

Prevención de problemas de calidad ambiental interior durante la construcción

Ing. José Carlos Espino M.
Higienista Ambiental

Ing. José Carlos Espino

jose.espino@itsconsultores.net

Primera parte: Calidad Ambiental Interior

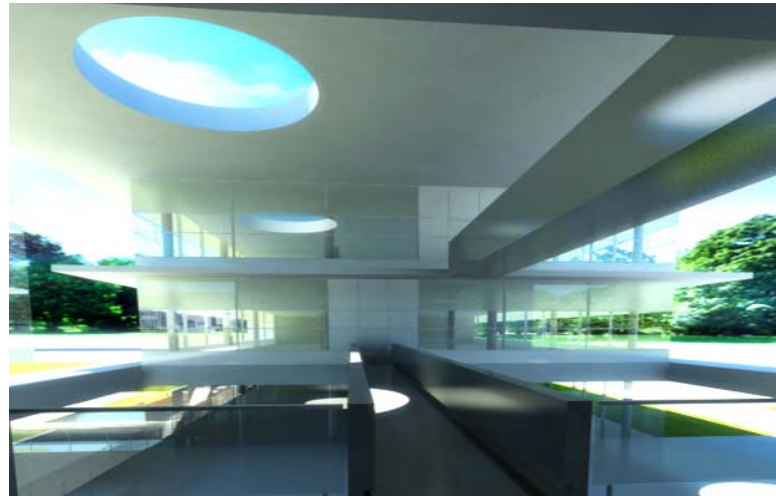
Calidad Ambiental en Interiores (CAI)

Condiciones ambientales de los espacios adecuados al usuario y a la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, física y microbiológica.



Calidad del aire en interiores

Condiciones ambientales de los espacios adecuados al usuario y a la actividad, definidas por los niveles de contaminación físico, química y microbiológica del aire.



Objetivo



≧



Calidad Ambiental Interior (CAI): un problema cada vez más serio

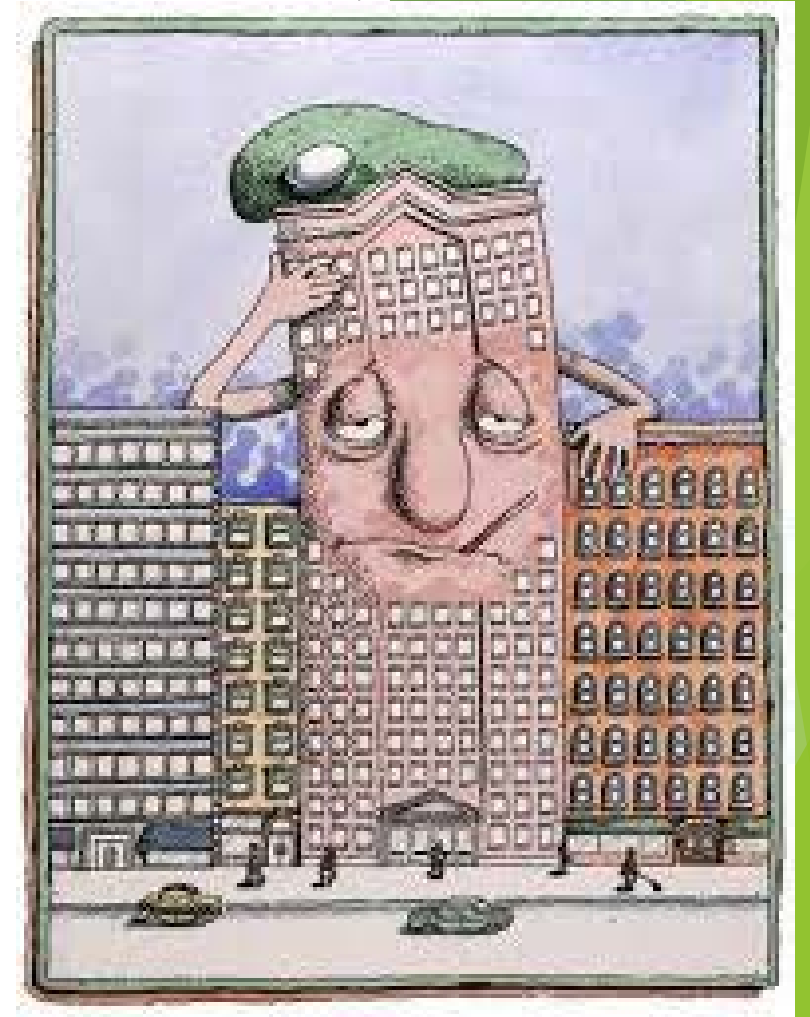


¿Por qué están aumentando los problemas de CAI?



Síndrome del edificio enfermo

El síndrome del edificio enfermo, es una expresión que denomina a la sintomatología que presentan los individuos que viven o trabajan en un edificio afectado. Es un problema de difícil solución, puesto que habitualmente las causas son múltiples y de complicada detección.



Causas probables...



Efectos sobre la salud relacionados con el aire del interior de un edificio



Síntomas IAQ/CAI

Cabeza

dolor, malestar

Orejas

infecciones, dolor

Ojos

hinchados, lágrimas, rojos, irritados, secos

Nariz

malestar, estornudos, reumas, dolor, sequedad

Garganta

dolor, sequedad, pastosa, flema, irritación, ronquera

Piel

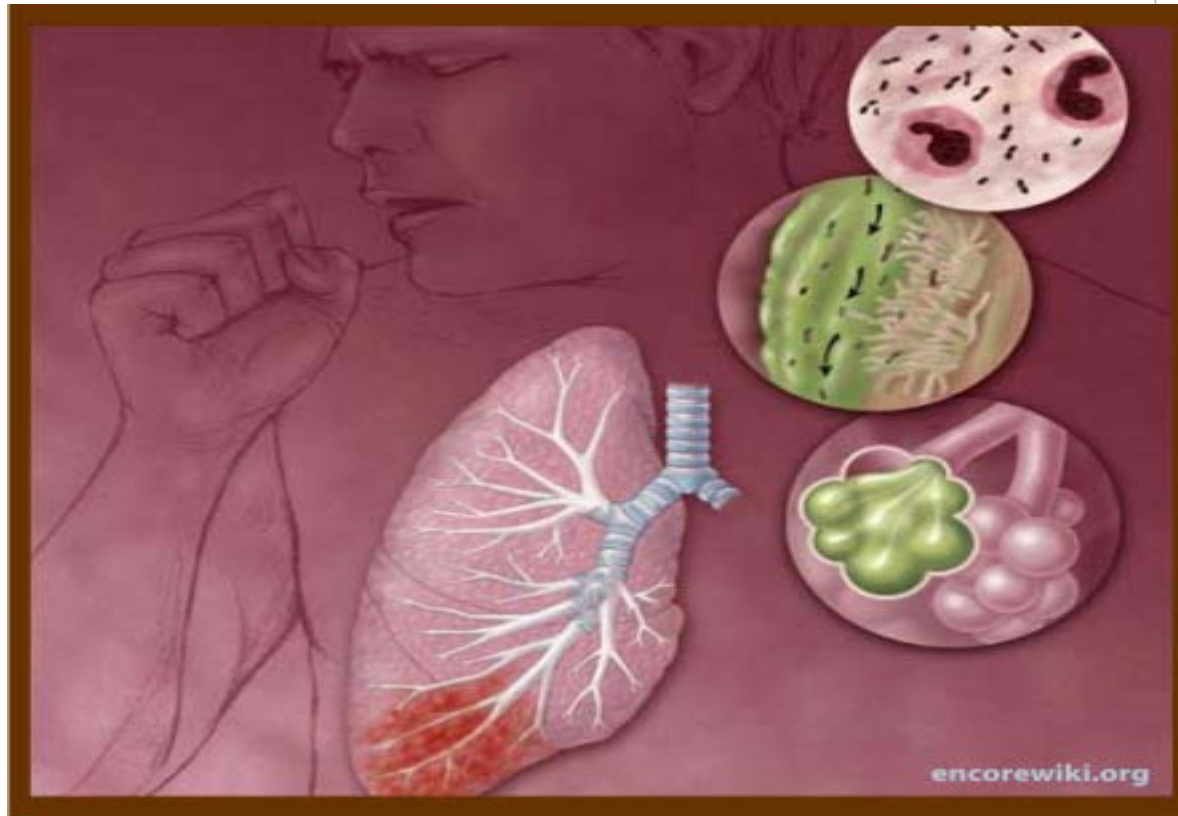
seca, erupciones, grasienta

Pecho

dolor, problemas respiratorios, tos, congestión



Afecciones respiratorias



Afecciones neuropsicológicas

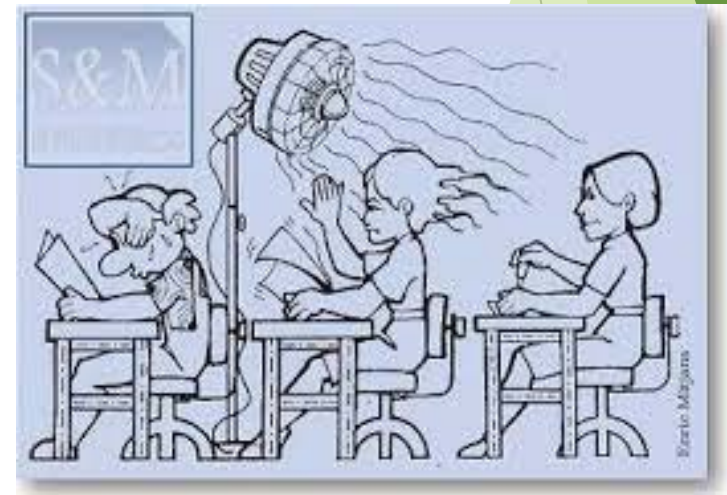


Irritaciones cutáneas



Confort térmico y ventilación

- ▶ El mayor número de quejas referentes a la calidad del aire del interior de un edificio son por el confort térmico y ventilación.
- ▶ Según el NIOSH, en más del 50% de estudios realizados en edificios, los problemas eran causados por una inadecuada ventilación.



