durante la inmersión en glicerol 25 y 50 % p/p.

u UUh o

u UUh

# UUh

### 3.2.1. Determinación del color

h UUh A. niger M. ruber,

UUh P. nalgiovense - o

P. nalgiovense

# @

# @

O u

UUh A. niger - , M. ruber - P.

nalgiovense - O UUh

O 7

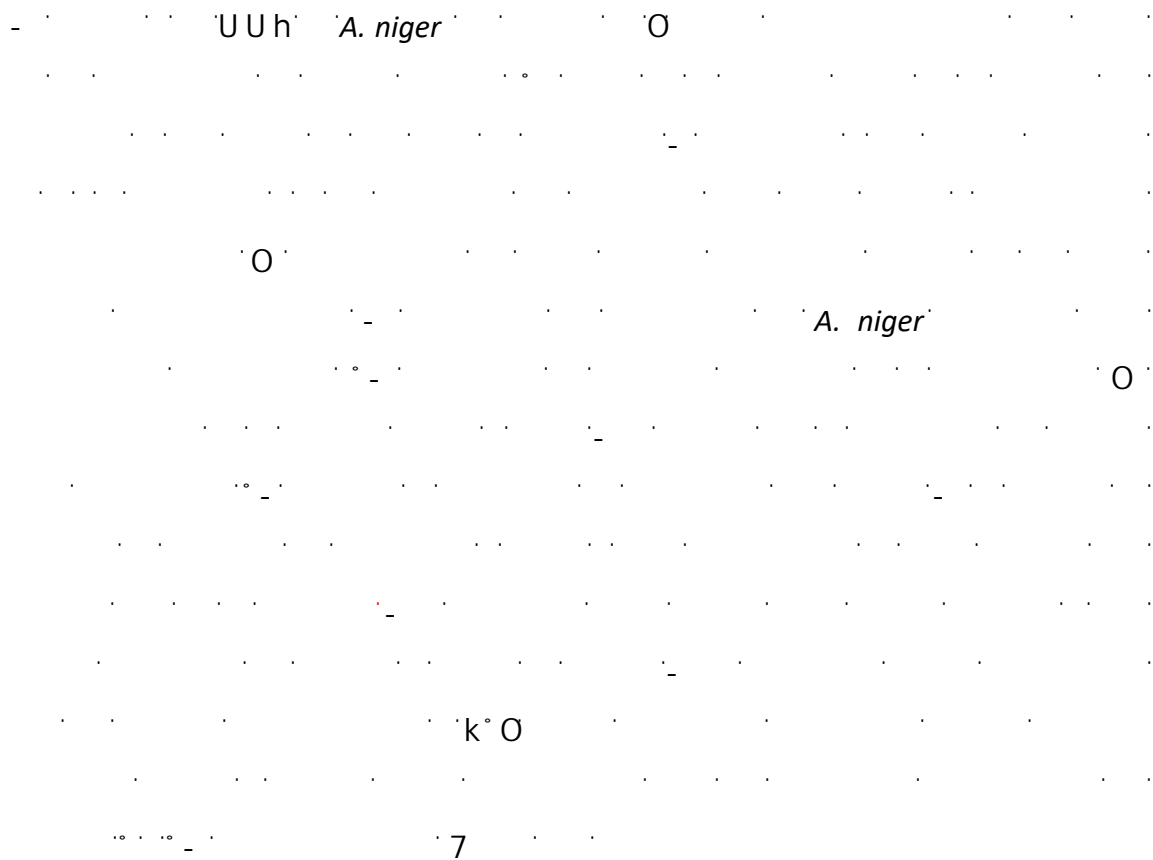
k° O #@O "

UUh A. niger, P.

nalgiovense M. ruber

		A <sub>A</sub>	A <sub>R</sub>	AE <sub>A</sub>	AE <sub>R</sub>
AN	0				
	-				
		A <sub>A</sub>	A <sub>R</sub>	E <sub>A</sub>	E <sub>R</sub>
MR	0				
	-				
				AE <sub>A</sub>	AE <sub>R</sub>
PN	0				
	-				

**Tabla 15.** Resultados del análisis colorimétrico CIELAB en el anverso (A) y reverso (R) de los MMP de *A. niger* (AN), *M. ruber* (MR) y *P. nalgiovensis* (PN). (A) cultivo agitado, (E) estático y (AE) combinado. Valores expresados como media ± DS.



AE		A	
ANVERSO	REVERSO	ANVERSO	REVERSO
PAPYRUS WHITE (RAL 9018)	BEIGE (RAL 1001)	PALE BROWN (RAL 8025)	PALE BROWN (RAL 8025)
PALE SILVER (HEX #D1CAB3)	ECRU (HEX #BAA982)	WENGE (HEX #685C4C)	QUINCY (HEX #675A4A)
			

**Figura 50.** Códigos y nombres de los colores similares según las paletas hexadecimal y RAL classic de los materiales de *A. niger* bajo diferentes condiciones de cultivo. (A) cultivo agitado y (AE) combinado.

