



“Alteración de materiales celulósicos por la actividad de hongos ambientales: aspectos básicos e impacto en el patrimonio cultural”

Saparrat, Mario¹ & Nitiu, Daniela²

¹Cátedra Microbiología Agrícola, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, UNLP. INFIVE, CONICET-UNLP. Instituto Spegazzini, Fac. Cs. Naturales y Museo, UNLP.
masaparrat@yahoo.com.ar

²Cátedra de Palinología. Fac. Cs. Naturales y Museo, UNLP. CONICET.
danielanitiu@yahoo.com.ar

07/21/2015

HUMANOS

BUENOS DÍAS, MI CIELO



HONGOS

BUENOS DÍAS, MICELIO



 /ecolianaalabacteria



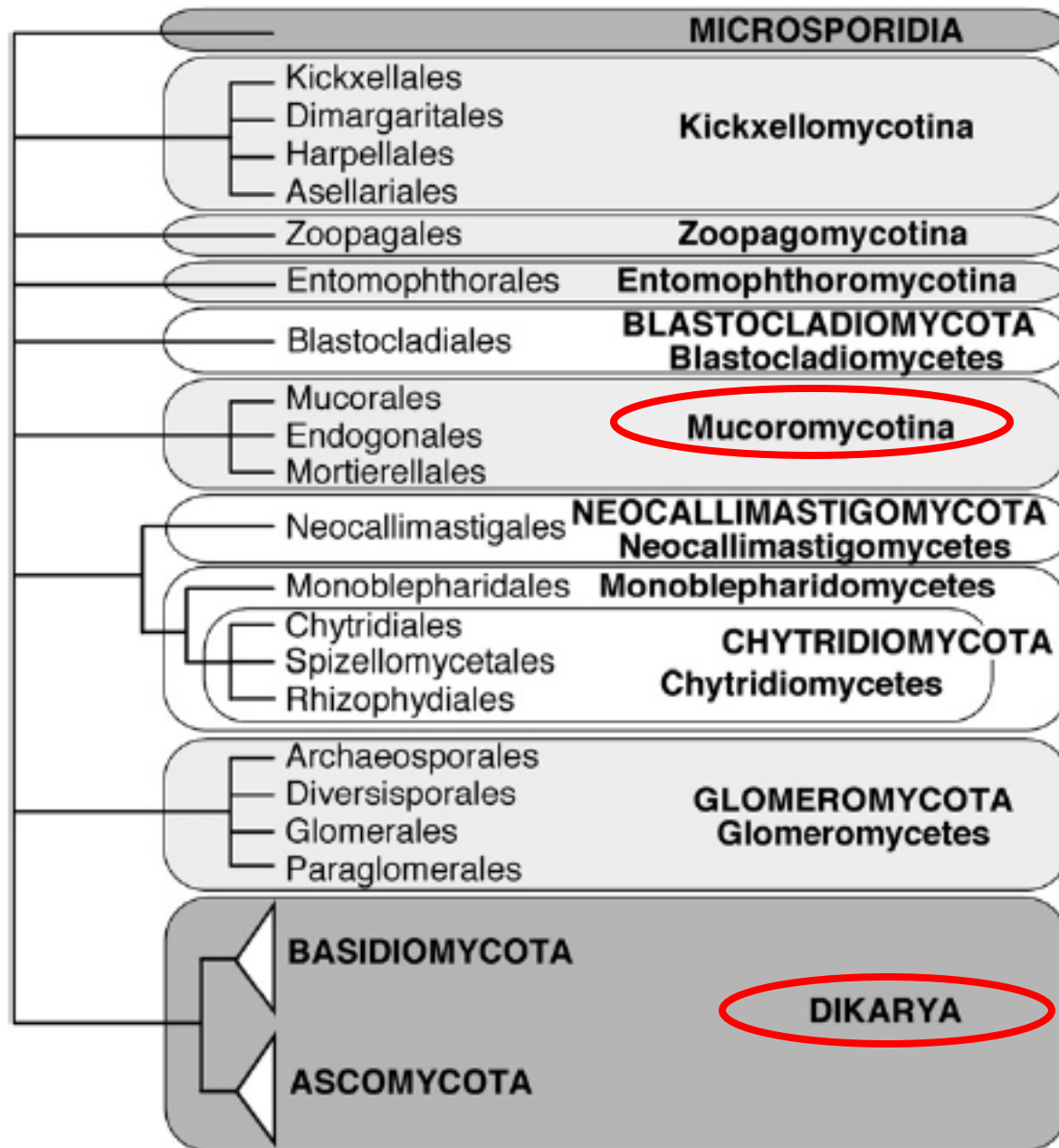
¿ Qué son los Hongos?



El término hongo *sensu-stricto* comprende a los organismos pertenecientes al grupo monofilético Reino *Fungi*.

Árbol filogenético universal inferido a partir del análisis de la variación en la secuencia de nucleótidos del gen ARNr 16S/18S (Bull & Wichman, 2001)





Destacados grupos fúngicos

Chytridiomycota



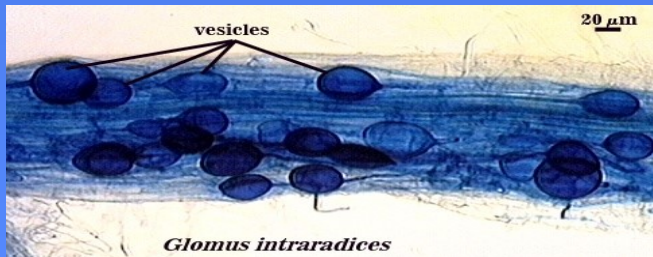
Mucorales



Ascomycota



Glomeromycota

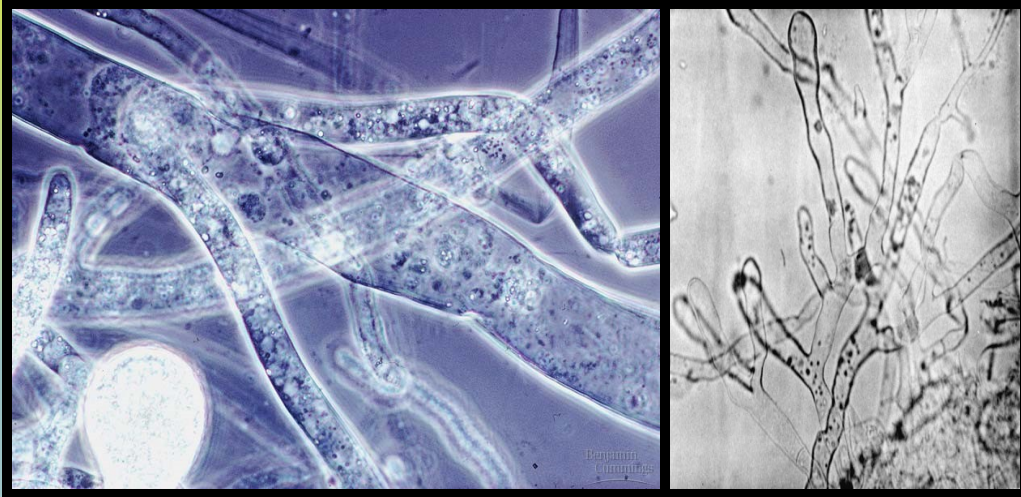


Basidiomycota

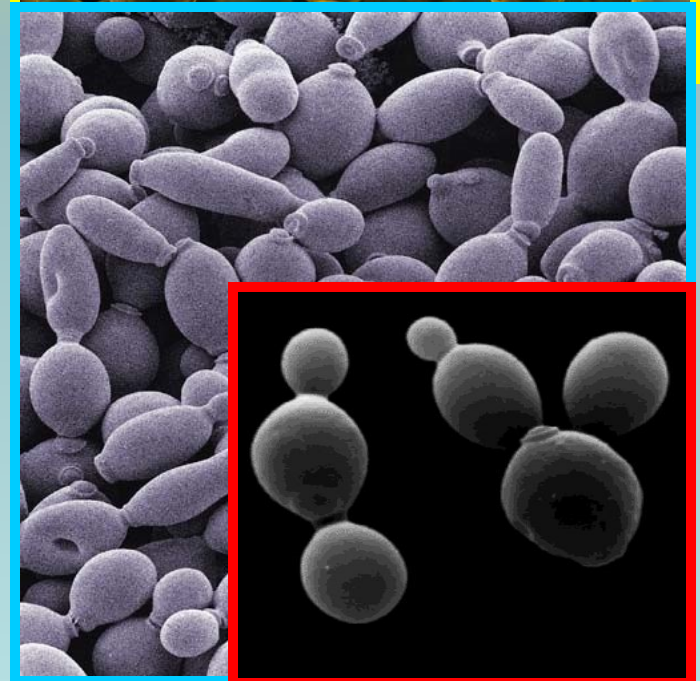


HONGOS: formas vegetativas

Formas filamentosas

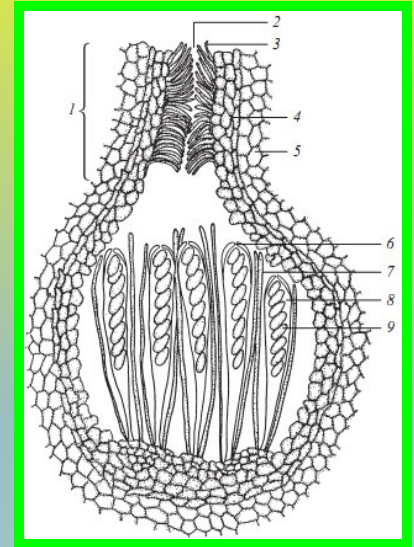
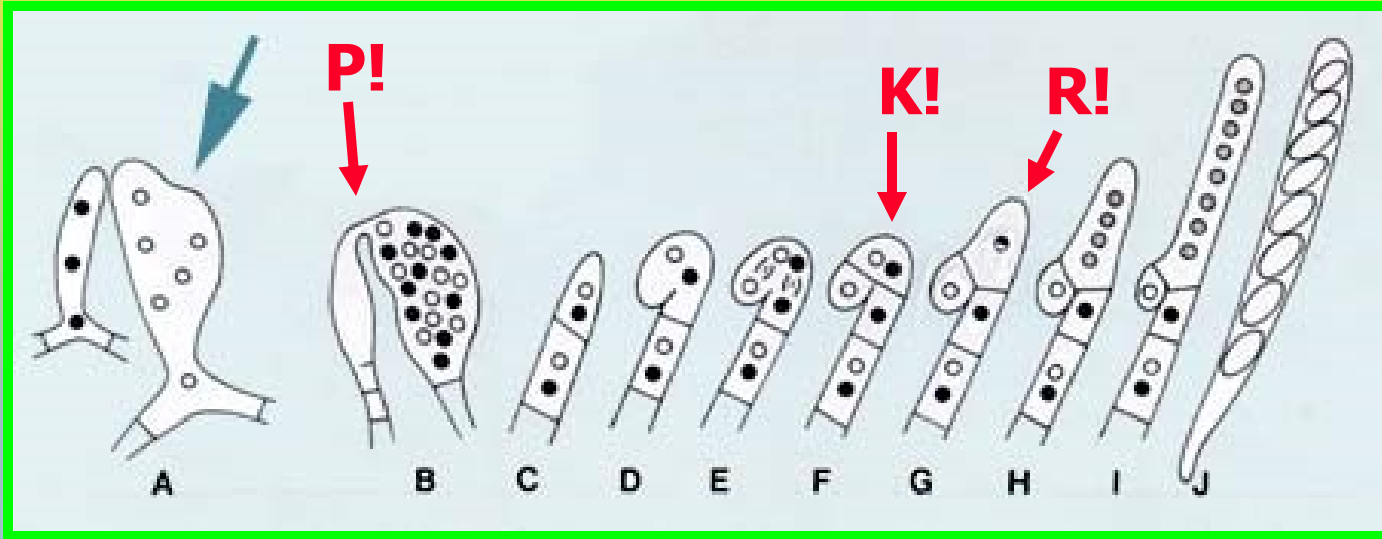