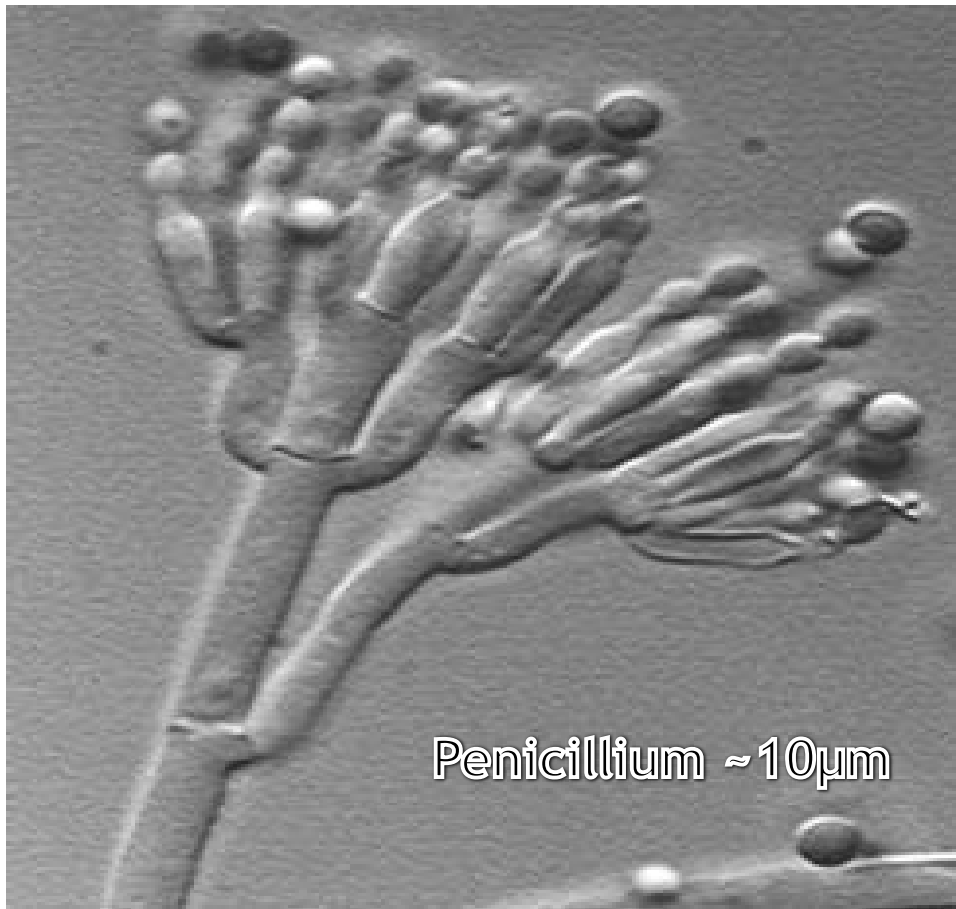
Limpieza del sistema de ventilación



Contaminantes biológicos



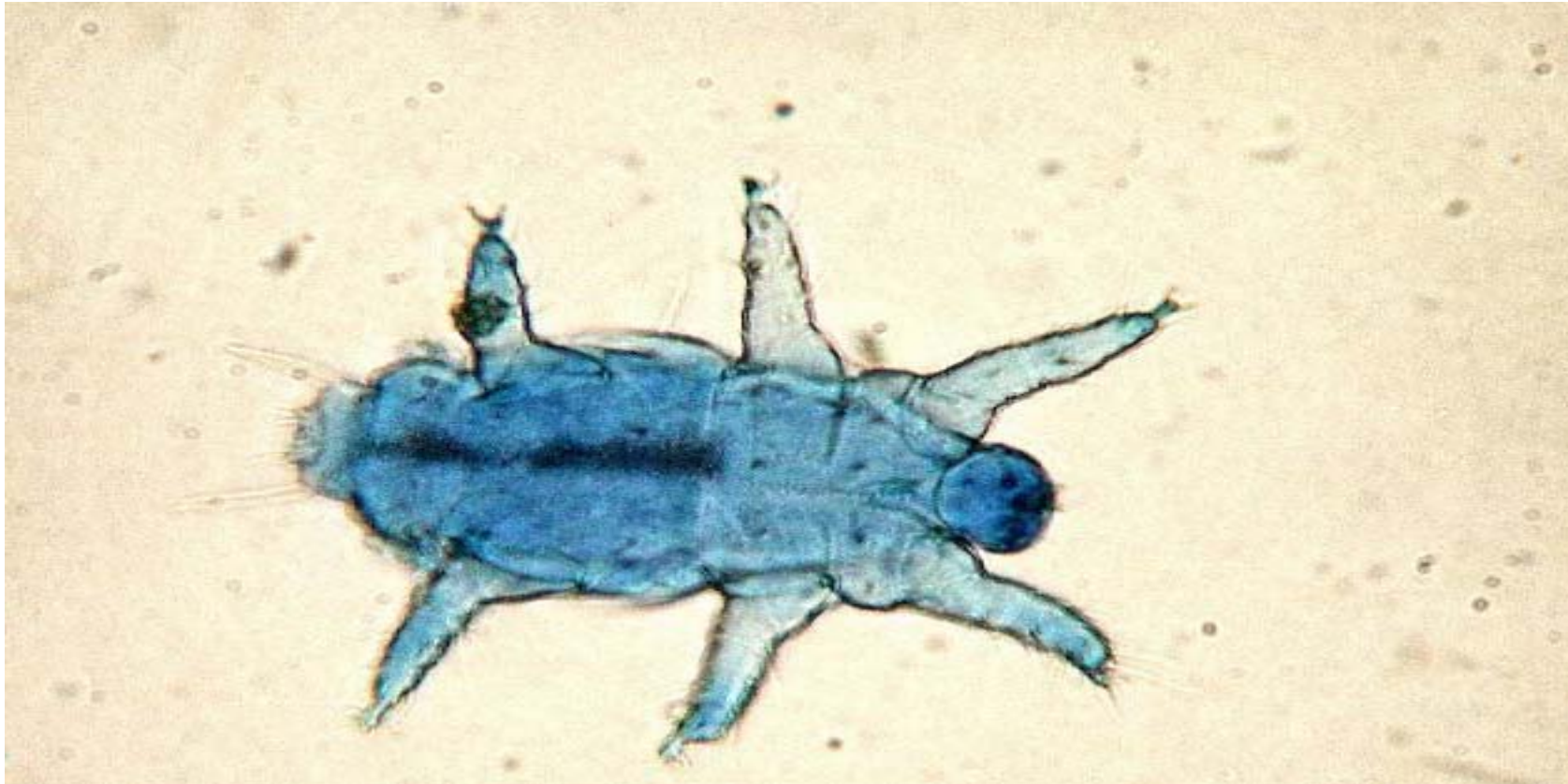
Hongos



Bacterias

- ▶ Las bacterias ambientales son comunes en ambientes internos.
- ▶ Las más comunes son:
 - ▶ *Staphylococcus spp.* (*Staphylococcus epidermis*)
 - ▶ *Micrococcus spp.*
 - ▶ *Flavobacterium spp.*
 - ▶ *Pseudomonas aeruginosa*
 - ▶ *Acinetobacter*
 - ▶ *Alcaligenes spp.*