UUh' *M. ruber*

O' UUh' *M. ruber*

*A. niger* O' O

O

O

*M. ruber* -

*Monascus,*

O

*Monascus spp.*

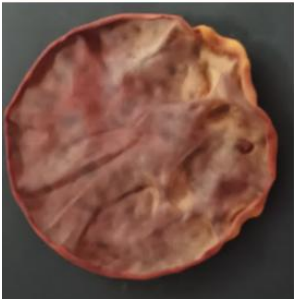
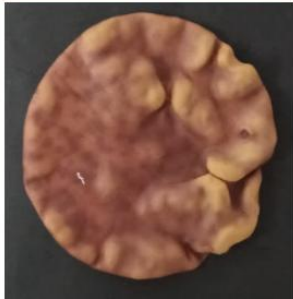

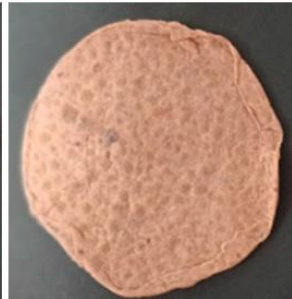
# h @

UUh'

O

k° O *M. ruber*

*A. niger*

E		A	
ANVERSO	REVERSO	ANVERSO	REVERSO
RED BROWN (RAL 8012)	SIGNAL BROWN (RAL 8002)	PEARL BEIGE (RAL 1035)	PEARL BEIGE (RAL 1035)
LIVER CHESTNUT (HEX #603A34)	COFFEE (HEX #6F483B)	BAZAAR (HEX #986E75)	BAZAAR (HEX #986D75)
			

**Figura 51.** Códigos y nombres de los colores similares según las paletas hexadecimal y RAL classic de los materiales de *M. ruber* obtenidos bajo diferentes condiciones de cultivo. (A) cultivo agitado y (E) estático.

UUh M. ruber

A. niger y P. nalgiovense

AE	
ANVERSO	REVERSO
SILK GREY (RAL 7044)	PEBBLE GREY (RAL 7032)
SILVER PINK (HEX #BAB2A3)	KHAKI (HEX #BCB398)
	

**Figura 52.** Códigos y nombres de los colores similares según las paletas hexadecimal y RAL classic de los materiales de *P. nalgiovense* obtenidos bajo cultivo combinado (AE).

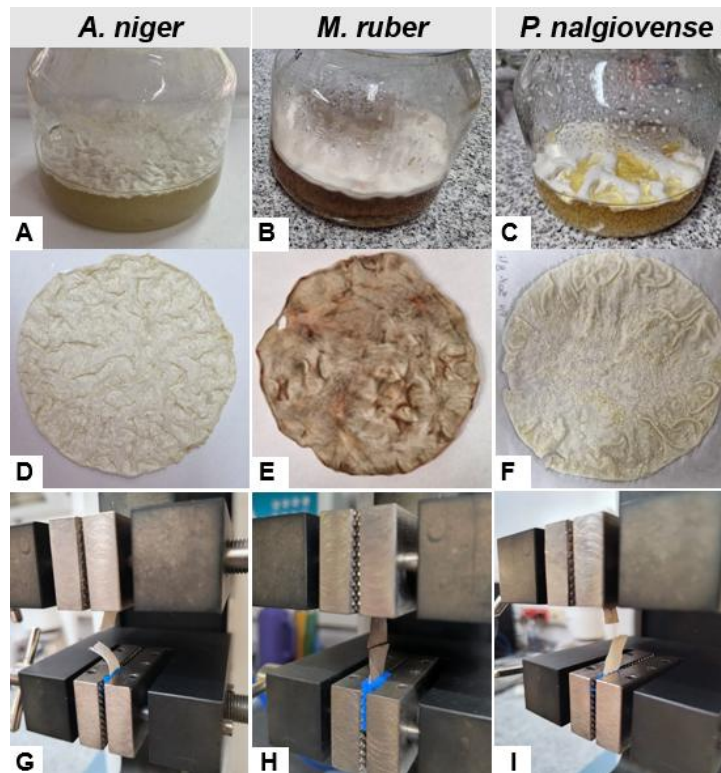
### 3.2.2. Estudio de las propiedades mecánicas: Ensayo de tracción uniaxial

0 7

0

UUh P.  
nalgiovense

A. niger P. nalgiovense M. ruber 0 M.  
ruber



**Figura 53.** A-F: Micelios obtenidos de *A. niger*, *M. ruber* y *P. nalgioyense* utilizados para evaluar sus propiedades mecánicas. G-H: Materiales de micelio entre las mordazas del equipo luego de la ruptura.