Formas unicelulares

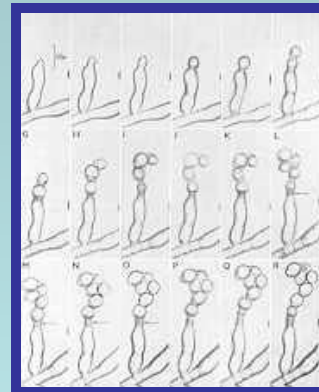
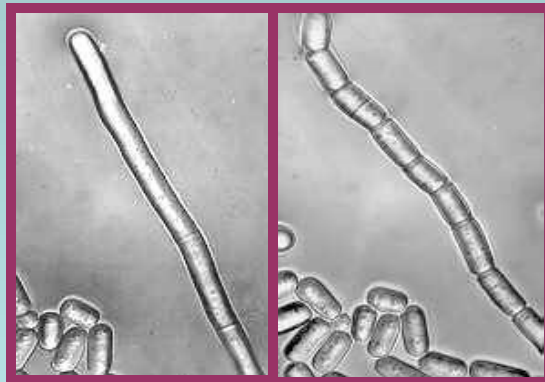
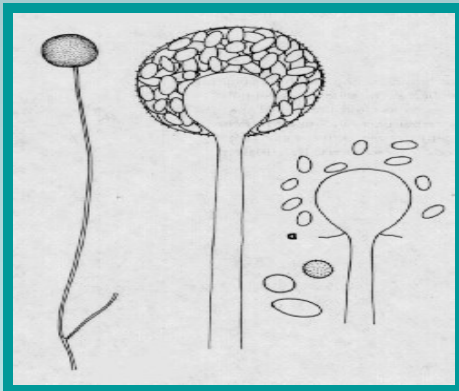


HONGOS: esporas

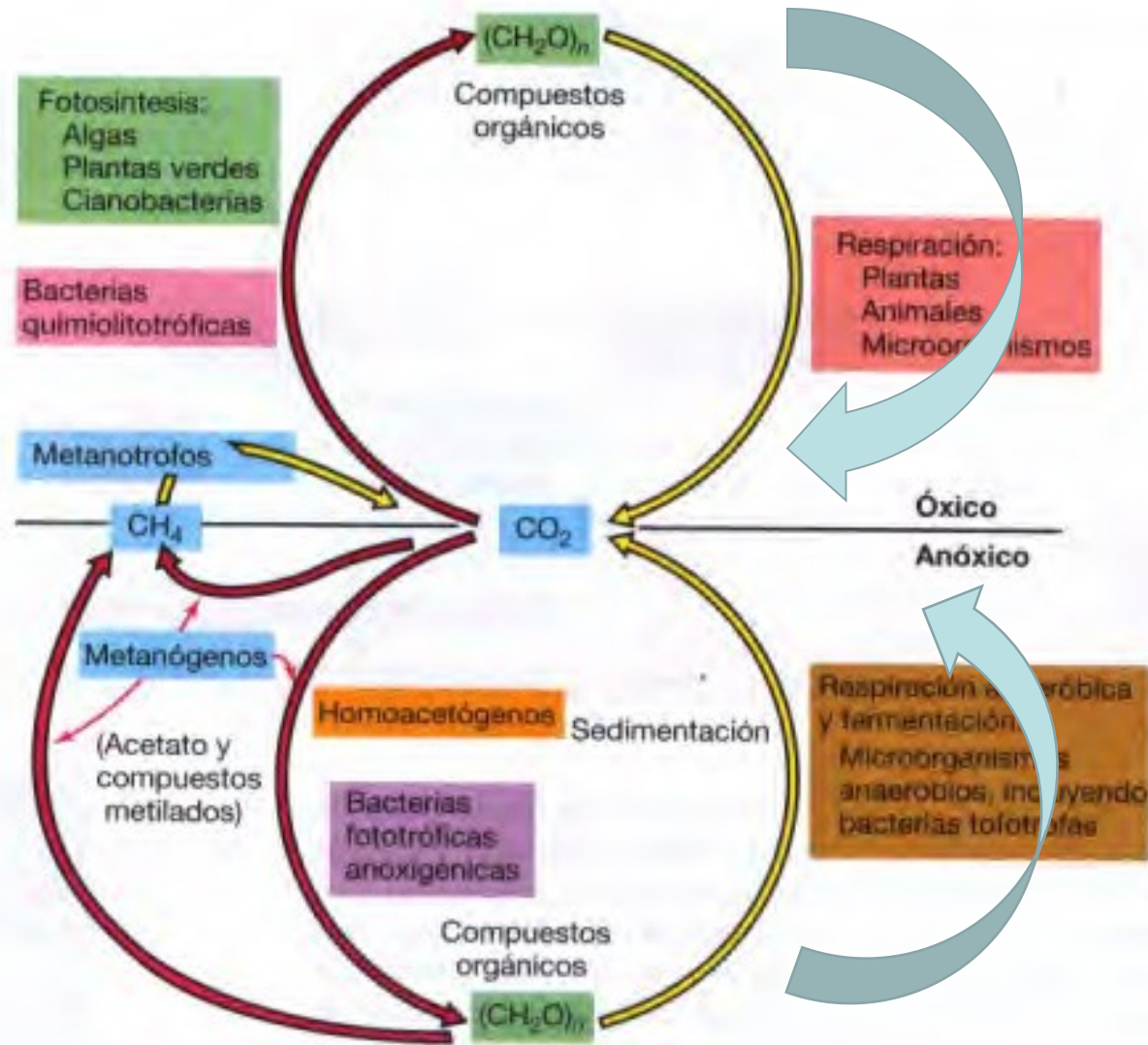
Reproducción Sexual



Reproducción Asexual



HONGOS: heterótrofos



HONGOS: compuestos orgánicos que pueden utilizar

- **Polímeros:**

Insolubles en agua

Celulosa ←

Colágeno

Hemicelulosas

Lignina

Queratina

Quitina

Solubles en agua

Albúmina

Amilosa

- **Compuestos simples**

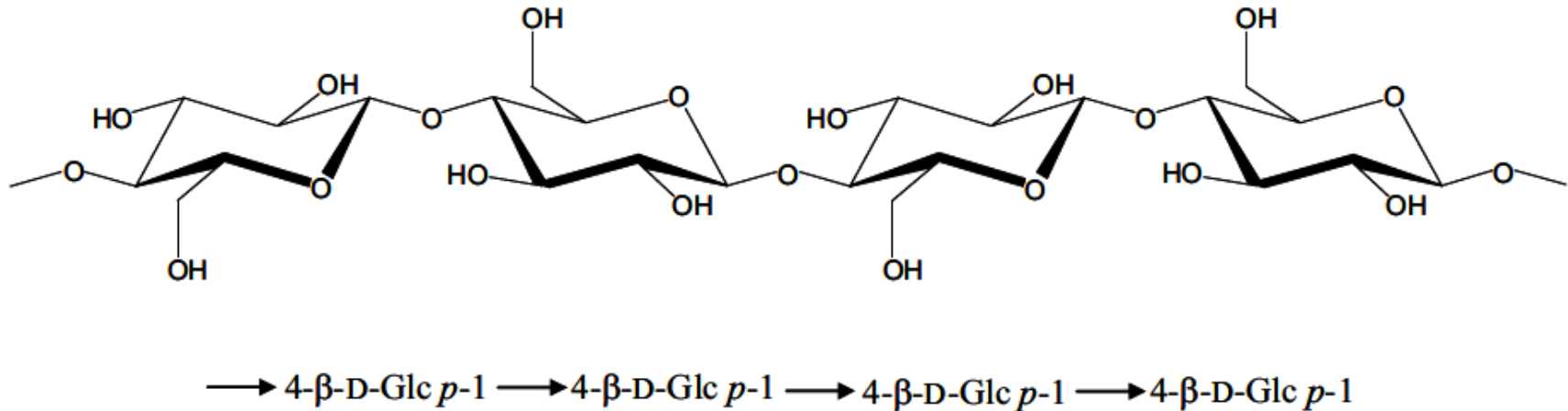
(hidro- y liposolubles):

Azúcares

Ácidos Orgánicos

Compuestos fenólicos

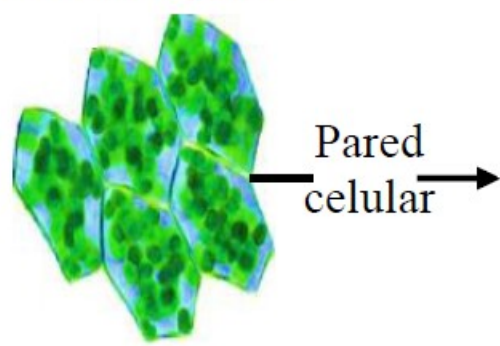
Celulosa



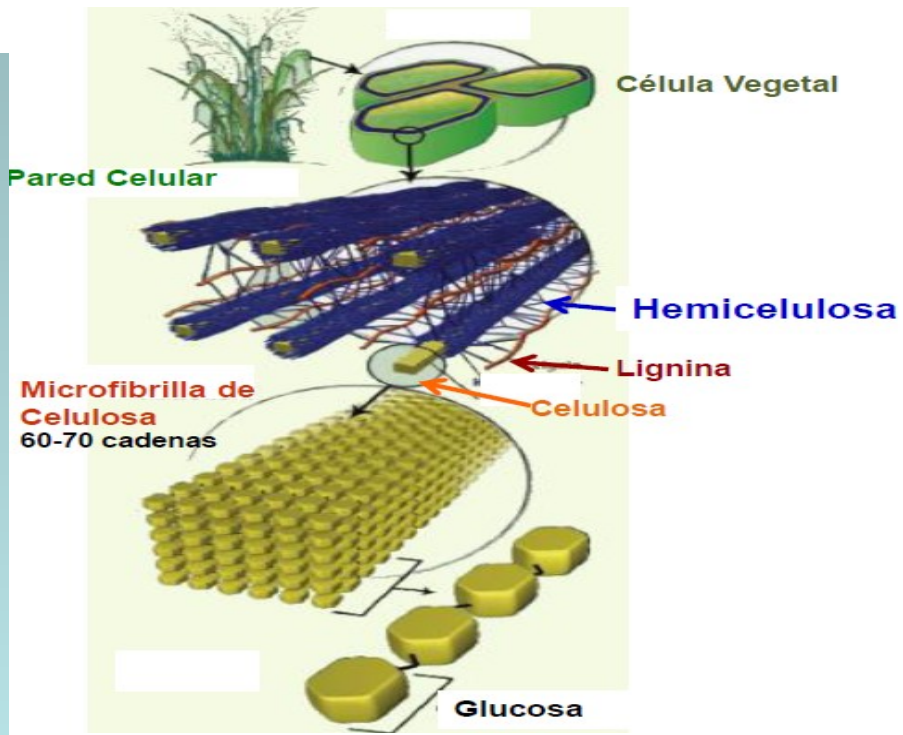
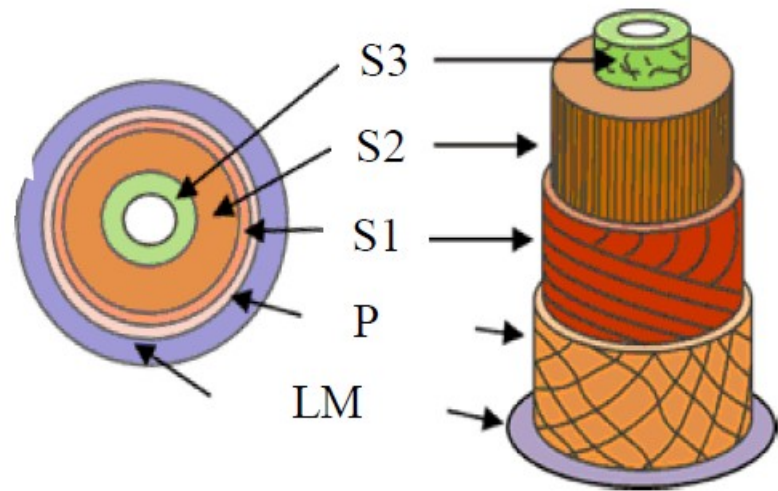
- Polímero más abundante en la Tierra.
- 50 % del material vegetal seco (con excepciones en el algodón (> 95 %)).
- Materia prima del papel, cartón y otros soportes así como de varios tejidos de fibras naturales.