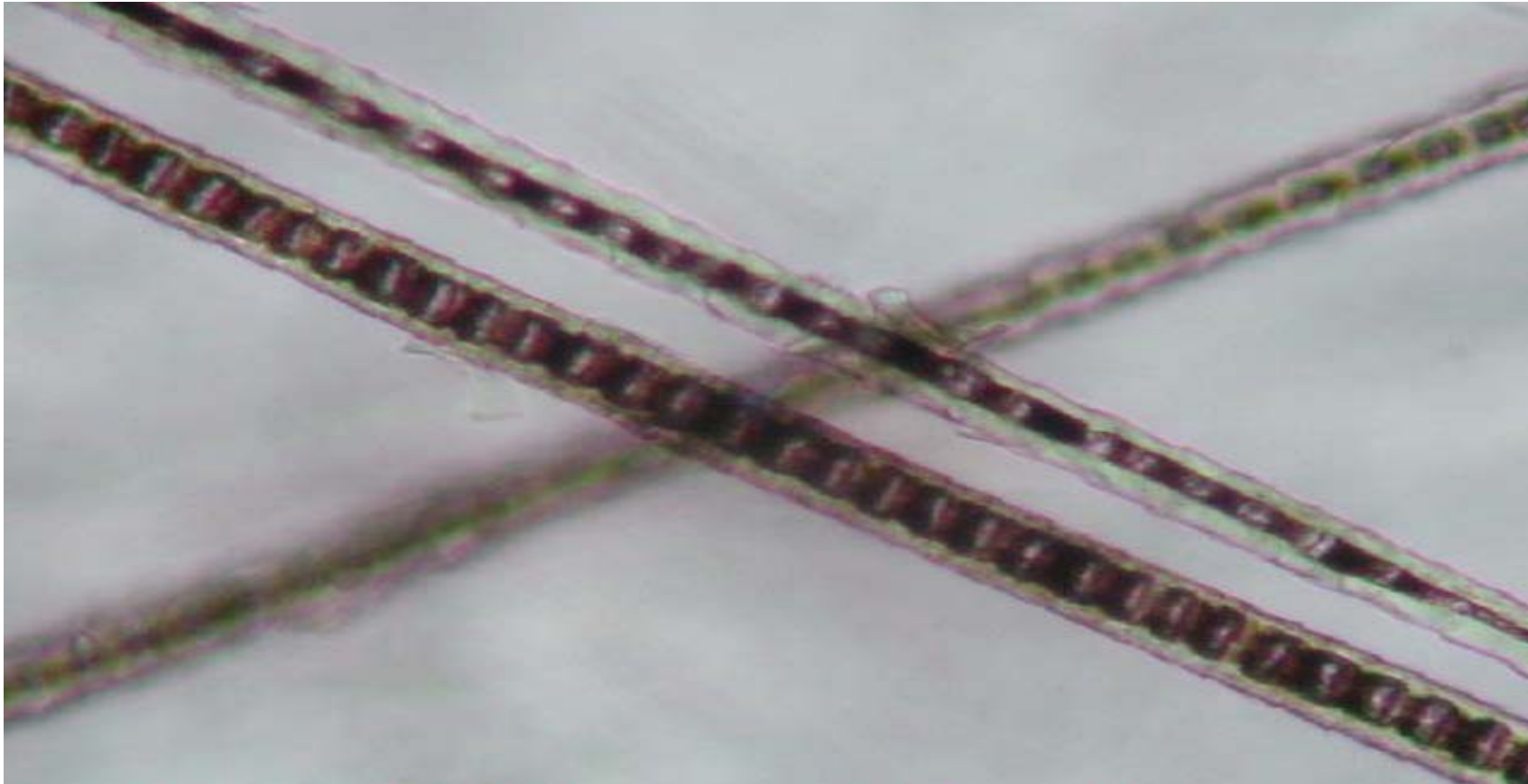
Alérgenos comunes



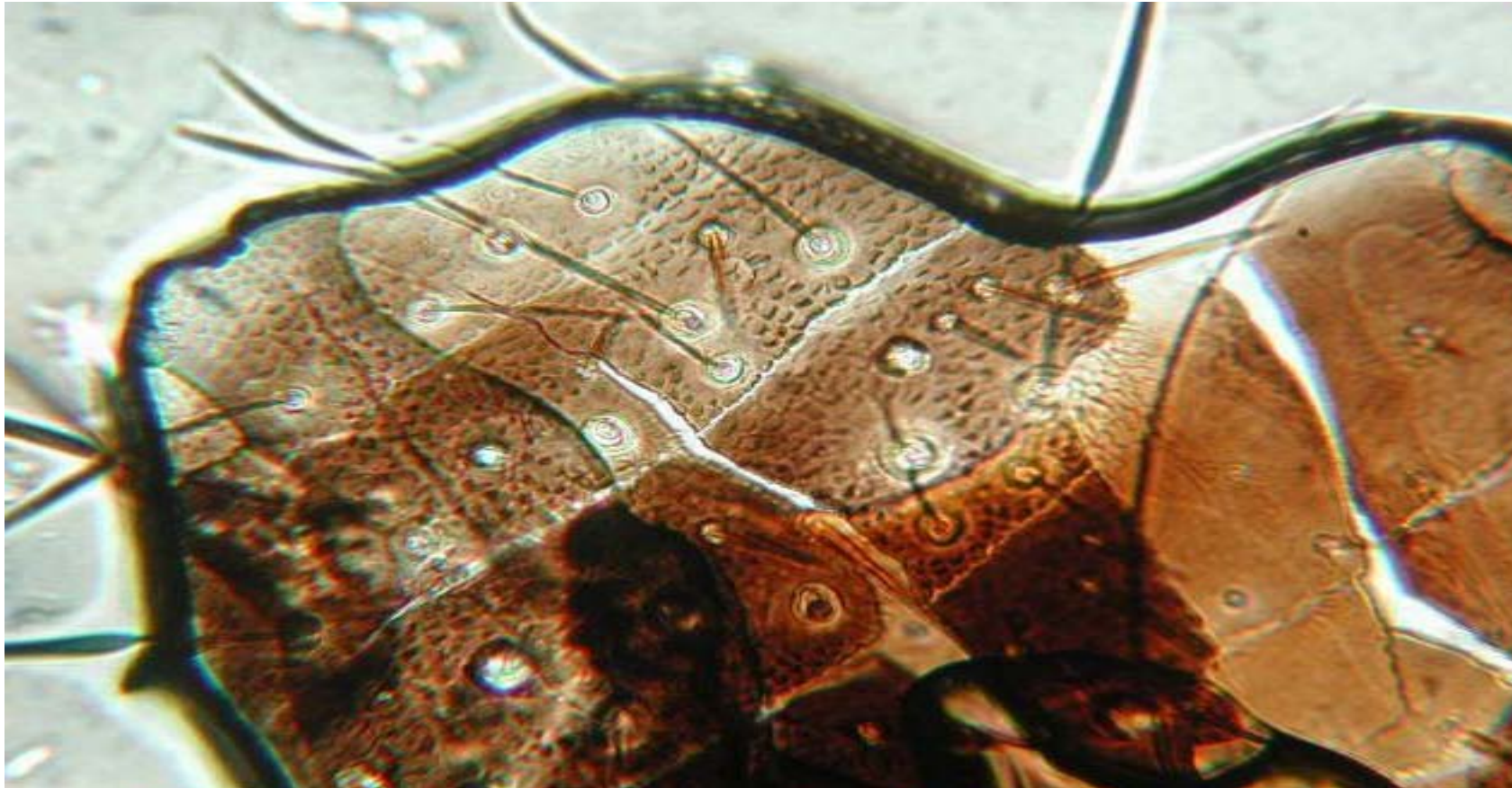
Alérgenos comunes



Alérgenos comunes



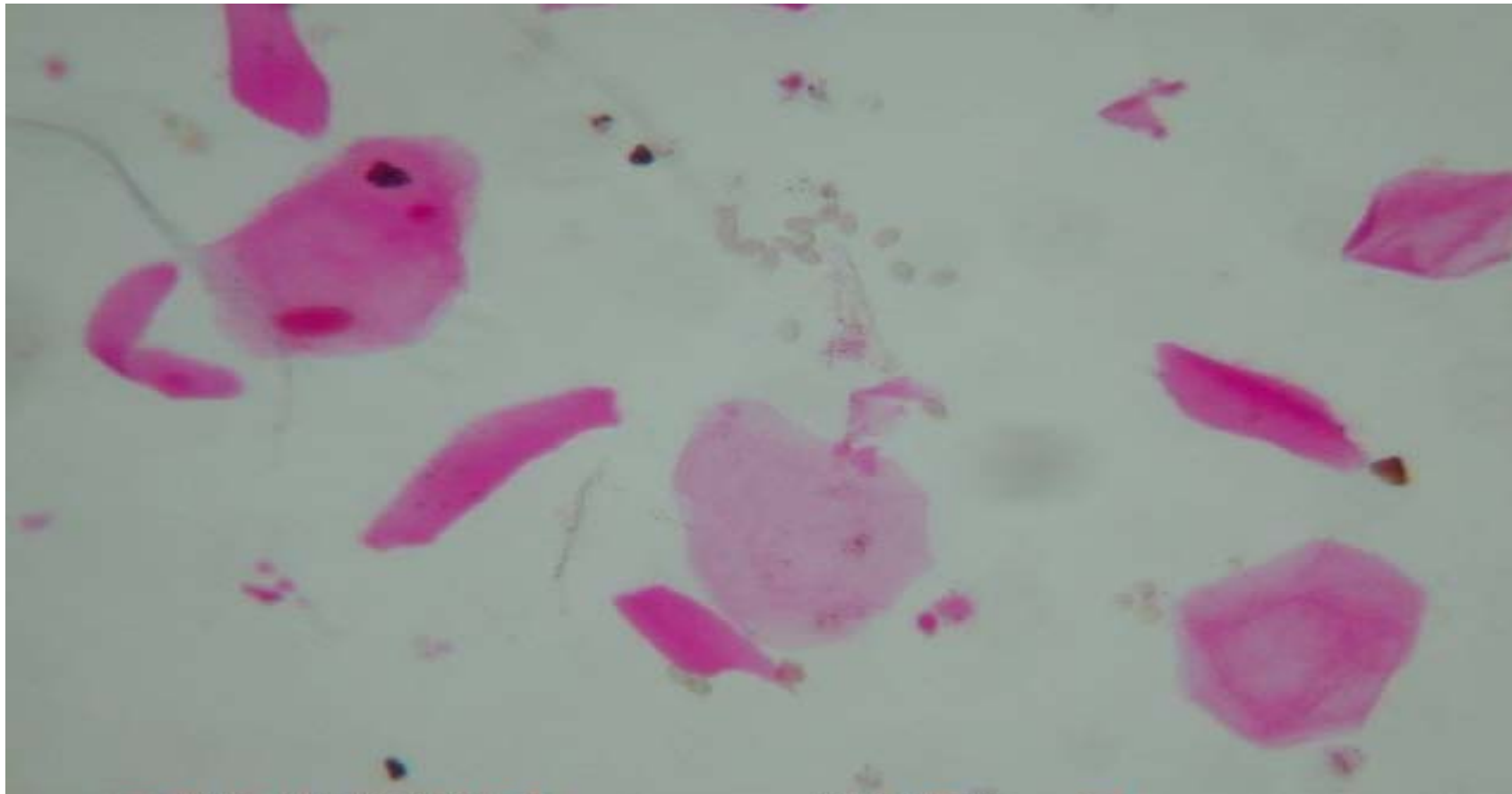
Alérgenos comunes



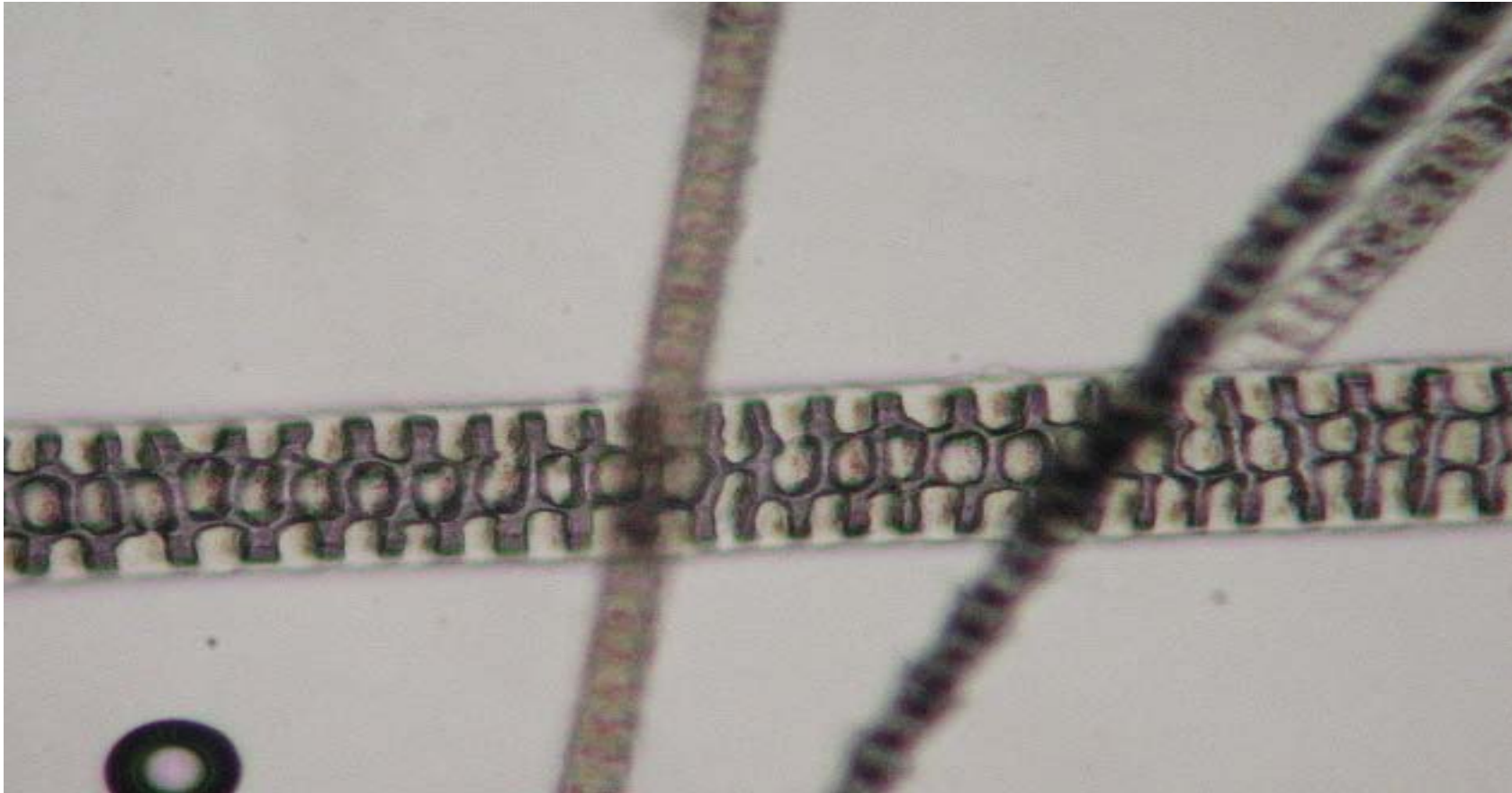
Alérgenos comunes



Alérgenos comunes



Alérgenos comunes



Parámetros mínimos a evaluar

- ▶ Evaluación de los sistemas de AA;
- ▶ Temperatura y humedad relativa; valoración del confort térmico;
- ▶ Dióxido de carbono (CO_2);
- ▶ Monóxido de carbono (CO);
- ▶ Partículas en suspensión por gravimetría (PM_{10});
- ▶ Conteo de partículas en suspensión;
- ▶ Biocontaminantes en suspensión.

Parámetros complementarios

- ▶ Iluminación ambiental;
- ▶ Ruido ambiental;
- ▶ Campos eléctricos y magnéticos;
- ▶ Electricidad estática;
- ▶ Formaldehido;
- ▶ Ozono;
- ▶ Olores;
- ▶ Compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC´s);
- ▶ Análisis del confort térmico (ISO 7730);
- ▶ Fibras en suspensión;
- ▶ Óxidos de nitrógeno;
- ▶ Dióxido de azufre;
- ▶ Gas radón.

Parámetro	Método	Criterio máximo	Referencia
Temperatura y humedad relativa	Instrumentación de lectura directa	23 -25°C <65% HR	RAV
Dióxido de carbono (CO ₂)	Instrumentación de lectura directa	Valor máximo: <700 ppm del exterior	UNE EN 13779-2005
Monóxido de carbono (CO)	Instrumentación de lectura directa	9 ppm y no más de 2 ppm de la concentración exterior	Guía LEED 2009
Material particulado (PM ₁₀)	Gravimetría o lectura directa	<50 µg/m ³	Guía LEED 2009
Conteo de partículas	Lectura directa: difracción de rayos láser	ISO clase 9 <35 2000 partículas de 0,5 micras/m ³	ISO 14644-1
Hongos y esporas	ASTM D4861-05	>15 000 esporas/m ³	NAB

Parámetro	Método	Criterio	Referencia