O u

*A. niger* - *P. nalgioyense* - *M. ruber* -

O *A. niger* *P. nalgioyense* *M. ruber*

uo

U

O

8

O

7

V

y

8

O

*P. nalgiovense*

U h

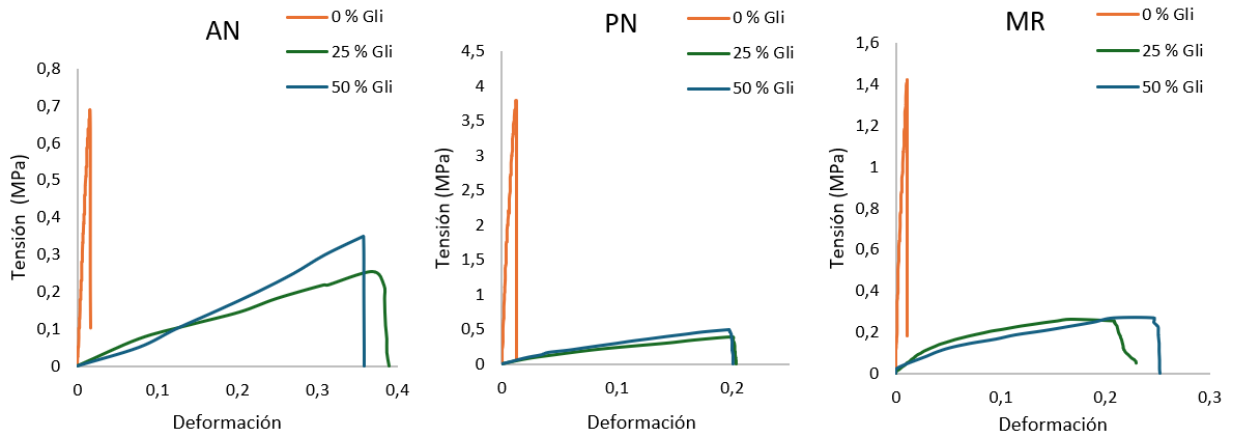
h

*A. niger* *M. ruber*

Hongo	Parámetro	CONTROL	25 % GLI	50 % GLI
AN	uo U h			
	' U ' U h			
	-"			
MR	uo U h			
	' U ' U h			
	-"			
PN	uo U h			
	' U ' U h			
	-"			

\* Diferentes letras minúsculas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) mediante la prueba de Tukey.

**Tabla 16.** Resultados del ensayo de tracción uniaxial (TS: Resistencia máxima a la tracción; YM: Módulo de Young; EB: Elongación a la rotura). Valores expresados como media  $\pm$  DS. (AN) *Aspergillus niger*; (MR) *Monascus ruber*; (PN) *Penicillium nalgiovense*. GLI: glicerol.



**Figura 54.** Curvas Tensión vs Deformación correspondientes a los materiales de micelio de *A. niger* (AN), *P. nalgiovense* y *M. ruber* (MR) y tratados con 0, 25 y 50 % de Glicerol (Gli).

O u # @

O

*Schizophyllum commune*

O

U U h A. niger

P. nalgiovense M. ruber uo

U U h P. nalgiovense M. ruber

U U h A. niger

O

= #

*Pleurotus ostreatus* *Ganoderma curtisii*,

U uo -"

#

@

uo U

3.2.3. Determinación de la capacidad antioxidante de los micelios de *M. ruber*

#

ko

) hh=

Muestra	%RSA			
	ABTS		DPPH	
	15 min.	30 min.	15 min.	30 min.
A				
E				
AE				

Tabla 17. Porcentajes de inhibición radicalaria (%RSA) tras 15 min de reacción. Media ± DS

3.2.4. Determinación de la capacidad antimicrobiana de los micelios de *M. ruber*

O

7

UUh

u

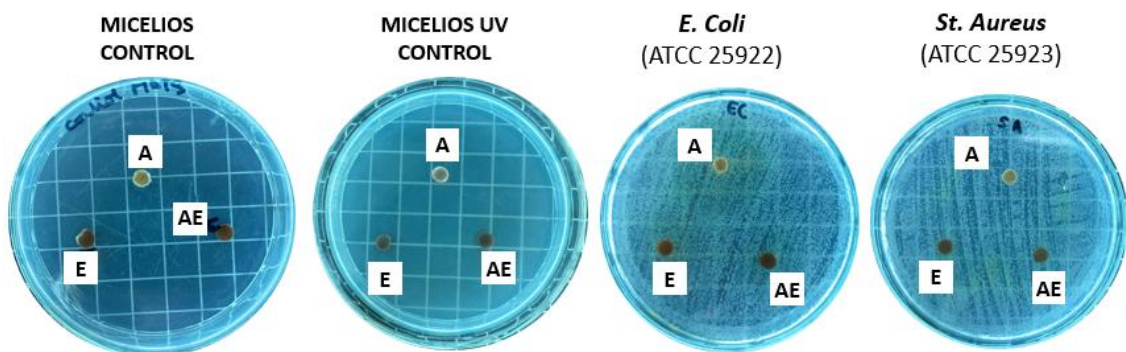


Figura 55. Resultados obtenidos en el ensayo de difusión en disco de los micelios: A: agitado; E: estático; AE: combinado

Inóculo	<i>E. coli</i>		<i>St. aureus</i>	
	T <sub>0</sub> (UFC/mL)	T <sub>f</sub> (UFC/mL)	T <sub>0</sub> (UFC/mL)	T <sub>f</sub> (UFC/mL)
C				
A				
E				
AE				

**Tabla 18.** Recuentos obtenidos en el ensayo de actividad antimicrobiana de los micelios. T<sub>0</sub>: 0h; T<sub>f</sub>:24h. A: agitado; E: estático; AE: combinado, C: control