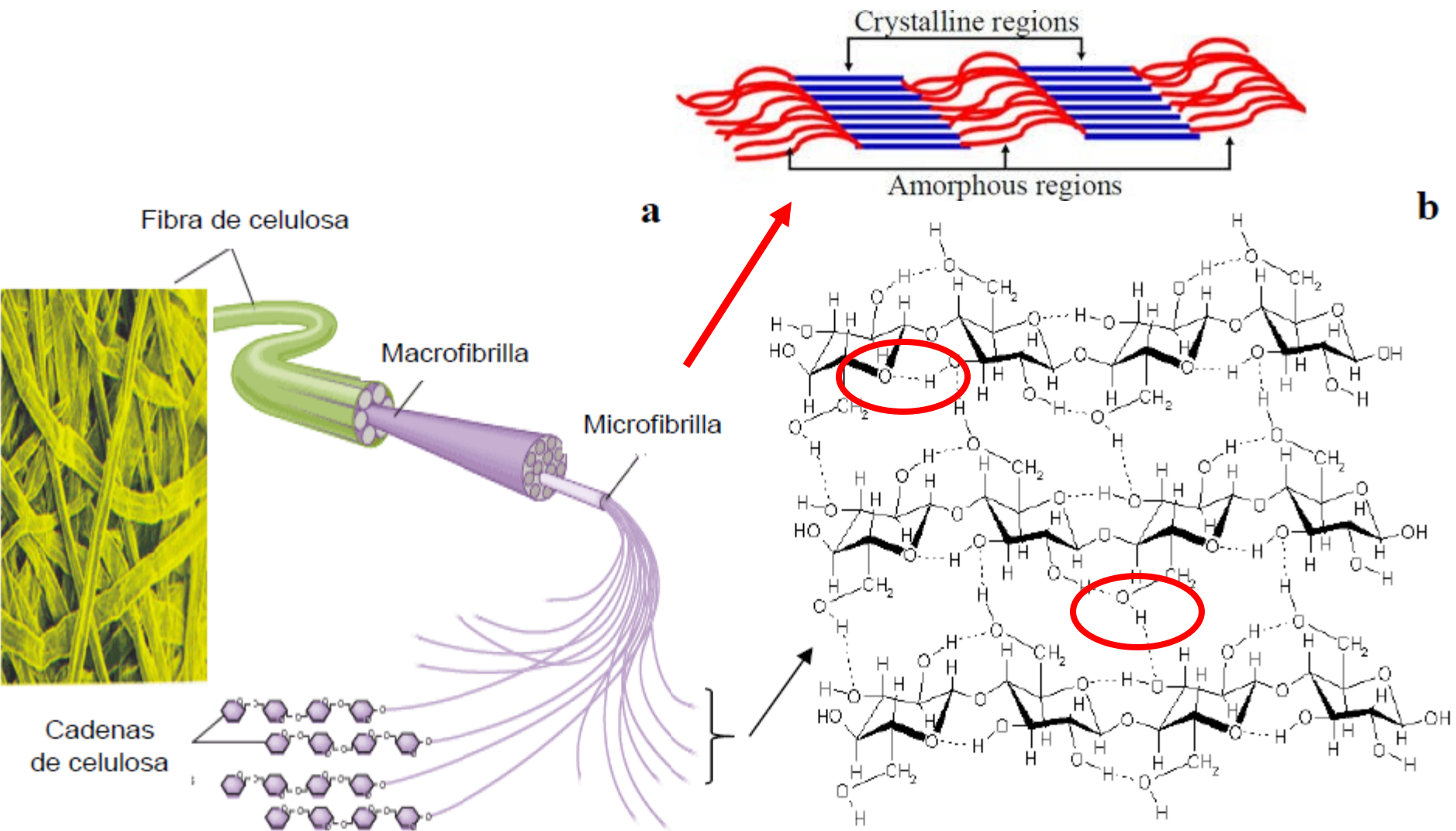


Célula vegetal

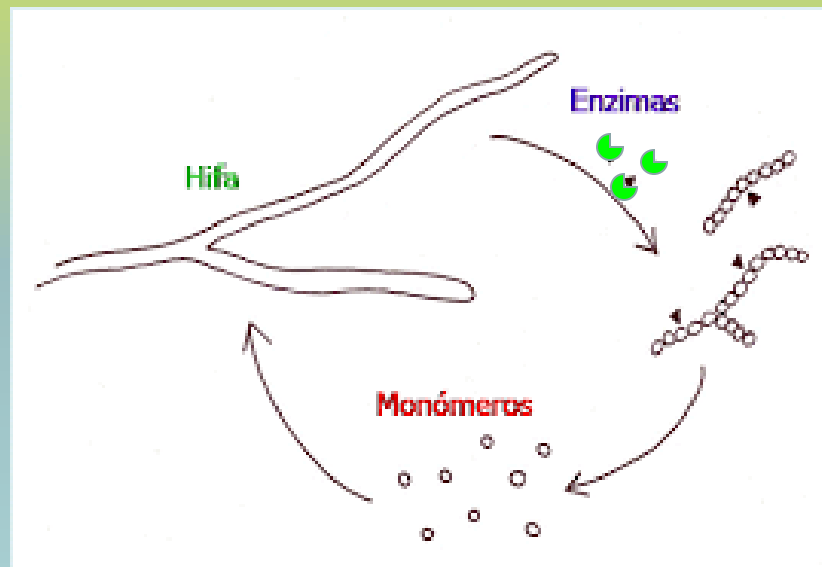
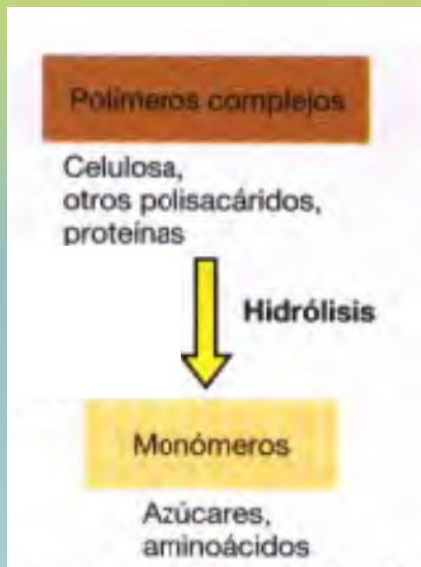


Pared celular

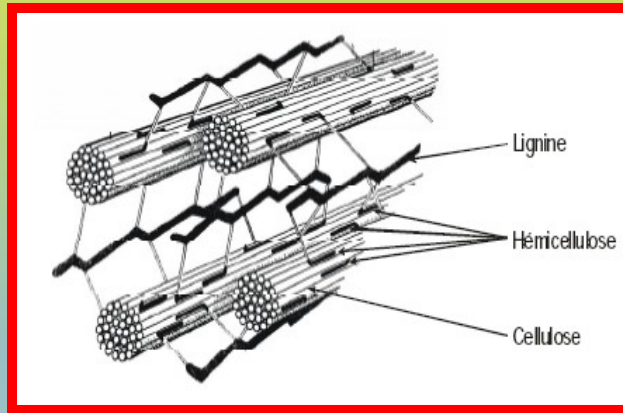




HONGOS: nutrición por absorción, involucrando mecanismos de digestión extracelular



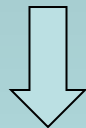
HONGOS: degradación de sustratos celulósicos



naturaleza
polimérica e
insoluble

Despolimerización
y mineralización

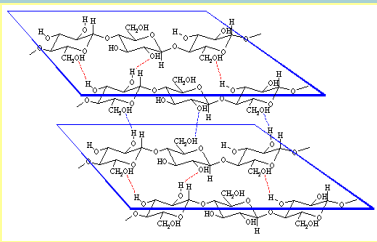
Asimilación



Celulosa

Sistemas enzimáticos extracelulares

Sistemas extracelulares activadores del oxígeno.

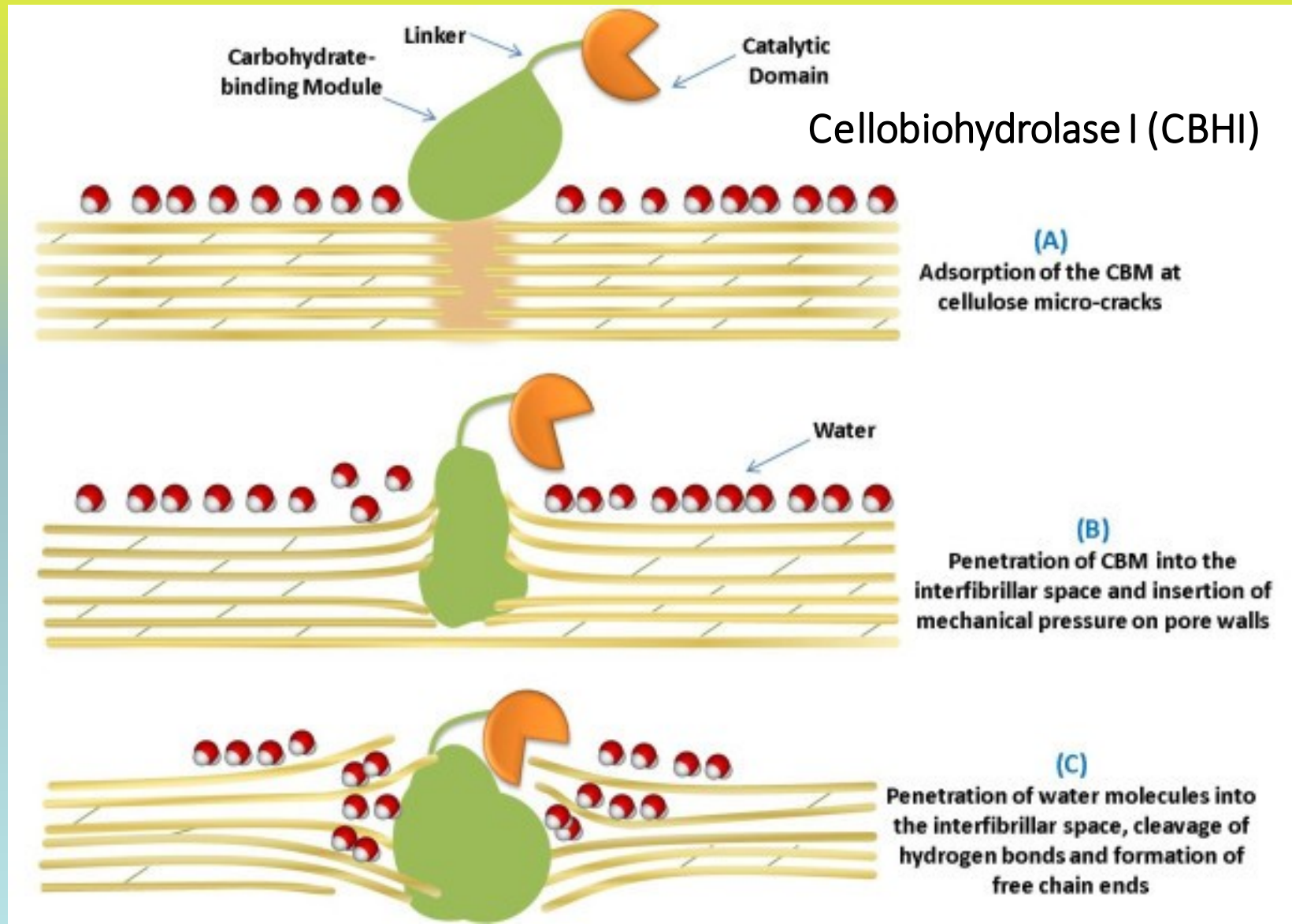


La celulólisis fúngica consiste en una serie de procesos que incluye:

- 1. un evento inicial de acondicionamiento que consiste en la desorganización de sectores cristalinos (**amorfogénesis**);
- 2. otro de **despolimerización** extracelular que genera pooles de oligosacáridos hasta celobiosa o incluso glucosa; y
- 3. un último evento en el que se produce la **oxidación** de la glucosa.

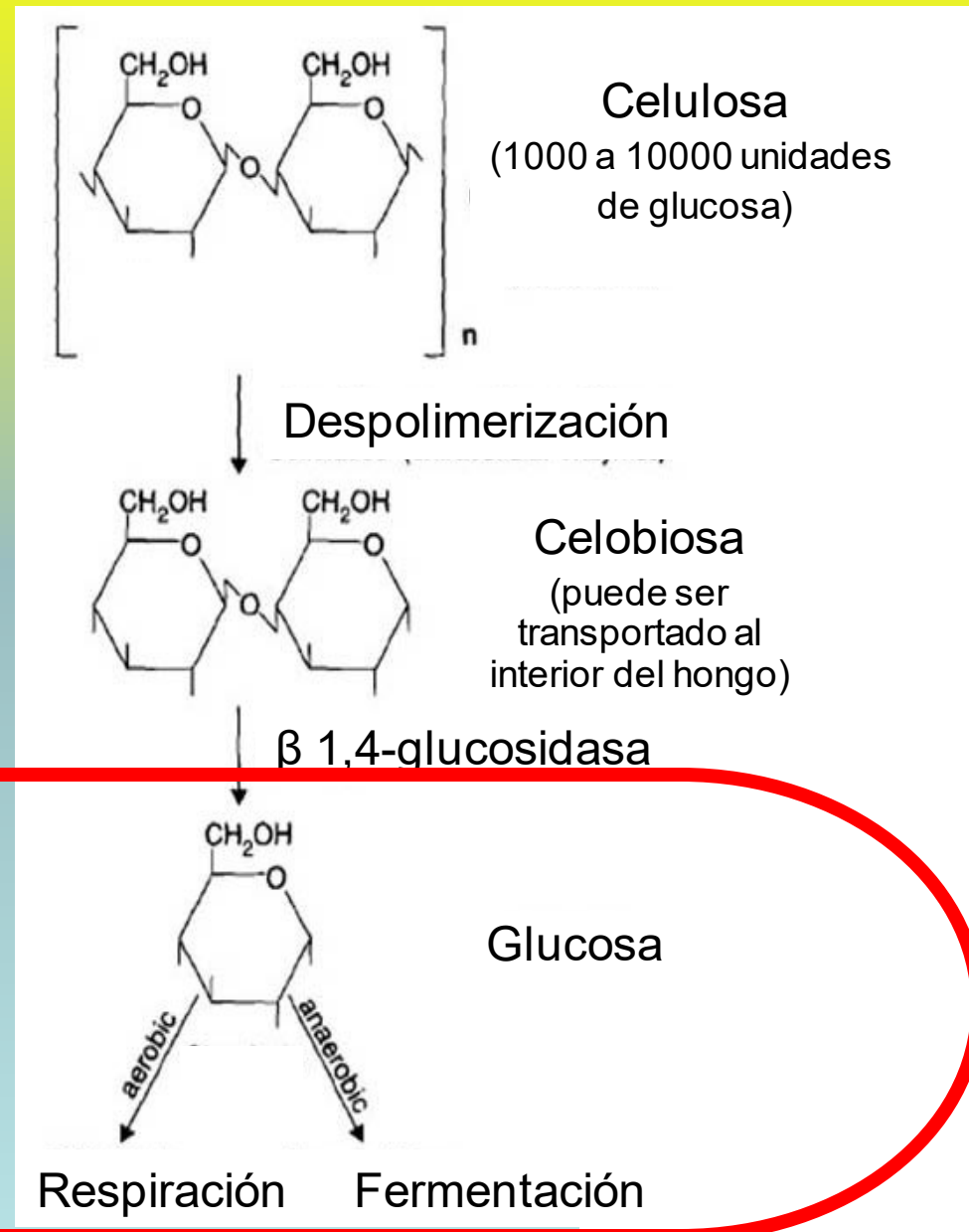
Ha sido propuesto un mecanismo de amorfogénesis involucrando agentes no hidrolíticos (Arantes & Saddler 2010).

1 – Amorfogénesis



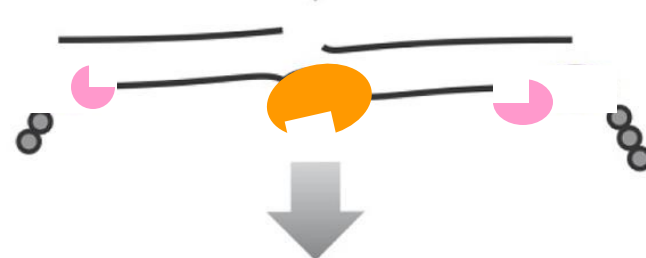
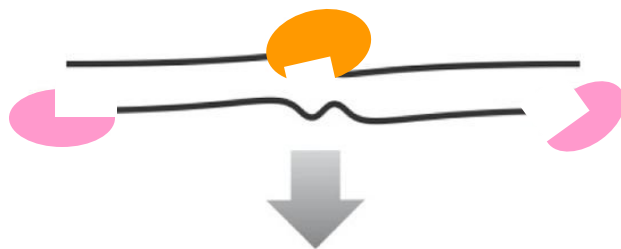
2 - Despolimerización extracelular:

Celulólisis fúngica



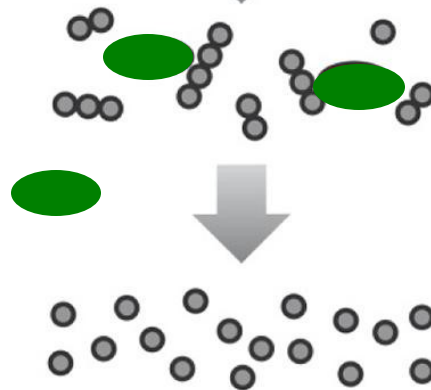
3 – Oxidación
en el interior del hongo


Polímero




**Despolimerización
(Hidrólisis)**

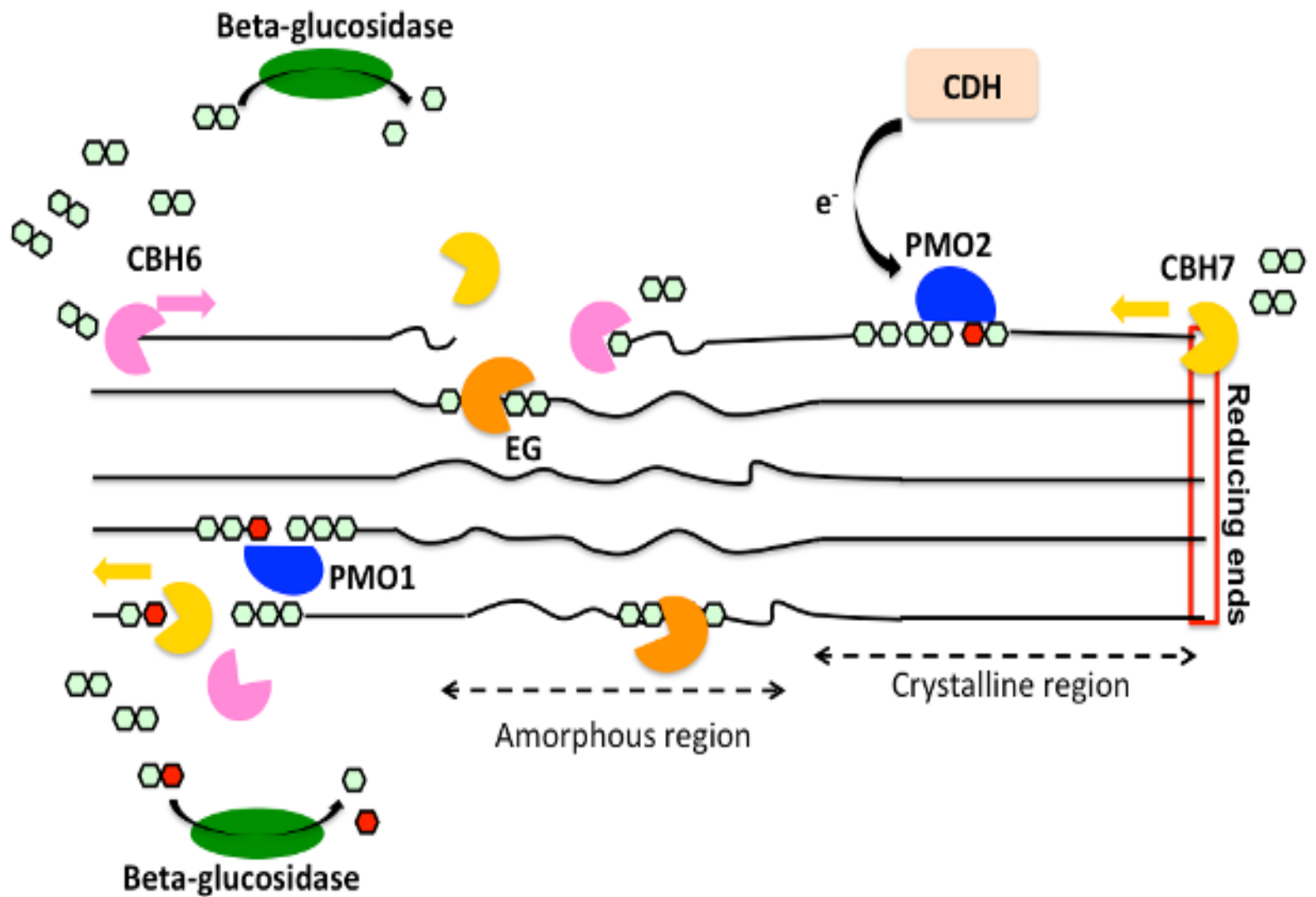
Solubles






 endo-(1,4)-β-D-glucanase

 exo-(1,4)-β-D-glucanase

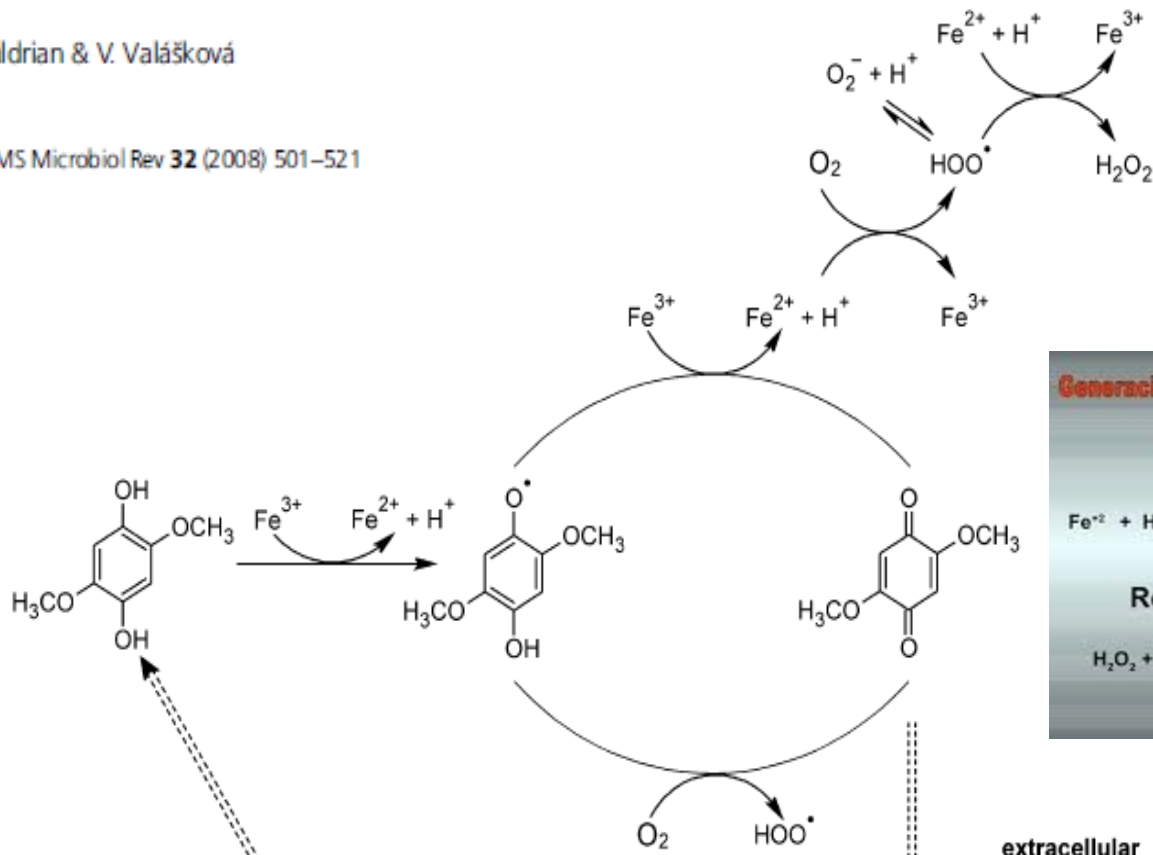
 β-glucosidase



Cellobiose  Glucose  Oxidized glucose 

P. Baldrian & V. Valášková

FEMS Microbiol Rev 32 (2008) 501–521

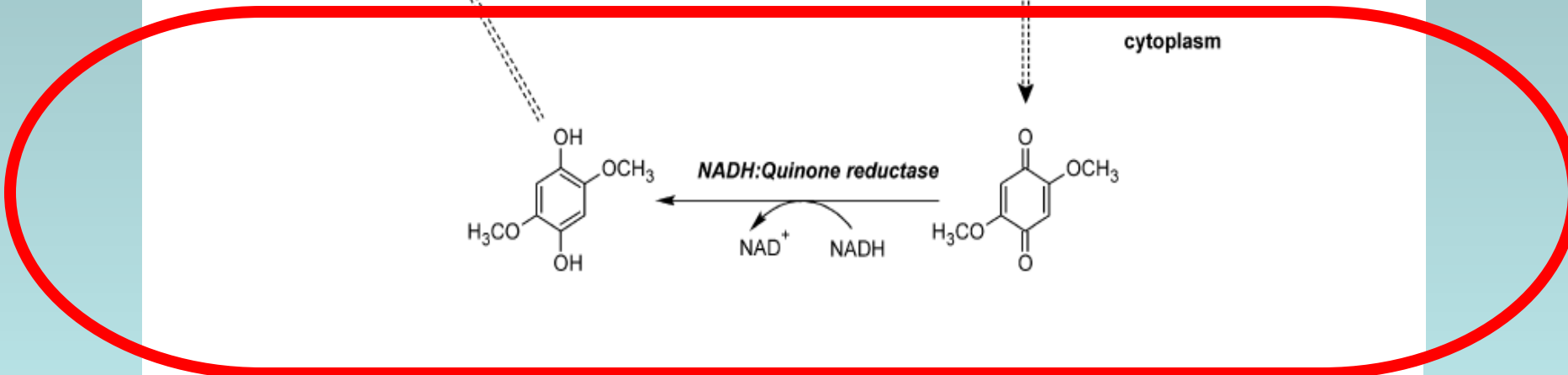


Generación de especies reactivas del oxígeno

Reacción de Fenton

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH^\bullet$$

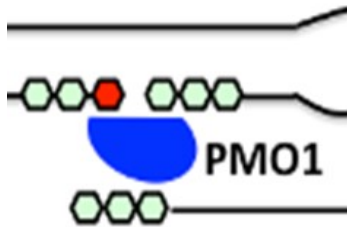
Reacción de Haber Weiss

$$H_2O_2 + O_2^- \longrightarrow O_2 + OH^- + ^\bullet OH$$


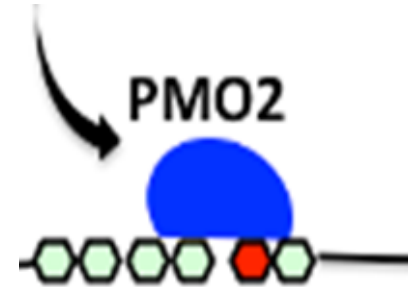
Hongos celulolíticos: importancia

- Procesos de transformación de la materia orgánica.
- Formación y fertilidad de suelos y compost.
- Fuente de enzimas extracelulares de interés industrial:
 - refinamiento de bobinas de papel y fibras textiles,
 - bioconversión de residuos agrícolas y forestales en bioetanol de segunda generación,
 - incremento en el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes.





PMOs

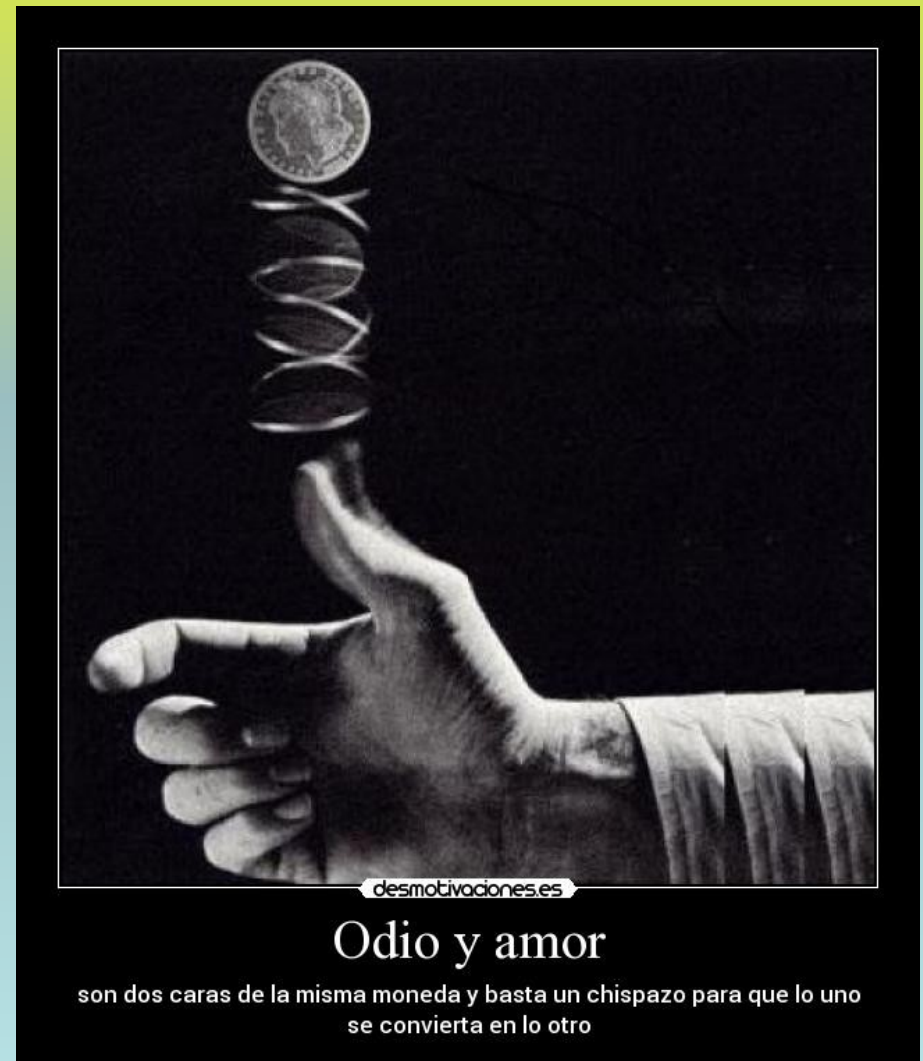


- Una mezcla enzimática comercial conteniendo PMO (Novozymes, Cellic CTec2) está disponible en el mercado.

pero hay otros efectos de los hongos celulolíticos!



- **Elementos comunes:**
Hongos y material celulósico
como sustrato de los hongos



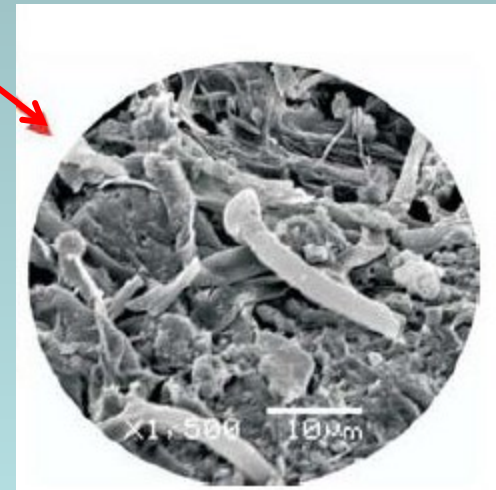
... los efectos negativos de los hongos celulolíticos

- Enfermedades.
- Biodeterioro de materiales (incluidos alimentos).