Iluminación	Medición con luxómetro coseno corregido	Ver norma nacional	Norma nacional
Ruido ambiental interior	Medición con sonómetro	55 - 65 dBA o VLA nacional	UNE 171330-2
Campo magnético (60 Hz) - no próximos a líneas de conducción	Instrumentación de lectura directa	0,08 mT	ICNIRP
Campo eléctrico	Instrumentación de lectura directa	4166 V/m	ICNIRP
Electricidad estática	Instrumentación de lectura directa	> 2 kV	NTP 567, España

Parámetro	Método	Criterio	Referencia
Formaldehido	Método IP-6A	50 ppb	LEED Ref. Guide v.2009
Ozono	Instrumentación de lectura directa	0,08 ppm	EPA
TVOC	Instrumentación de lectura directa (PID en ppb)	500 ppb (unidades de isobutileno)	Preliminary Guidelines for IAQ
Fibras en suspensión Asbestos	NIOSH	0,1 ff/cc 0,01 ff/cc	10% del TLV ACGIH 2010
Olores	NA	Ausentes	NA
NOx	Instrumentación de lectura directa	0,2 mg/m3	OMS
SO ₂	Instrumentación de lectura directa	0,5 mg/m3	OMS
Gas radón	Muestreo aéreo y conteo con Geiger Muller	200 Bq/m3	Recomendación de la UE

Segunda parte: Control durante la construcción

Incremento en la preocupación por la CAI y su relación con el proceso constructivo



Energía y
Atmósfera



Eficiencia de
Agua



Sustainable
Sites



Materiales y
Recursos



Calidad
Ambiental
Interior



¿Cómo puede afectar el proceso constructivo a la CAI?





Tercera parte: Control del polvo y fibras

Polvo: material particulado

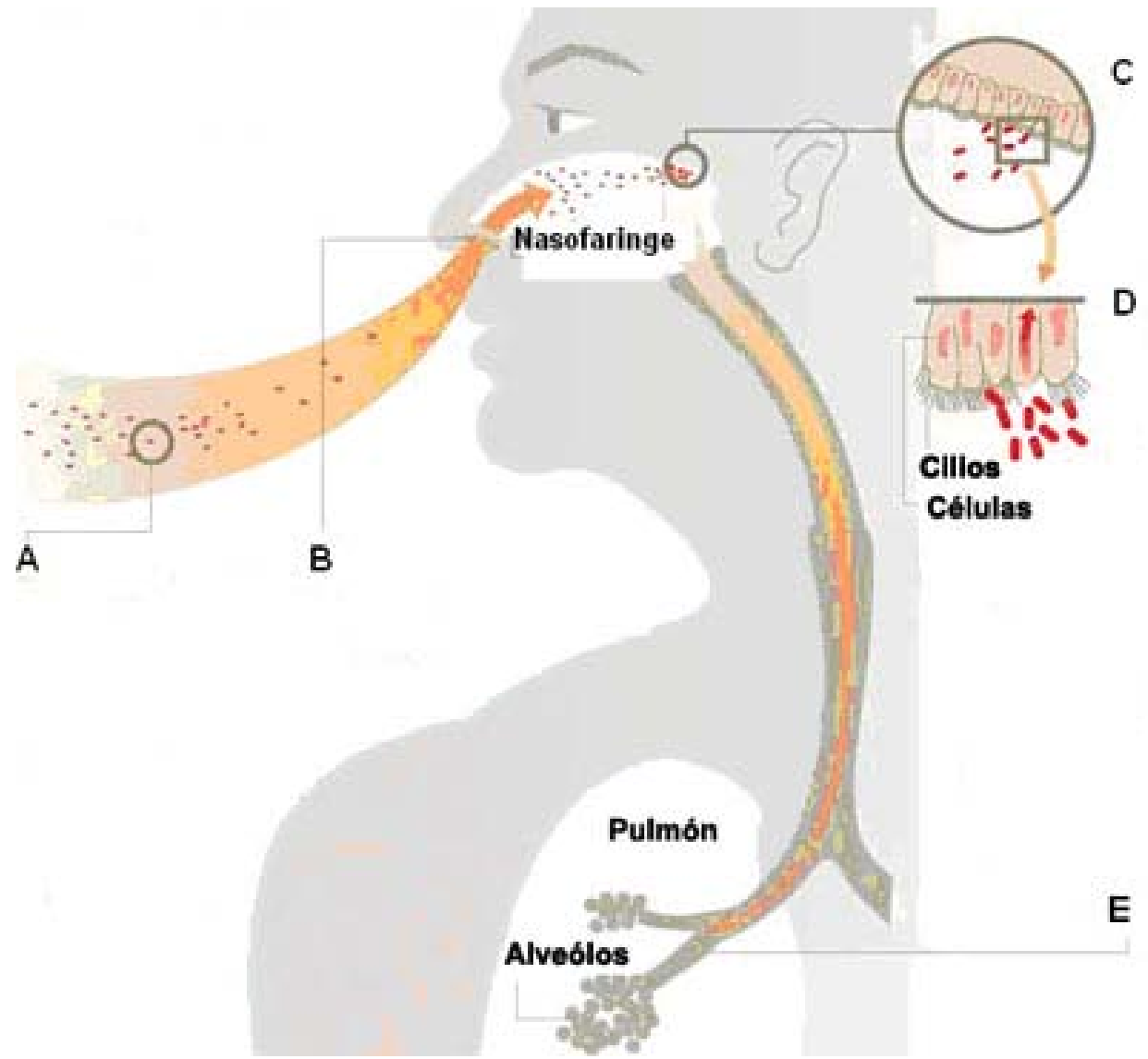
Definición: Partículas pequeñas sólidas o líquidas suspendidas en el aire



Efectos a la salud del material particulado

- ◆ Los efectos son significativos
- ◆ Las partículas de $PM_{2.5}$ son generalmente producidas por el hombre por la combustión. Estas son las que más peligros a la salud presentan.
- ◆ Para la CAI nos preocupan las partículas PM-10