#### 4. REFERENCIAS

- 1. ... ..
- 2. ... ..
- 3. ... ..
- 4. ... ..
- 5. ... ..
- 6. ... ..
- 7. ... ..
- 8. ... ..
- 9. ... ..
- 10. ... ..
- 11. ... ..
- 12. ... ..
- 13. ... ..
- 14. ... ..
- 15. ... ..
- 16. ... ..
- 17. ... ..
- 18. ... ..
- 19. ... ..
- 20. ... ..
- 21. ... ..
- 22. ... ..
- 23. ... ..
- 24. ... ..
- 25. ... ..
- 26. ... ..
- 27. ... ..
- 28. ... ..
- 29. ... ..
- 30. ... ..
- 31. ... ..
- 32. ... ..
- 33. ... ..
- 34. ... ..
- 35. ... ..
- 36. ... ..
- 37. ... ..
- 38. ... ..
- 39. ... ..
- 40. ... ..
- 41. ... ..
- 42. ... ..
- 43. ... ..
- 44. ... ..
- 45. ... ..
- 46. ... ..
- 47. ... ..
- 48. ... ..
- 49. ... ..
- 50. ... ..
- 51. ... ..
- 52. ... ..
- 53. ... ..
- 54. ... ..
- 55. ... ..
- 56. ... ..
- 57. ... ..
- 58. ... ..
- 59. ... ..
- 60. ... ..
- 61. ... ..
- 62. ... ..
- 63. ... ..
- 64. ... ..
- 65. ... ..
- 66. ... ..
- 67. ... ..
- 68. ... ..
- 69. ... ..
- 70. ... ..
- 71. ... ..
- 72. ... ..
- 73. ... ..
- 74. ... ..
- 75. ... ..
- 76. ... ..
- 77. ... ..
- 78. ... ..
- 79. ... ..
- 80. ... ..
- 81. ... ..
- 82. ... ..
- 83. ... ..
- 84. ... ..
- 85. ... ..
- 86. ... ..
- 87. ... ..
- 88. ... ..
- 89. ... ..
- 90. ... ..
- 91. ... ..
- 92. ... ..
- 93. ... ..
- 94. ... ..
- 95. ... ..
- 96. ... ..
- 97. ... ..
- 98. ... ..
- 99. ... ..
- 100. ... ..

- # # " k O - @ t O - = U @
- # - # -- 8 U O k ° ) - ° o "
- † # h h U 7 \
- ‡ 7 v U h " ° K'h
- 
- # † O " U ) h OU u
- U'
- " ° U " -
- ) \ U " U k o U ° ° U " - U -
- h *Monascus ruber* ° yU#
- V
- k # k
- # K# h ° \ " \ " ) k O K° o #k
- k
- Monascus* " - K
- - 8 K @
- U @ @v
- 8 # o U ‡ V h U O V u k U - V # "
- h o h
- K ° 7 #
- 8 h - @ # U ° h h K - V
- ) h ) hh=
- = U O 15 @v Æ
- = = " hK 8 - 8 8 y K O O h
- @

*Monascus ruber*

hU@

▪ = U # O # # " @ = 8 K°

▪ = V 8 " K

▪ = " # U )  
U " u 7 7 y  
#

▪ = U h h h U " K V h

▪ O O K ) u O @  
# # y O

▪ U U k ) u K 7 u " o k " °  
*Piper Piedecuestanum* u h o

u " k  
▪ h @ K ) u h M o # h  
o # h *Monascus spp* @ @ #

▪ k k h V h h V " U k - #  
"uo

7 k " U  
▪ † 7 o ‡ U ) - " k U U \ )  
V K O @ @ *Monascus*

*Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 5*

▪ - " " E - K # o 7  
" "

- - " : U 7 " \k°# ' u-°# ' 7 '#

**CAPITULO IV:**  
**CONTRIBUCIÓN A LA**  
**SOSTENIBILIDAD DE LOS**  
**MATERIALES**



## 1. OBJETIVO

h

- )
- -

*A. niger*

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

y

o

h

t 7

h

h

*A. niger* *M. hiemalis* *P. nalgiovense*, yo UUh  
*A. niger*

O

#

O

#

O

UUh

u

#

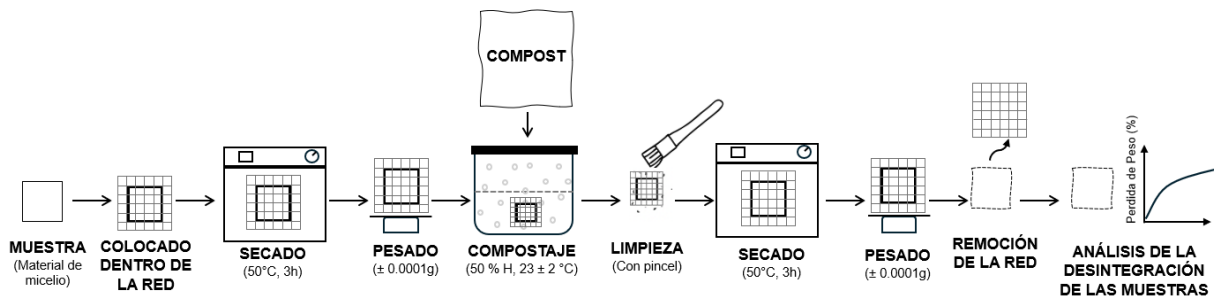
O

#

UUh O 7

$$\%P\acute{e}rdida\ de\ peso = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100 (-$$

)



**Figura 56.** Esquema general de la metodología y el equipo para la desintegración de los materiales de micelio.

h

*A. niger*

"#

"#

### 2.2.1. Preparación de los extractos de bagazo cervecero

o

"#

o

#

o

#

o

7 h " =u @7 "

U = o

*Bacillus licheniformis*

o

#

h

2.2.2. Cultivo sumergido en extractos de bagazo cervecero

o . . . . . o

o " #

A. niger O #

# 7

O =

O

)

O

o

)Vo

U

# O

O )Vo #

O o

7

o o# -

# @

O

)

0

0

0

# @) u

- # @ O

0

0

u @ 7 # ° y V #

o

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

-

0 7

u hU UU h

)

u

*A. niger, M. hiemalis P. nalgiovense*

UUh *A. niger*

O

hU

UUh

hU

h

UUh

O

UUh

O

O

O

"