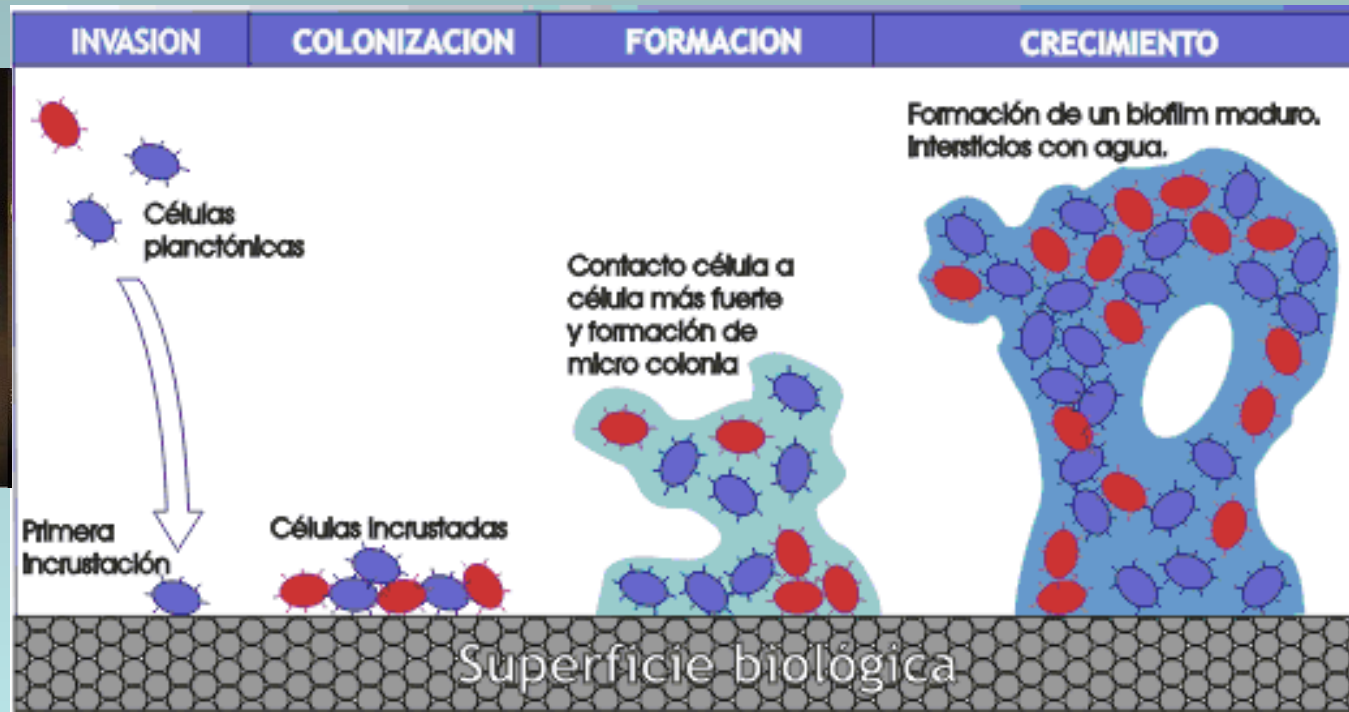
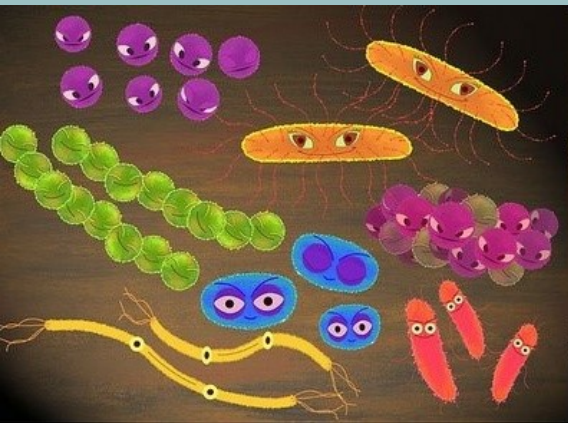


Biodeterioro

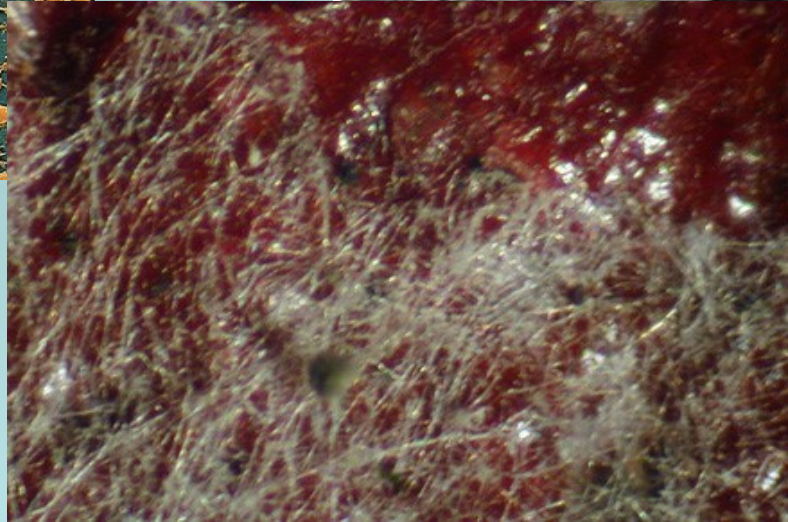
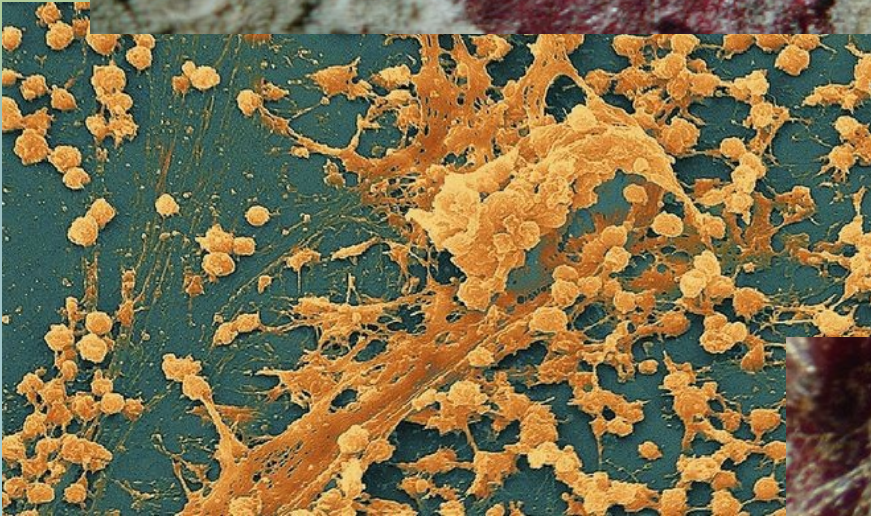
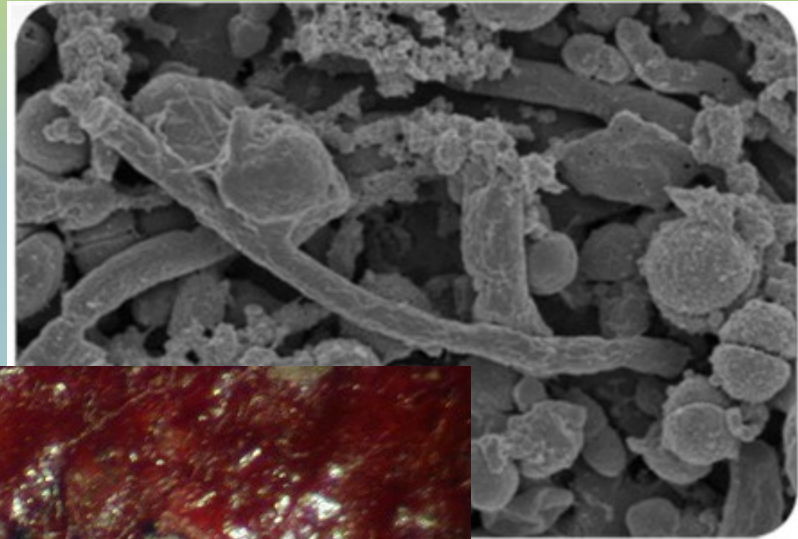
- Cualquier cambio indeseable en un material causado por la actividad metabólica de un microorganismo u organismo vivo.



Los microorganismos que deterioran los materiales forman el *bio-film* sobre ellos, sea utilizando como soporte y/o como fuente de nutrientes y energía, lo que afecta las propiedades del material.

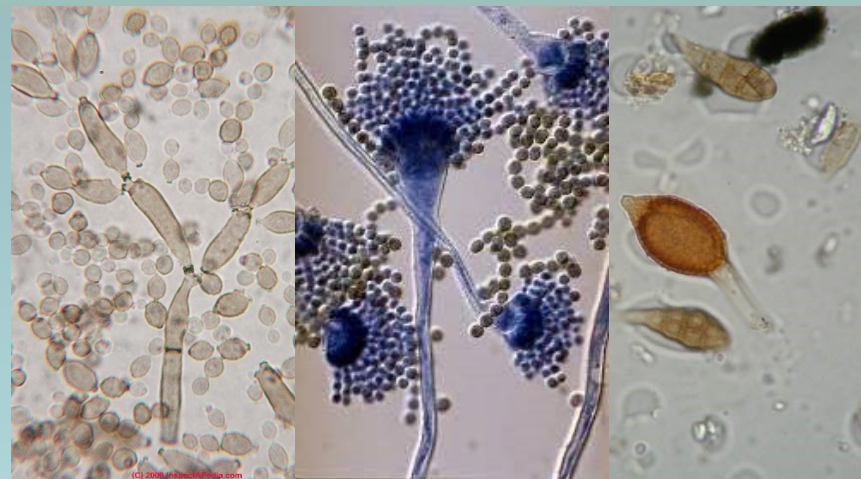


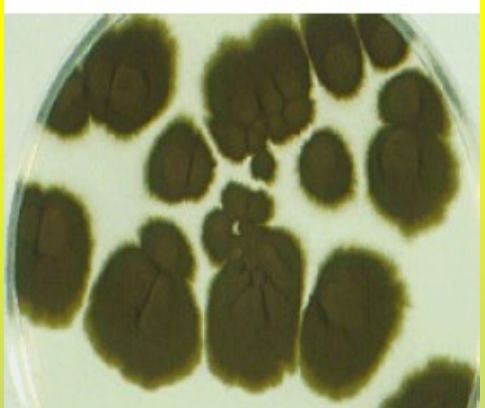
- El **biodeterioro** de materiales sólidos se inicia con la formación de un biofilm.