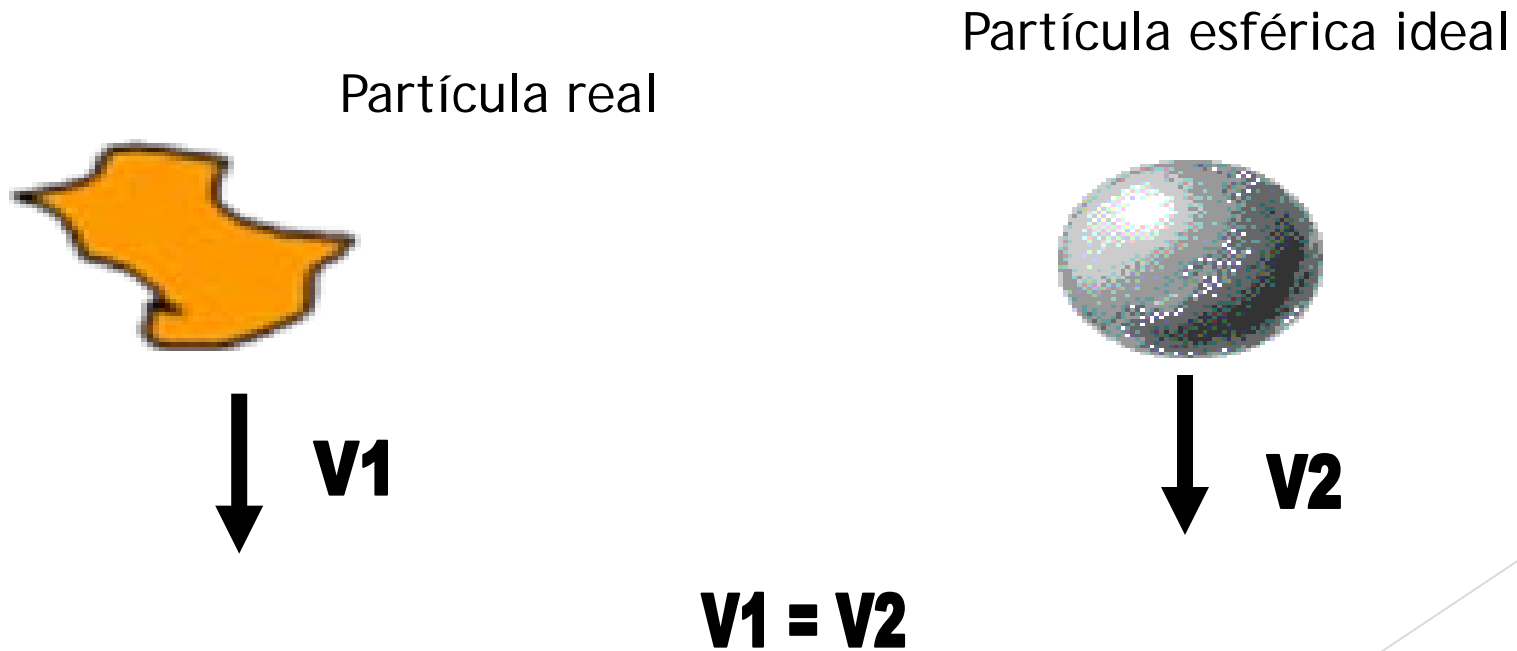
Diámetro aerodinámico

El sitio de deposición del material particulado depende del diámetro aerodinámico de la partícula (DA)

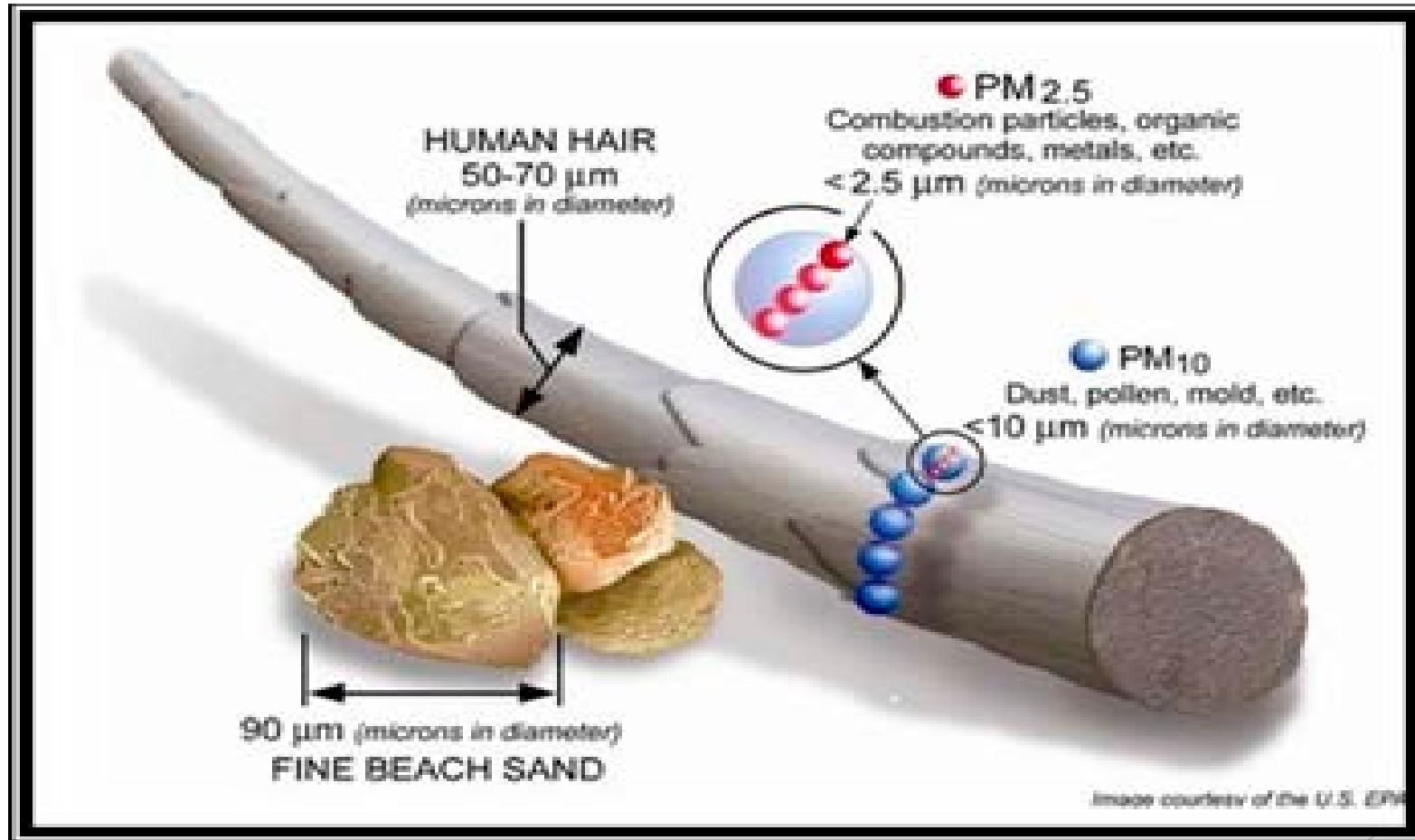
Diámetro de una esfera de una densidad de 1g/cm^3 (agua) con la misma velocidad terminal debido a las fuerzas gravitacionales en aire en calma como la partícula bajo las condiciones dominantes de temperatura, presión y humedad relativa.

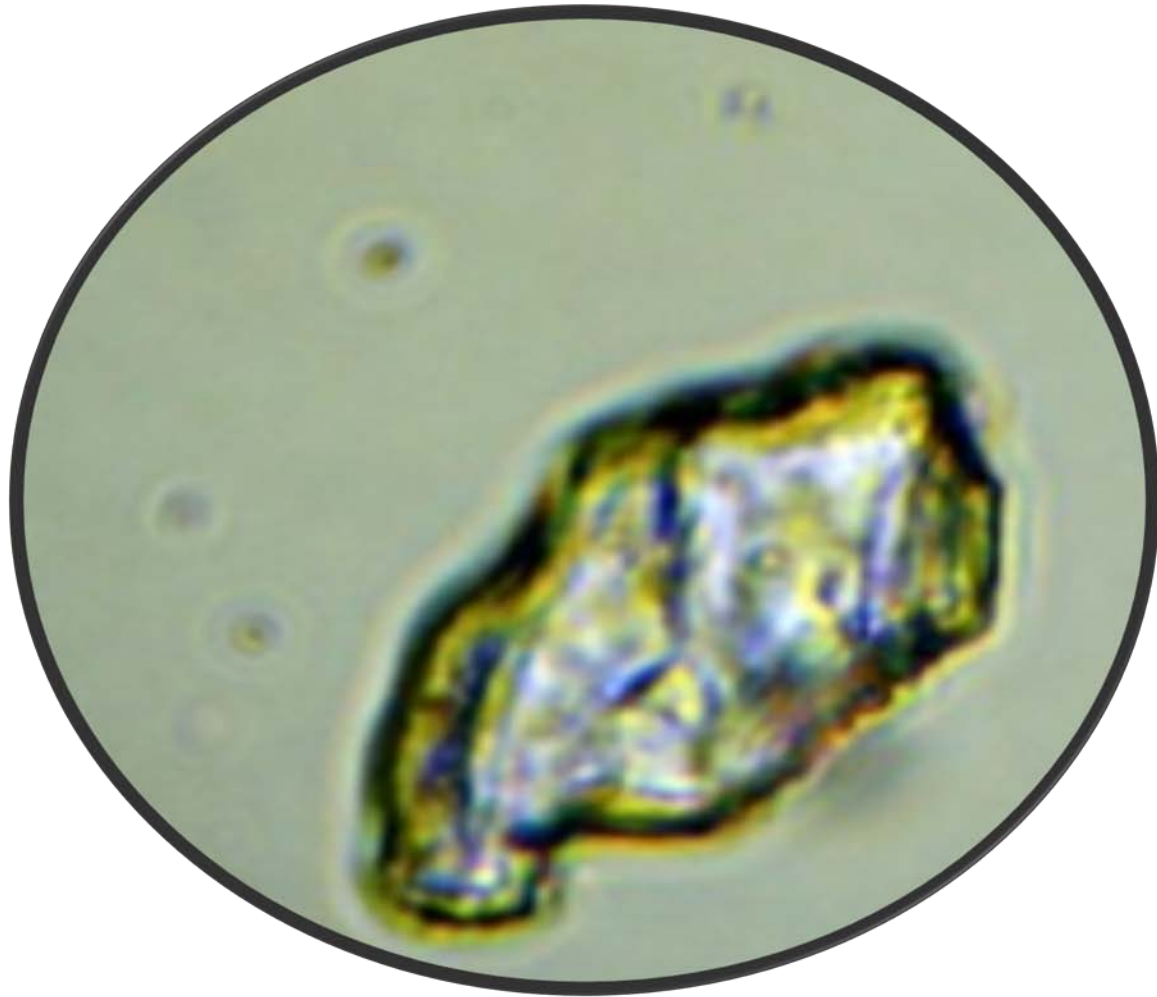
Diámetro dinámico

Esfera de densidad unitaria: Una partícula esférica "ideal" que tiene la misma densidad que el agua, que se asienta en el aire, utilizada para calcular los valores teóricos de la velocidad terminal.