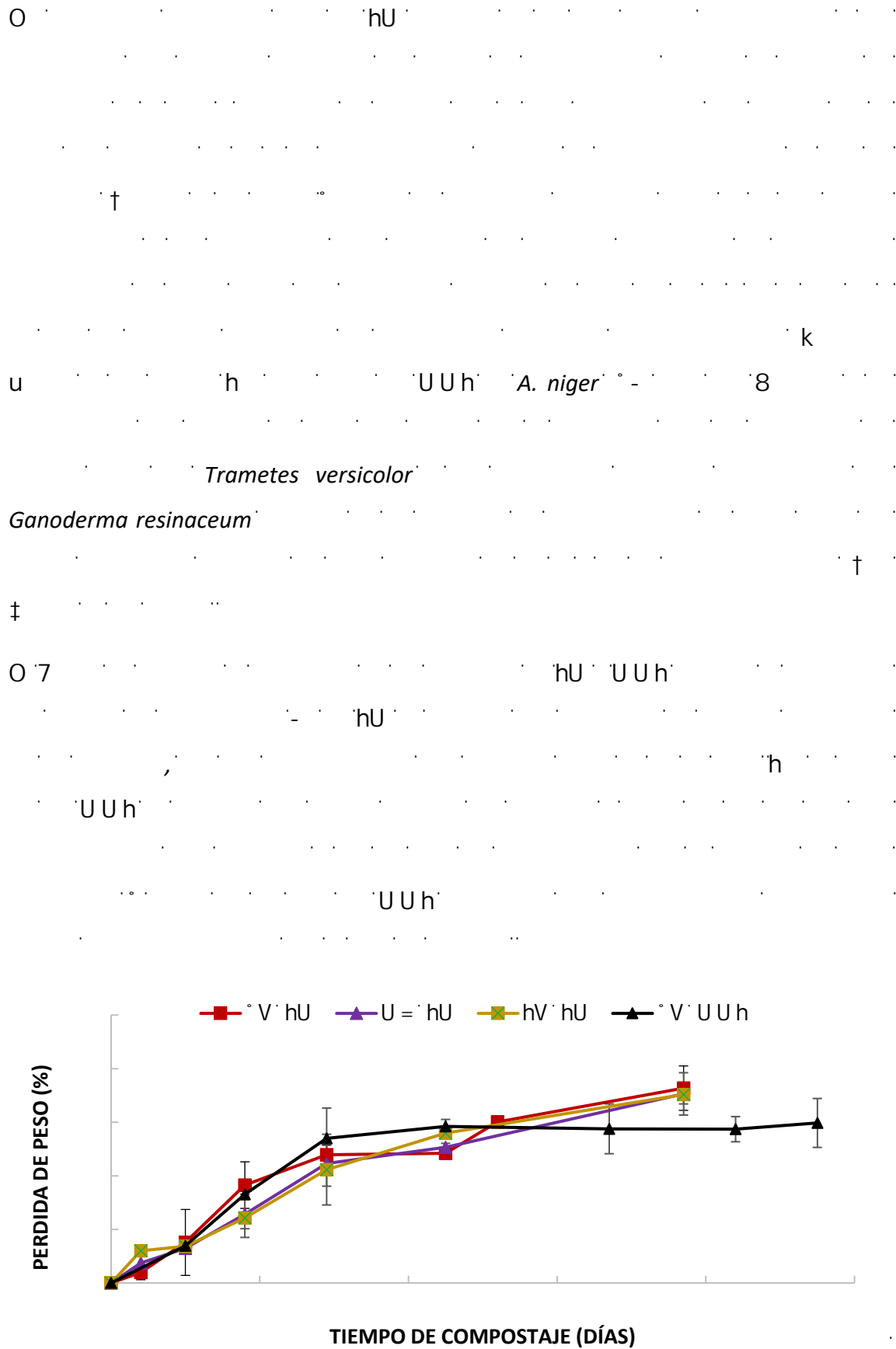
-

"