Hongos identificados en libros, documentos, fotografías, y otros patrimonios culturales en soportes celulósicos

- *Alternaria alternata*
- *Aspergillus melleus*
- *Aspergillus sclerotiorum*
- *Cladosporium cladosporioides*
- *Penicillium sp.*
- *Penicillium purpurogenum*
- *Pithomyces chartarum*
- *Ulocladium alternarie*
- Levaduras





Cladosporium cladosporioides



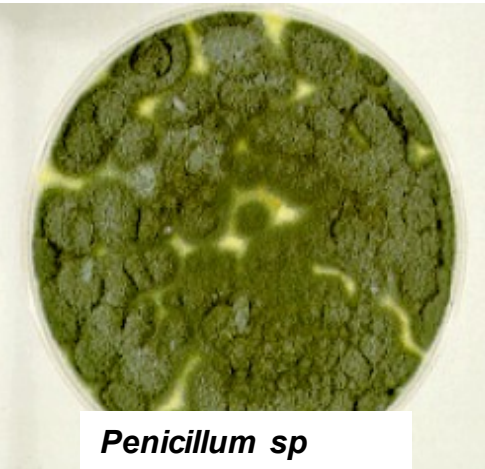
Exophiala jeanselmei



Cladosporium fusiforme



Cladosporium sphaerospermum



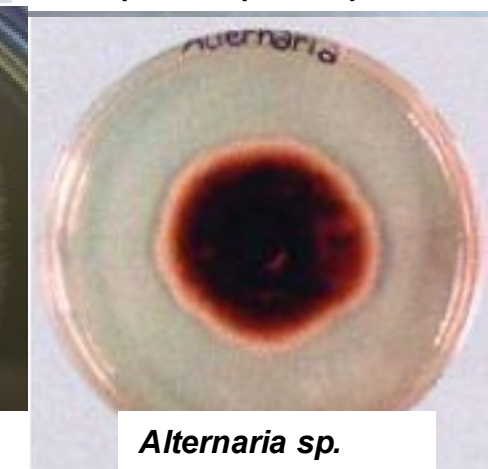
Penicillium sp



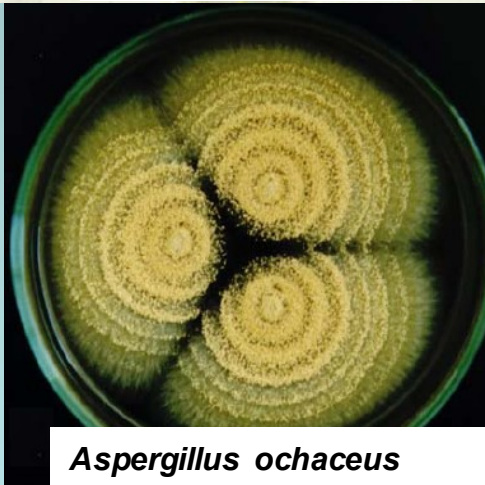
Aspergillus oryzae



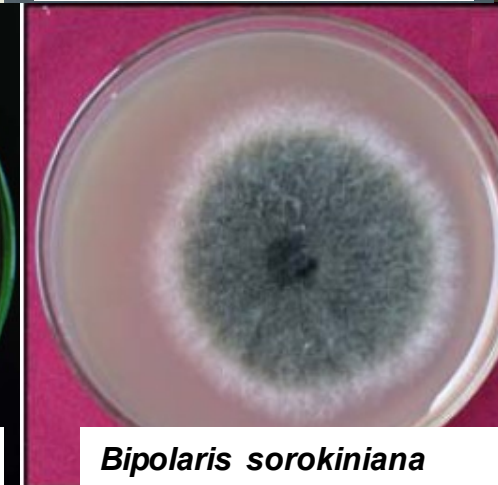
Aspergillus fumigatus



Alternaria sp.



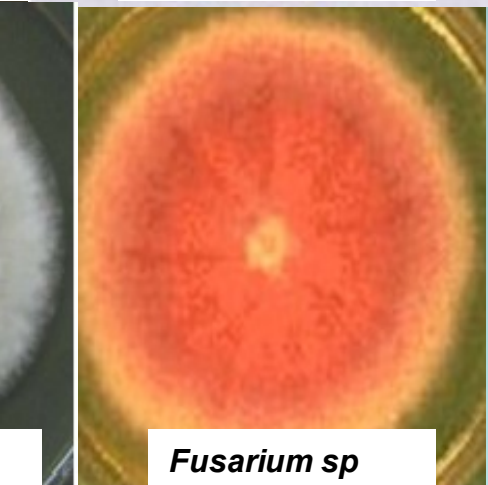
Aspergillus ochraceus



Bipolaris sorokiniana



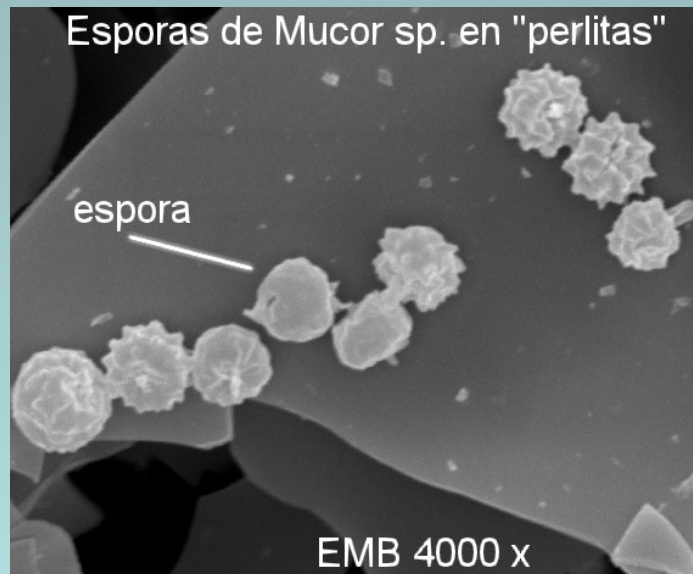
Aspergillus candidus



Fusarium sp

Los hongos y su relación con el papel

- Fuente de C y energía.
- Soporte de crecimiento.
- Vehículos de dispersión.



Condiciones de ataque fúngico sobre papel

- Temperatura (20-30 °C);
- Humedad/actividad agua (60 %);
- pH (5,6);
- Base de nutrientes (papel y sus componentes);
- Disponibilidad de esporas fúngicas.

Muestreo en el Museo, Archivo y Biblioteca

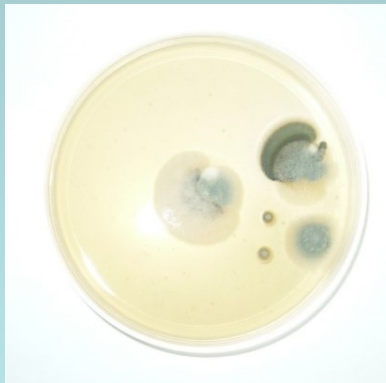
Ataúlfo Serafín Pérez Aznar (2015-La Plata)



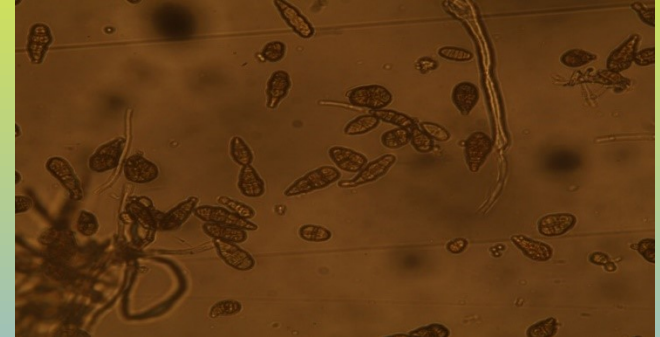
Muestra



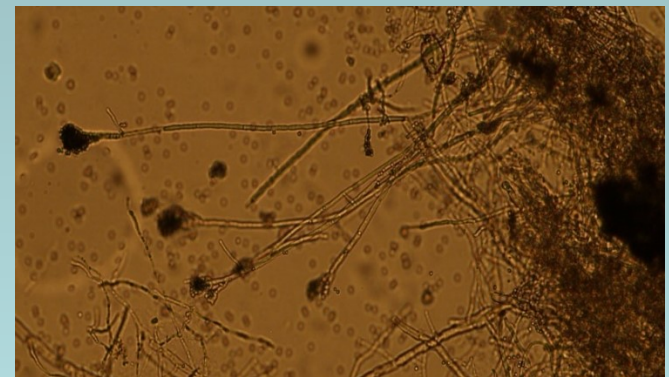
Superficie de la Muestra



Colonias desarrolladas a
partir de la muestra.



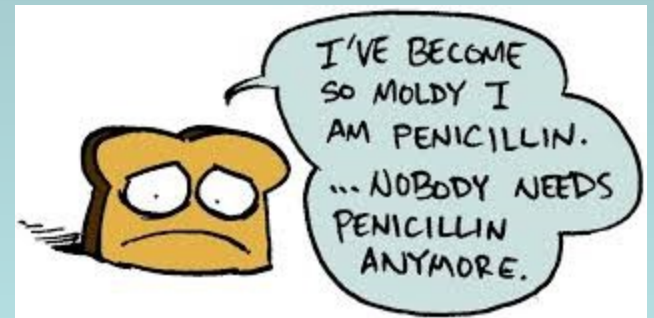
Observación microscópica del
desarrollo central color negro
(*Alternaria* sp.)



Observación microscópica
del desarrollo de coloración
verde (*Penicillium* sp.).

Prevención de la contaminación fúngica en indoor

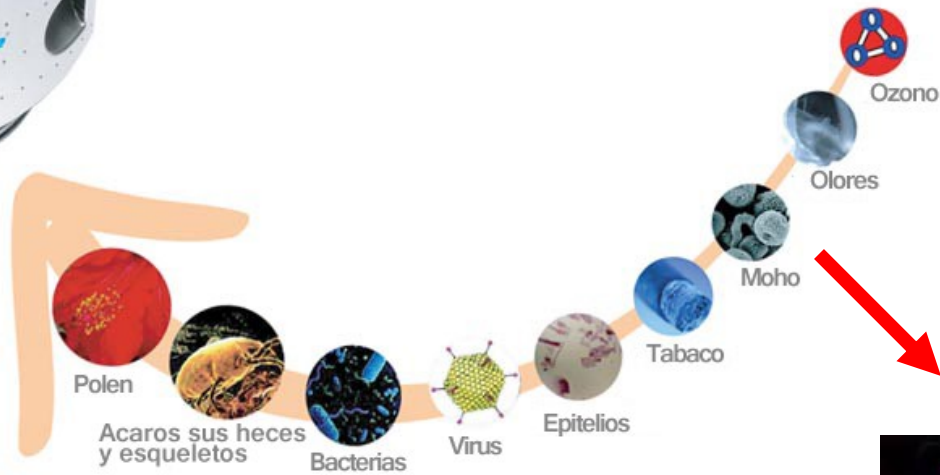
- Control climático, reducir el nivel de humedad hasta 40 %.
- Limpieza y mantenimiento de la infraestructura del lugar.
- Monitoreo microbiológico.



Aire Purificado



Salida del Aire Esterilizado



Principalmente
en estado de esporas



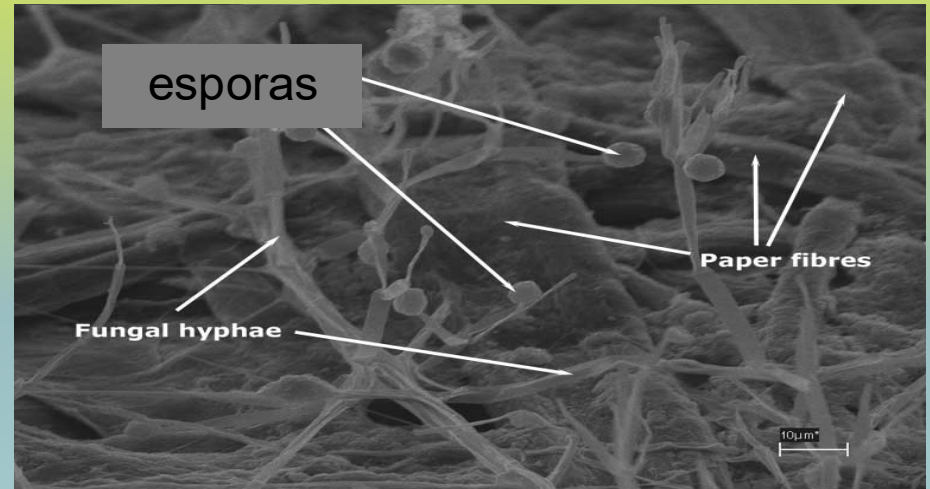
Acción de los hongos en los fenómenos de deterioro de papel

- Participación de enzimas despolimerizantes.
- Activación de reacciones oxidativas y producción de ácidos orgánicos.
- Alteración mecánica del papel.