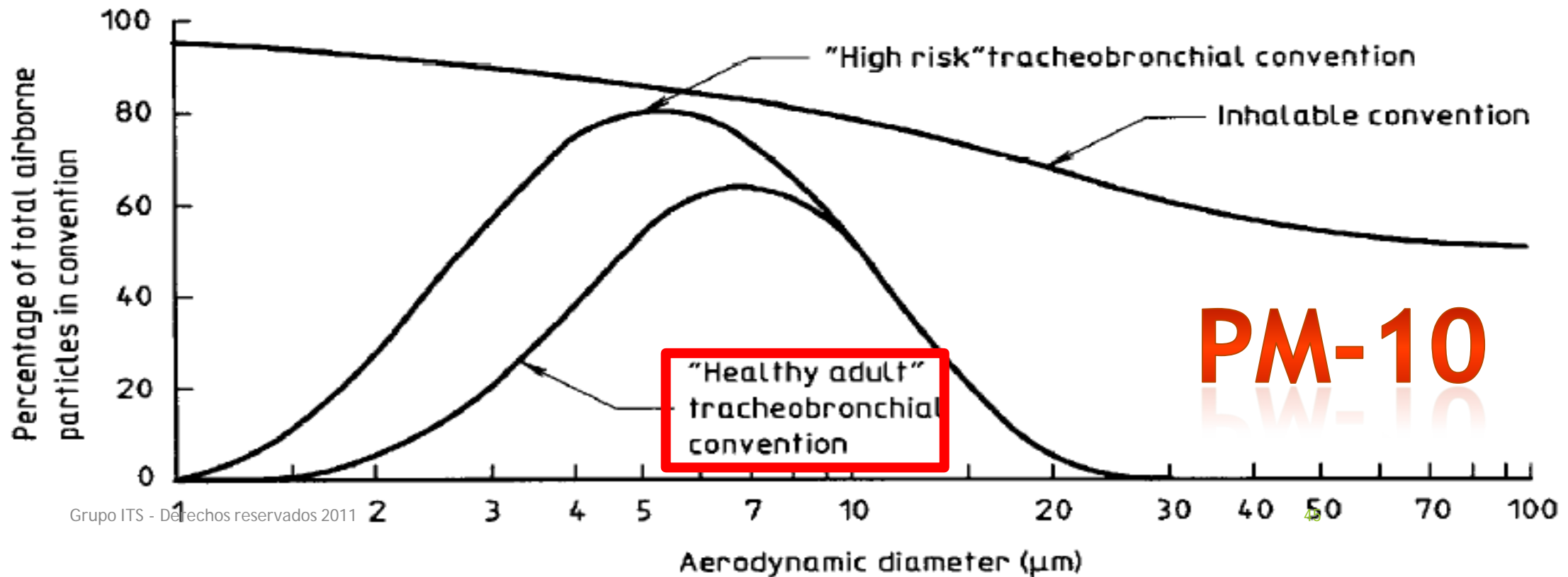


Distribución del MP por tamaño





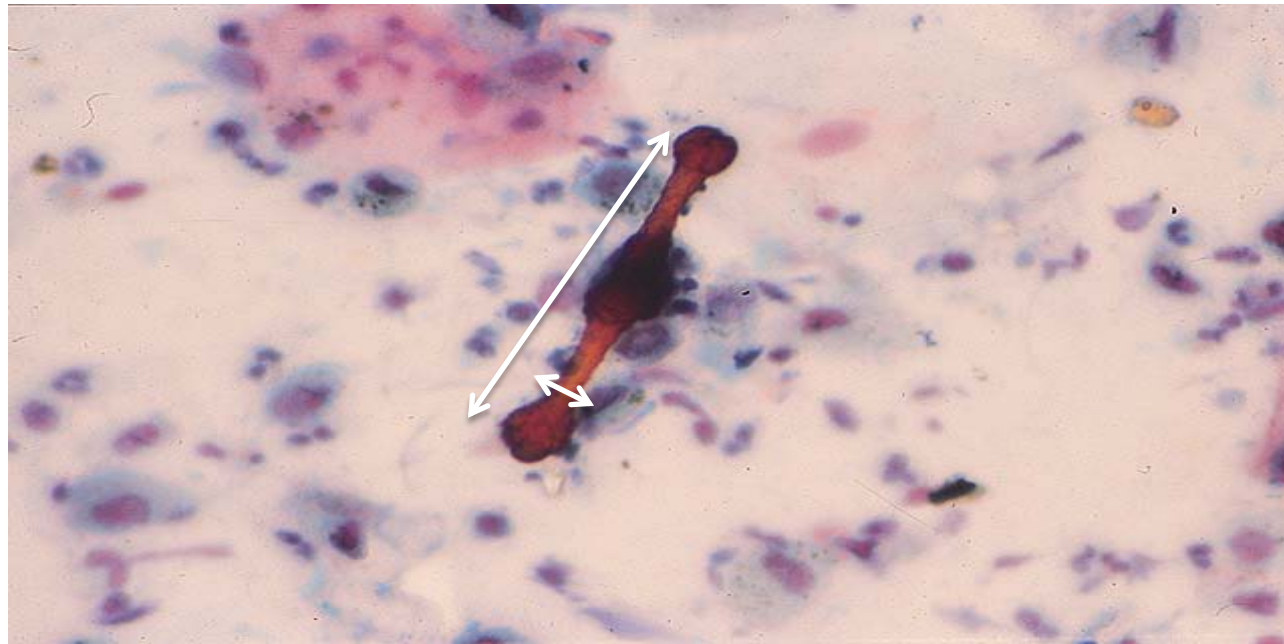
Convenciones expresadas como porcentaje del total de las partículas aerodinámicas (ISO 7708)



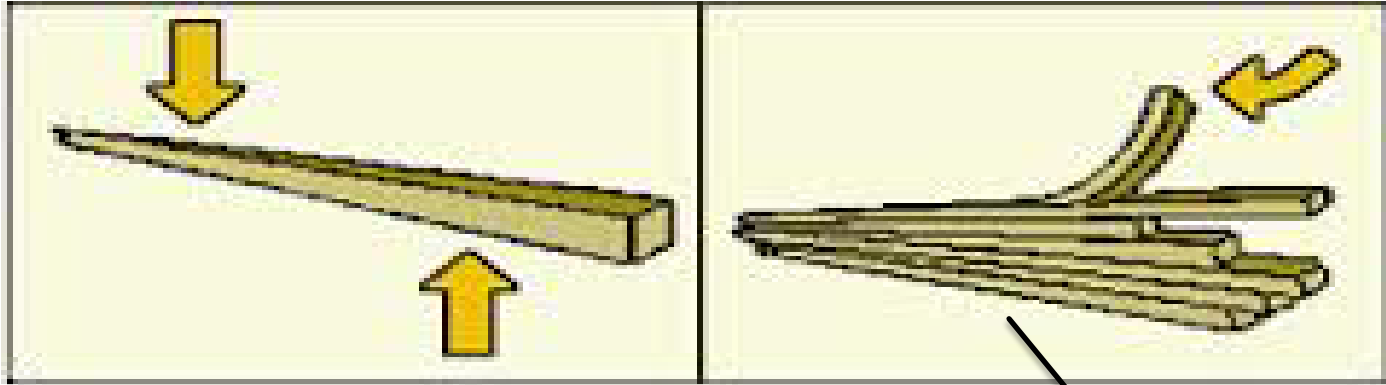
**Se recomienda una
concentración < 50µg/m³
como PM-10**

¿Qué se considera “fibra”?

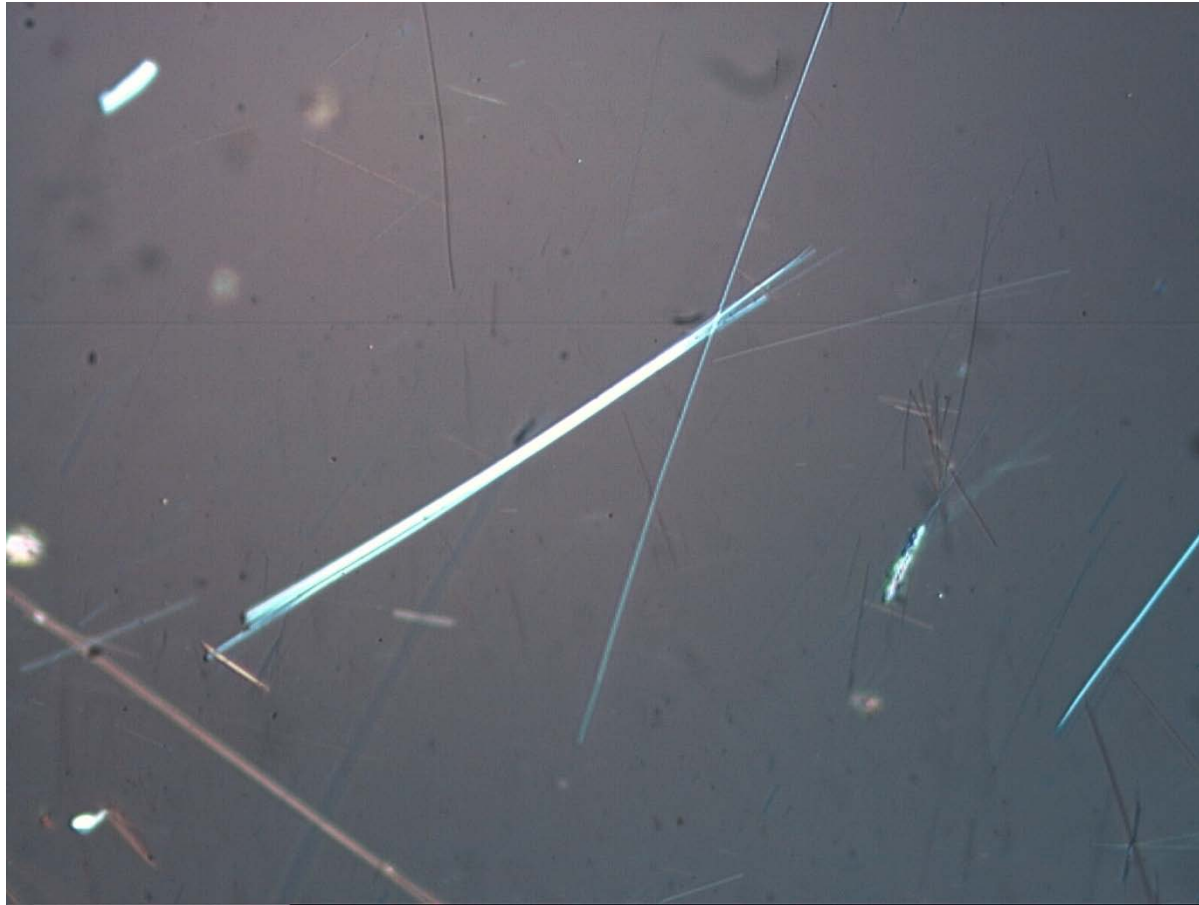
“Fibra” significa una partícula de asbesto que 5 μm o más de largo, con una relación largo-diámetro de por lo menos 3 a 1.