h

u

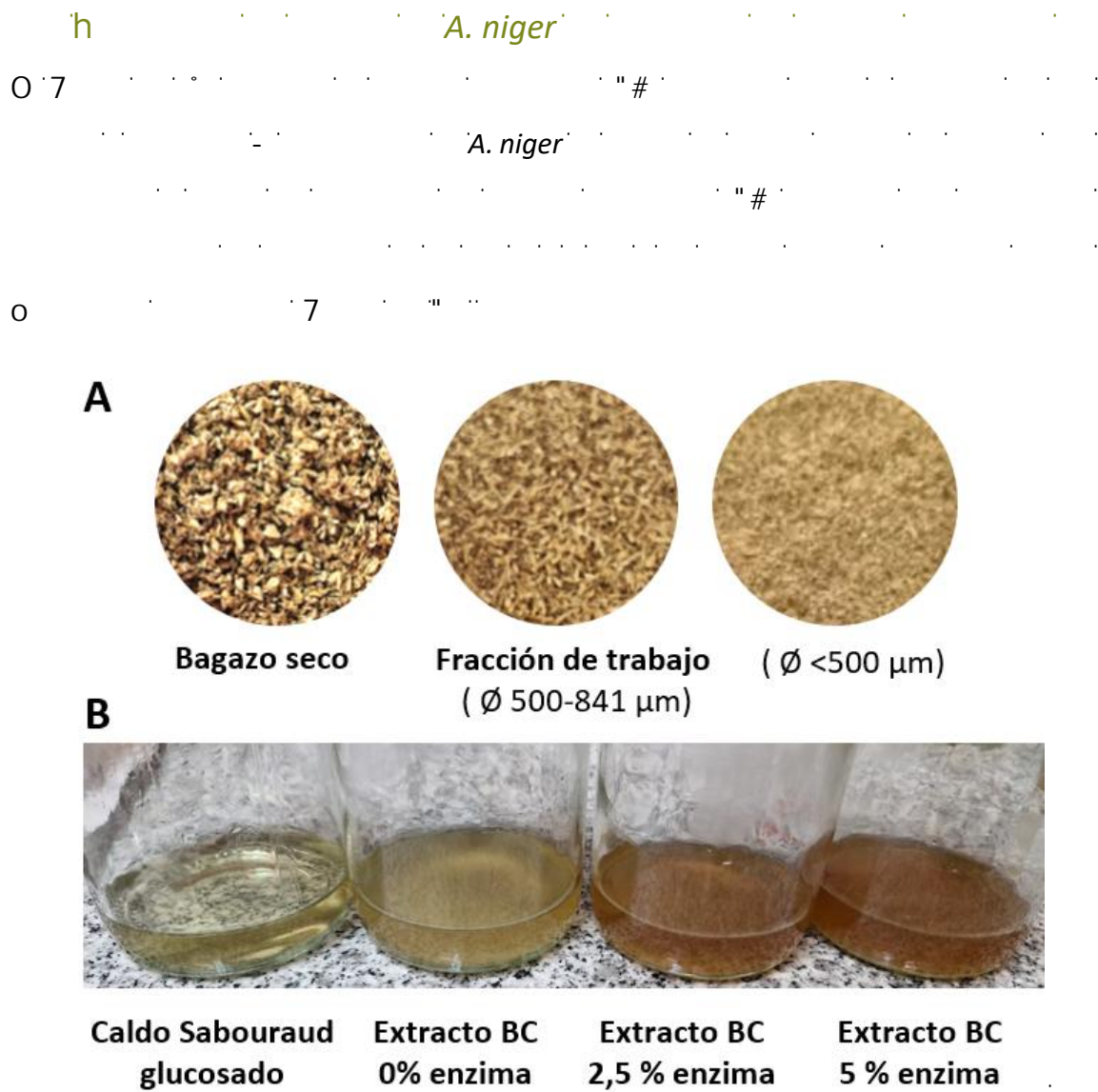
hU



**Figura 57.** Pérdida de peso gravimétrica (%) de las películas (PM) de *A. niger* (AN), *M. hiemalis* (MH) y *P. nalgiovensis* (PN) y de los materiales de micelio puro (MMP) de *A. niger* en función del tiempo de compostaje.



**Figura 58.** Aspecto visual de las películas de micelio (PM) 15US de *A. niger* (AN), *P. nalgiovensis* (PN) y *M. hiemalis* (MH) y de los materiales de micelio puro (MMP) AE de *A. niger* en función del tiempo de compostaje.



**Figura 59.** A) Bagazo cervecero antes y después de la molienda y tamizaje. B) Medios de cultivo utilizados.

O u

Medio	Micelio (g/L)	AR <sub>0</sub> (g/L)	AR <sub>f</sub> (g/L)	C <sub>0</sub> (g/L)	C <sub>f</sub> (g/L)	C <sub>c</sub> (g/L)	Relación sustrato-a-micelio		
							pH <sub>0</sub>	pH <sub>f</sub>	
<b>0%E</b>	7,3 ± 0,3 <sup>bc</sup>	13,9 ± 0,2 <sup>c</sup>	3,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	34,1 ± 2,5 <sup>a</sup>	3,5 ± 0,2 <sup>a</sup>	30,7 ± 2,6	0,24 ± 0,02	5,3 ± 0,1 <sup>a</sup>	2,6 ± 0,1 <sup>a</sup>
<b>2,5%E</b>	9,3 ± 0,5 <sup>b</sup>	20,7 ± 3,6 <sup>b</sup>	2,3 ± 0,3 <sup>b</sup>	32,1 ± 2,1 <sup>a</sup>	3,8 ± 0,4 <sup>a</sup>	28,3 ± 2,1	0,33 ± 0,03	5,8 ± 0,1 <sup>b</sup>	3,7 ± 0,1 <sup>b</sup>
<b>5%E</b>	13,4 ± 2,8 <sup>a</sup>	27,0 ± 2,7 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,1 <sup>c</sup>	29,0 ± 3,5 <sup>a</sup>	3,8 ± 0,3 <sup>a</sup>	25,2 ± 3,5	0,53 ± 0,13	5,8 ± 0,1 <sup>b</sup>	4,8 ± 0,1 <sup>c</sup>
<b>Control</b>	4,97 ± 0,2 <sup>c</sup>	20,2 ± 0,3 <sup>b</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>d</sup>	20,9 ± 1,1 <sup>b</sup>	1,5 ± 0,1 <sup>b</sup>	19,40 ± 1,1	0,26 ± 0,02	5,8 ± 0,1 <sup>b</sup>	4,8 ± 0,1 <sup>c</sup>

\*Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ )

**Tabla 19.** Resultados de producción de micelio, azúcares reductores (AR), carbohidratos totales (C), consumo de carbohidratos (Cc), relación de conversión de sustrato a micelio y valores de pH del medio de cultivo al inicio (0) y final (f) del período de cultivo de *A. niger* en extractos de bagazo cervicero (BC) y caldo Sabouraud (Control). 0%E: extracto BC con 0 % de enzima; 2,5%E: extracto BC con 2,5 % de enzima; 5%E: extracto BC con 5 % de enzima. Media ± DS.