Ataque fúngico de papel



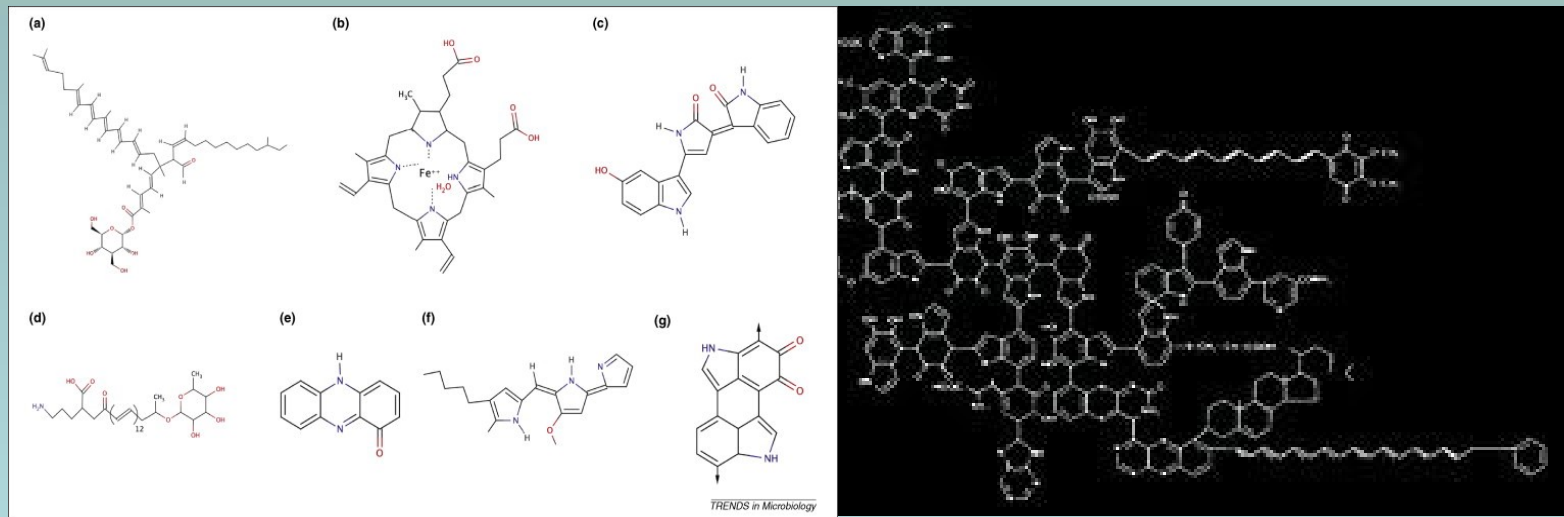
Daño estético



Daño estructural

Daño estético del papel

- Producción de metabolitos fúngicos pigmentados y su acumulación en la trama del papel.-





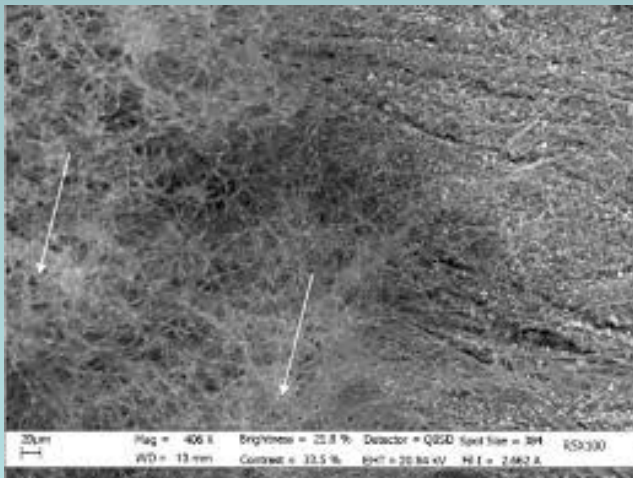
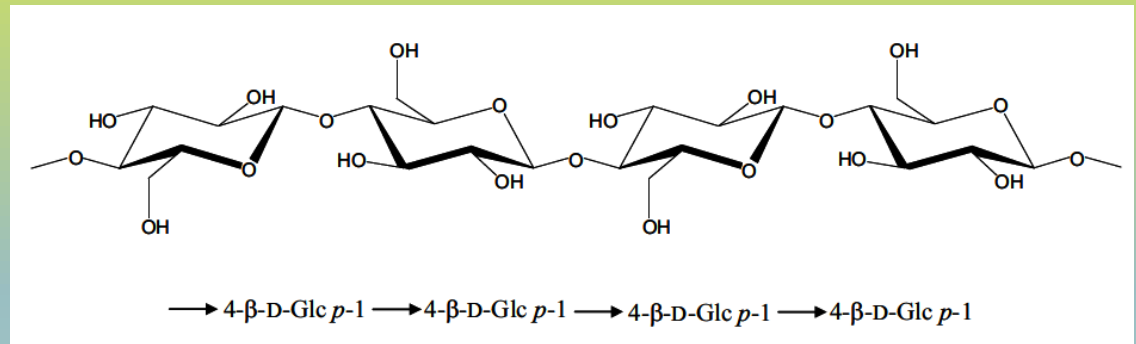
Daño estético: foxing



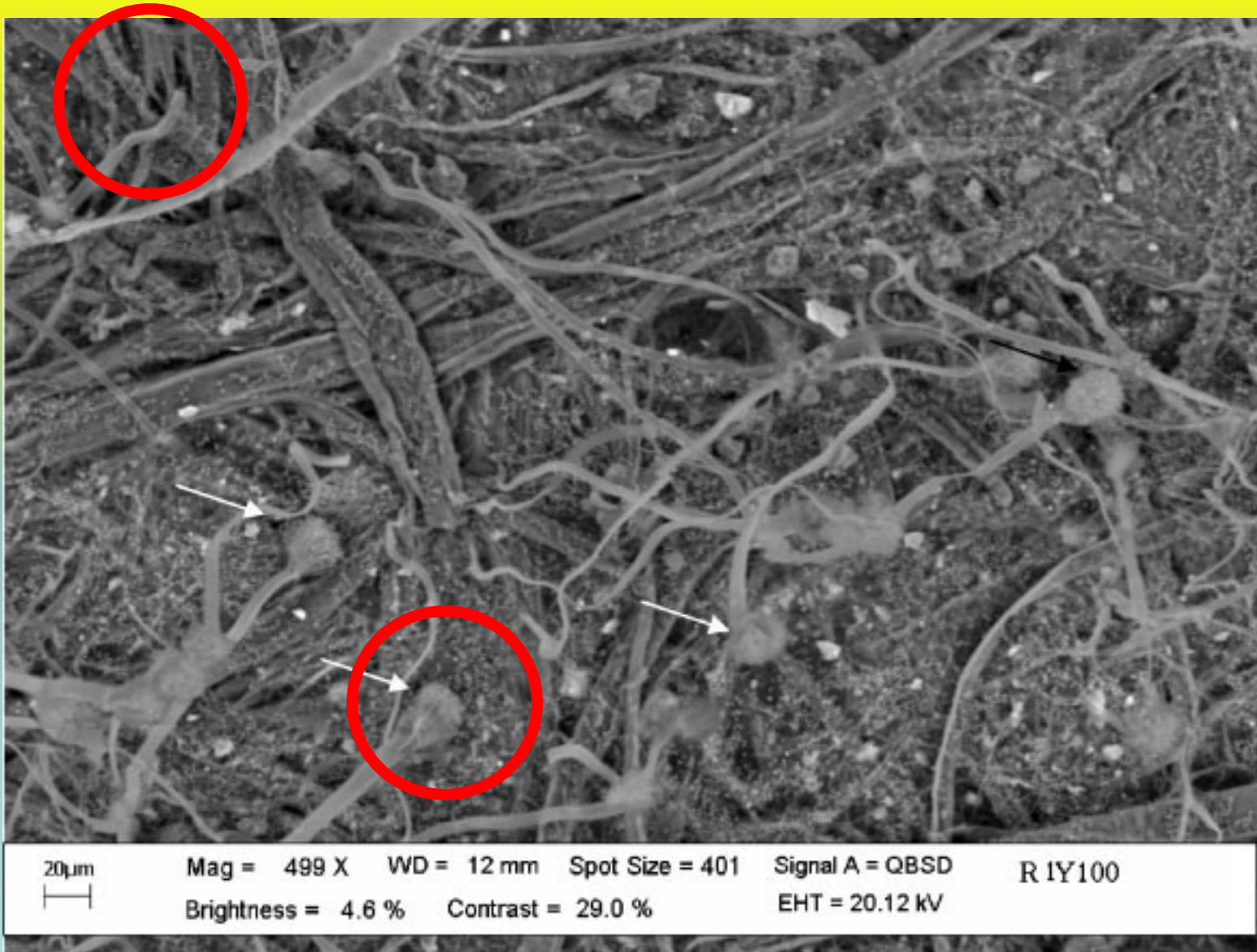
- Manchas pardo-rojizas.
- Este fenómeno se ha relacionado con:
 - depósitos de óxidos y sales de hierro,
 - alteración de las fibras del papel,
 - acumulación de componentes aditivos utilizados en la elaboración de papel, y
 - oxidación de la celulosa por aditivos usados en la elaboración de papel.

Daño estructural

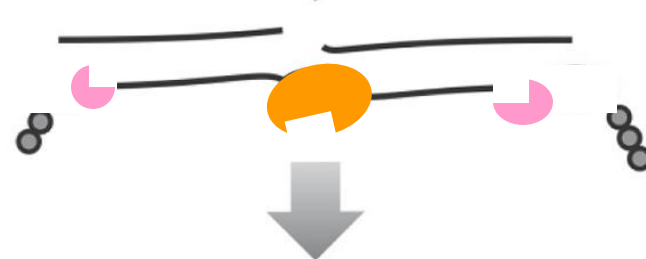
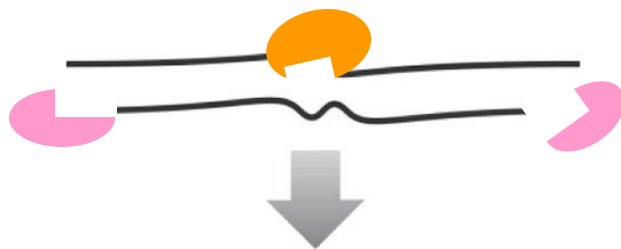
- Despolimerización de celulosa



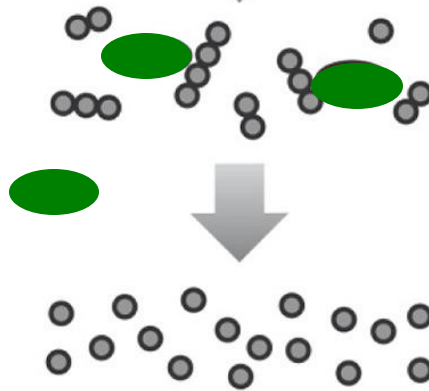
Pérdida de la masa del papel y estrés mecánico






Polímero



Solubles



**Despolimerización
(Hidrólisis)**

-  endo-(1,4)- β -D-glucanase
-  exo-(1,4)- β -D-glucanase
-  β -glucosidase

Degradación de papel

Azúcares solubles

Desarrollo de microbiota asociada

Mucorales



Investigaciones en curso

- Monitoreo de la carga fúngica ambiental y otros bioaerosoles asociados a salas de exposición y depósitos del Museo de La Plata bajo la dirección de la **Dra. Daniela Nitíu** (Cátedra de Palinología. Fac. Cs. Naturales y Museo, UNLP).
- Control del deterioro fúngico de papel usado en conservación con radiación gamma bajo la dirección de la **Dra. Ana Calvo** (CNEA, Ezeiza).





Gracias por
su atención!!

)