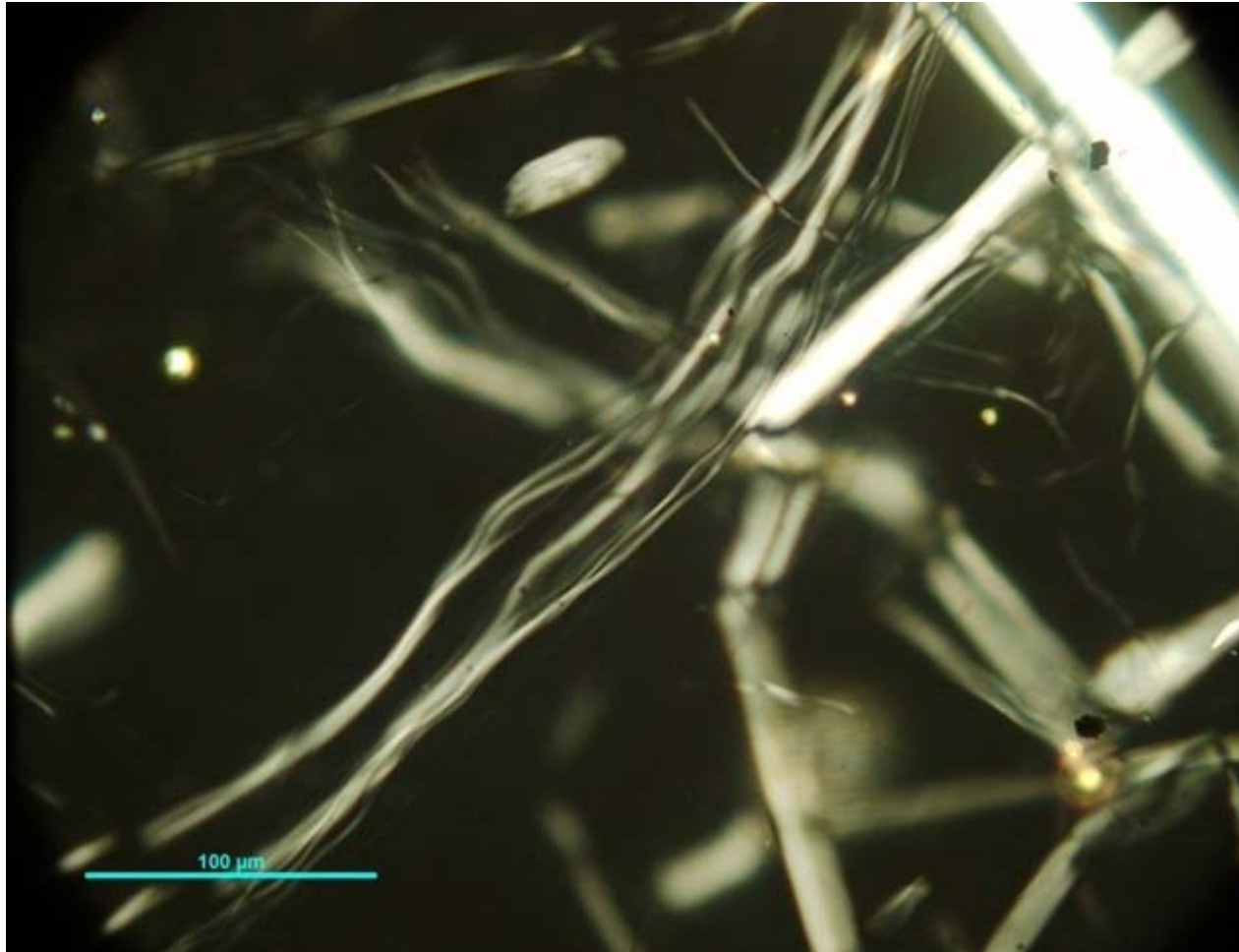
Concepto de asbestiforme

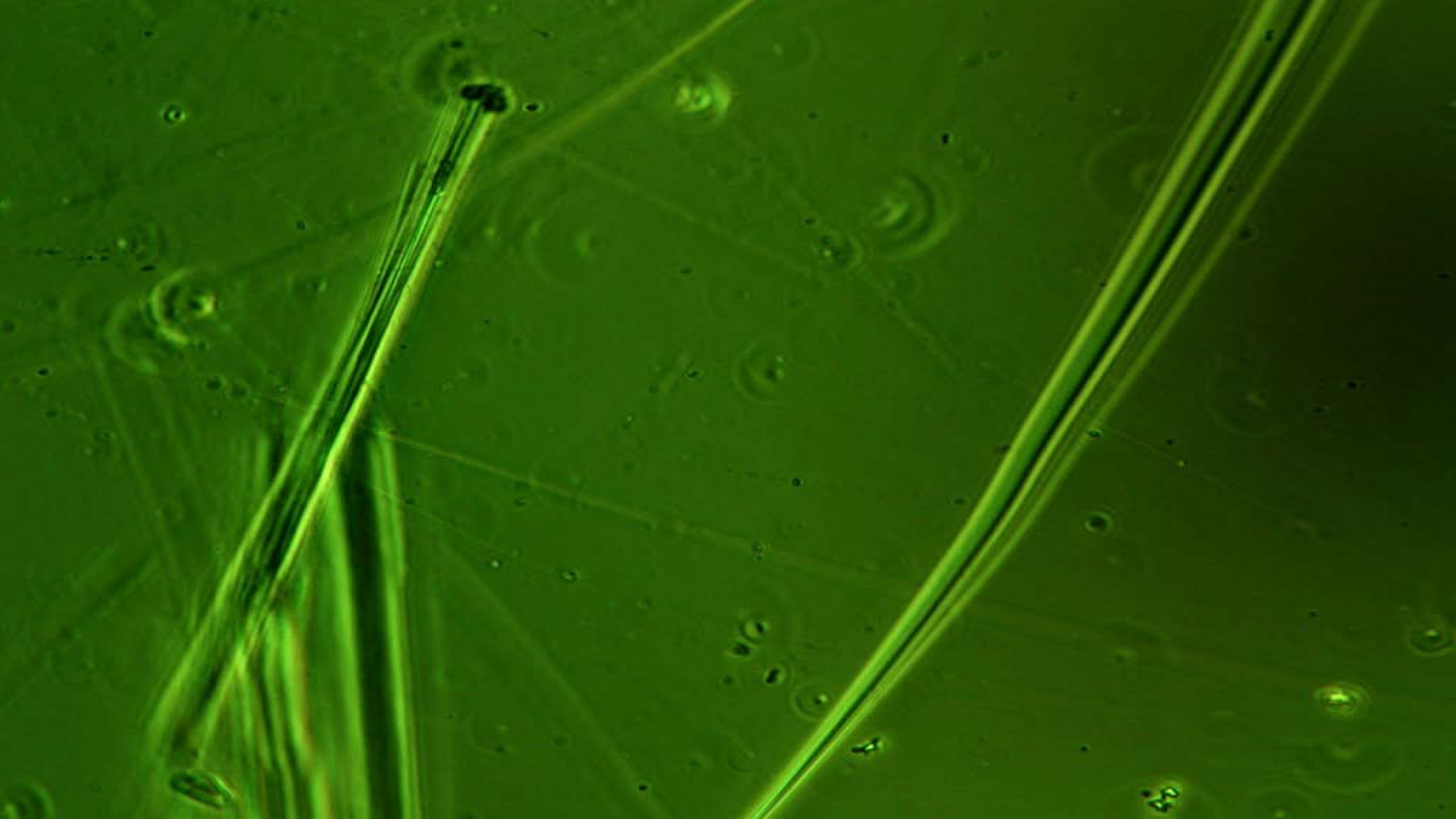


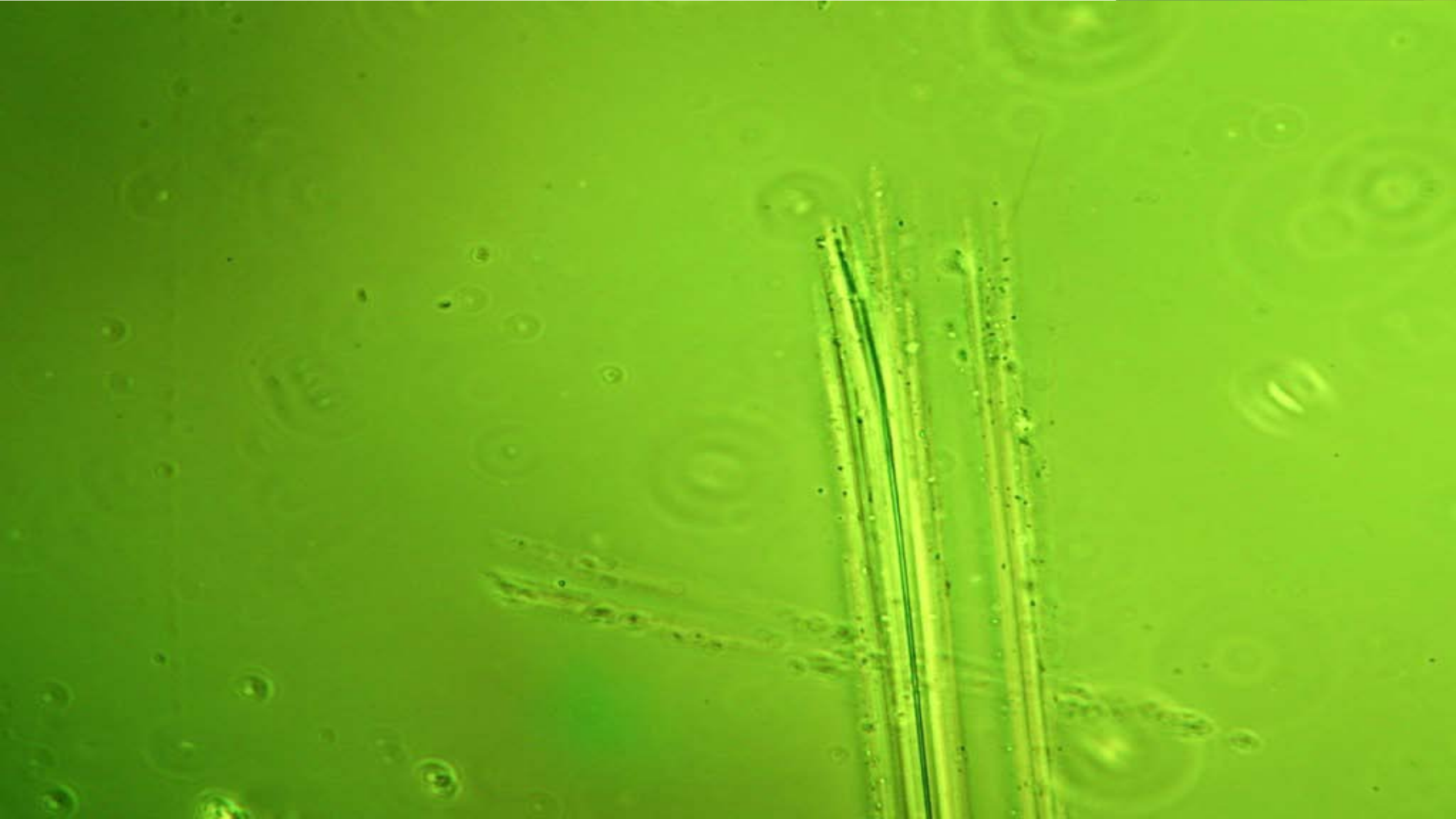