u " #

O

O -

A. niger O

O O

#

= ) = O

" #

\ A. niger " #

#

O

=

=

O

" #

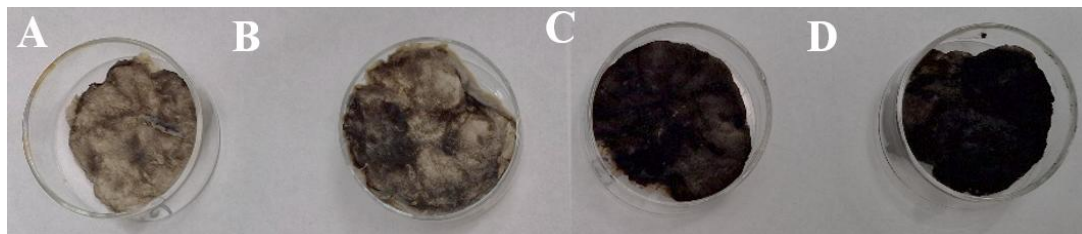
u u

" #

O -



**Figura 60.** Cultivos de *A. niger* en extracto de BC (5 %) bajo condiciones AE tras 5 días de incubación.



**Figura 61.** Micelios de *A. niger* obtenidos con diferentes medios de cultivo en condiciones AE: (A): caldo Sabouraud glucosado (Control), (B): extracto BC con 0 % de enzima; (C): extracto BC con 2,5 % de enzima; (D): extracto BC con 5 % de enzima.

*A. niger* -

O O

*Aspergillus*

∞

h

h

O

O

O

O

*A. niger*

O

A. niger

#### 4. REFERENCIAS

- O M U h o 7
- o U u t @V
- \ \ " \ h *Aspergillus niger*  
*Ife Journal of Science, 16*
- " U h# ° k ° o # - "
- " h @ K'U o
- " K O ° ° k '8 " ° h U 8 k o
- " " ° ° y
- ° #o ° " U
- ) U 8 M = K M k h ° o 7 #
- U ° ) o k o ° #
- = ' ) o ) 7 ‡ - - y
- Aspergillus niger*

- O ) h ' # K 8 K # 8 ' @h
  - O @† U = ' ' - ) h o # ' # " 7 ) # ' o Kh
  - O ) O O # @" K # - k K u h U 7 @ V8h
  - U 80 y #
  - h K @ = ' ' ) 7 ' o ) = @" V
  - k u ' ' h U o 8 # @
  - o h \ o @ k 8 - V u \ ) - h \ @ - k \ o o h
  - o t t # h o U 7 8 8 U @ V u @ @" V
  - t † ' - ' ' 00 h - ' O O U # " ' ' - ) U " U o # u
  - t 7 y U 8 U ' - @ K " U
  - @ u V # M k ' U 8 o
- Aspergillus*
- fumigatus* K - #

# CONCLUSIONES



hU

UUh

O

o

h

*A. niger* *P. nalgiovense* *M. hiemalis*

O

u

u

*P. nalgiovense* yo

O

O *M. hiemalis*

*A. niger*

*P. nalgiovense* O

7u@ hV ° V U =

O

- *A. niger*

uo U *P. nalgiovense,*

*M. hiemalis*

° 7U

0 u8

O A. niger M. hiemalis

yo yu

u

O

A. niger P. nalgiovense

M. hiemalis

hU

yo

O hU

7 UUh M. ruber A. niger P. nalgiovense

O

UUh A. niger

P. nalgiovense - M. ruber

O UUh

y

uo U

U

O UUh A. niger V

o UUh A. niger P. nalgiovense

M. ruber -

UUh

O UUh'

u 'hU' 'UUh'

o

O

'hU' 'UUh'

*A. niger*

o

O

O

o

*A. niger* *M. hiemalis* *P.*

*nalgiovense* *M. ruber*

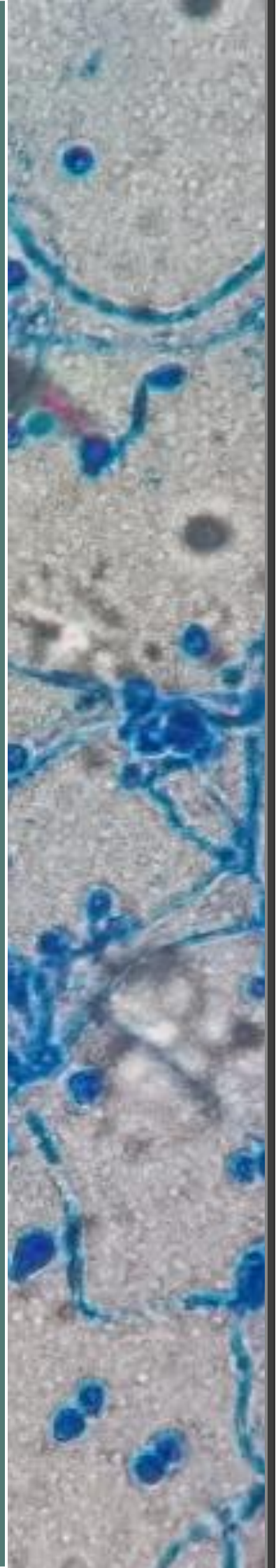
o







# ANEXOS



## ANEXO I: MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS

CONCENTRADO CZAPEK h	
NaNO <sub>3</sub>	
KCl	
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	
Agua, destilada	0
#	
7 \ =	

AGAR CZAPEK EXTRACTO DE LEVADURA (CYA) h	
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	
Concentrado Czapek	0
Solución de Metales Traza	0
Extracto de Levadura	
Sacarosa	
Agar	
Agua destilada	0
#	

AGAR NITRATO 25% GLICEROL (GN25) h	
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	
Concentrado Czapek	0
Extracto de levadura	
Glicerol, grado analítico	
Agar	
Agua, destilada	0
8 V	0
#	

AGAR EXTRACTO DE MALTA (MEA) h	
Extracto de Malta	
Peptona	
Glucosa	
Agar	
Agua destilada	0
#	

AGAR DICLORAN CLORANFENICOL EXTRACTO DE MALTA (DCMA) h	
Extracto de malta	
Dicloran (0.2% w/v in etanol, 1 ml)	
Cloranfenicol 0,1g	
Agar	
Agua destilada	0
#	

**CALDO SABOURAUD GLUCOSADO MODIFICADO (CSGM)**

Dextrosa	20 g
Hidrolizado de caseína	5 g
Peptona de carne	5g
Agua destilada	1000 mL

Para la preparación del medio Agar Sabouraud glucosado agregar agar al 2 % p/p (ASDM)

**SABOURAUD GLUCOSADO CALDO (Britania<sup>®</sup>)**

Tripteína	5 g
Peptona de carne	5 g
Glucosa	20 g
Agua destilada	1000 mL

Esterilizado en autoclave a 121 C durante 15 min. El pH final es: 5.6 ± 0.2

Para la preparación del medio Agar Sabouraud glucosado agregar agar al 2%p/p.

**AGAR PAPA DEXTROSA (PDA) (OXOID)**

Dextrosa	20 g
Extracto de papa	4 g
Agar	15 g
Agua destilada	1000 mL

Esterilizado en autoclave a 121 C durante 15 min. El pH final es 5,6.

Para la preparación del medio Agar papa dextrosa agregar agar al 2%p/p.

**AGAR NUTRITIVO**

Caldo nutritivo	8 g
Agar	15 g
Agua destilada	1000 mL

Esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 min.

**COLORANTE AZUL DE LACTOFENOL (AZUL DE ALGODÓN)**

Ácido láctico	250 g
Azul de anilina o azul de metilo	1 g
Glicerina	500 g
Fenol	250 g
Agua destilada	250 mL

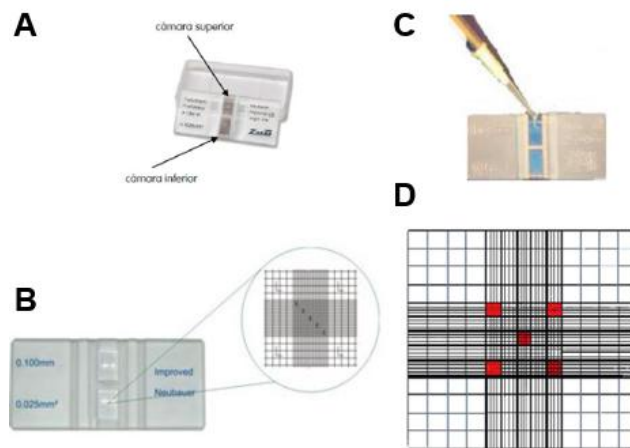
Se disuelve el fenol en el agua previamente entibiada. Se adiciona el ácido láctico y la glicerina, y se mezcla muy bien. Por último, se disuelve el azul de anilina. Se mezcla nuevamente y está listo para su uso.

❖ **Referencias**

- Pitt, J. I. y Hocking, A. D. (2009) Fungi and food spoilage. Springer Dordrecht Heidelberg. ISBN 978-0-387-92206-5. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>

## ANEXO II: RECuento EN CÁMARA DE NEUBAUER

La cámara de Neubauer es un instrumento utilizado en microbiología para realizar el recuento de esporas y células en un medio líquido. Consiste en una placa gruesa de cristal con forma de portaobjetos, de unos 30 x 70 mm y unos 4 mm de grosor. Las más comunes son las de doble cámara donde existen 2 zonas de conteo, una superior y otra inferior al eje longitudinal de la cámara (Figura 62, a). En la parte central de cada cámara se encuentra grabada una retícula cuadrada de 3 mm de lado subdividida en 9 cuadrados de 1mm de lado cada uno. El cuadrado central se divide en 25 cuadrados medianos de 0,2 mm de lado, y cada uno de estos se subdivide a su vez en 16 cuadrados pequeños (Figura 62, A y B).



**Figura 62.** A) Cámara de Neubauer comercial; B) Detalle de la rejilla de una cámara de Neubauer; C) Introducción de la muestra en la cámara de Neubauer; D) Área donde se realiza el recuento: los conidios se cuentan en los espacios indicados en rojo.

Para el recuento de conidios/ml de la suspensión de uso se procedió de la siguiente manera:

Se llenó la cámara con la suspensión de conidios y se observó con un microscopio Nikon modelo Eclipse E200 utilizando el objetivo de 40X. Se contó el número de conidios en 5 cuadrículas representativas de las 25 totales (Figura 62 D) y se los sumó. Se reemplazó este resultado (X) en la siguiente fórmula para obtener la concentración final de conidios/ml:

$$\text{Concentración final de conidios/ml: } \frac{X \times 25 \times 10^4}{5} \text{ (Ecuación 14)}$$