Fibra de asbesto (amosita)



Fibra de asbesto (crisotilo)

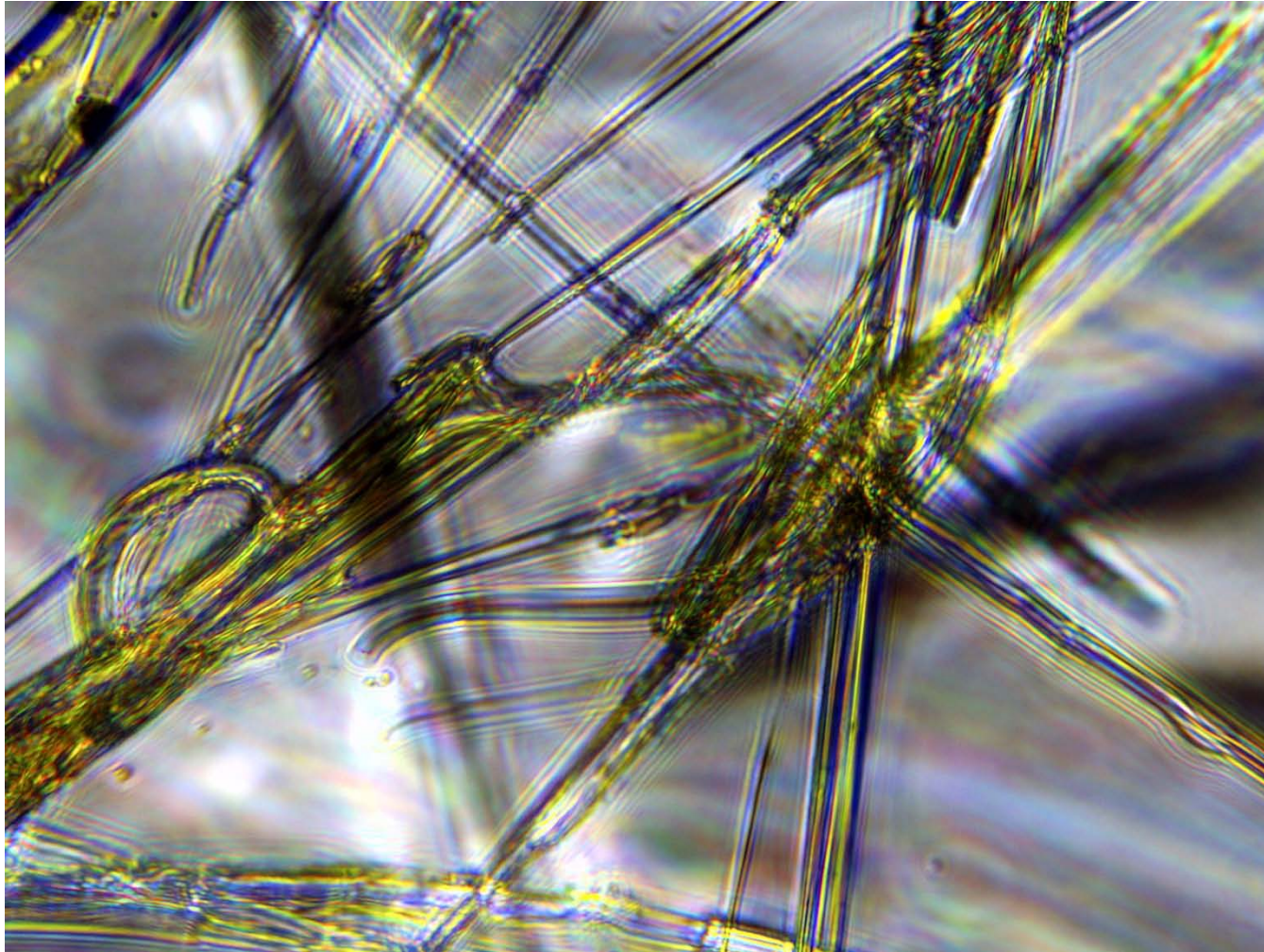


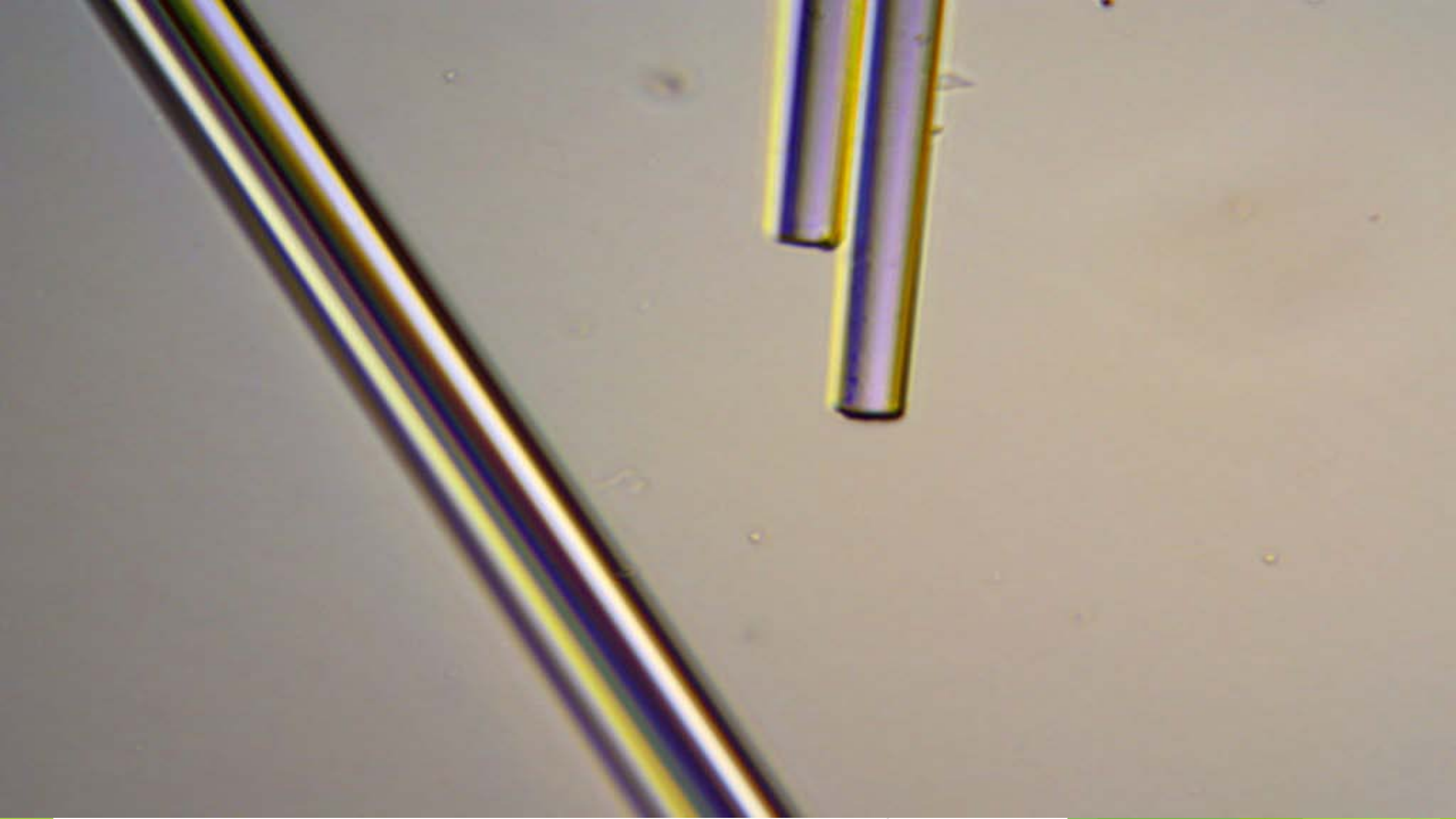


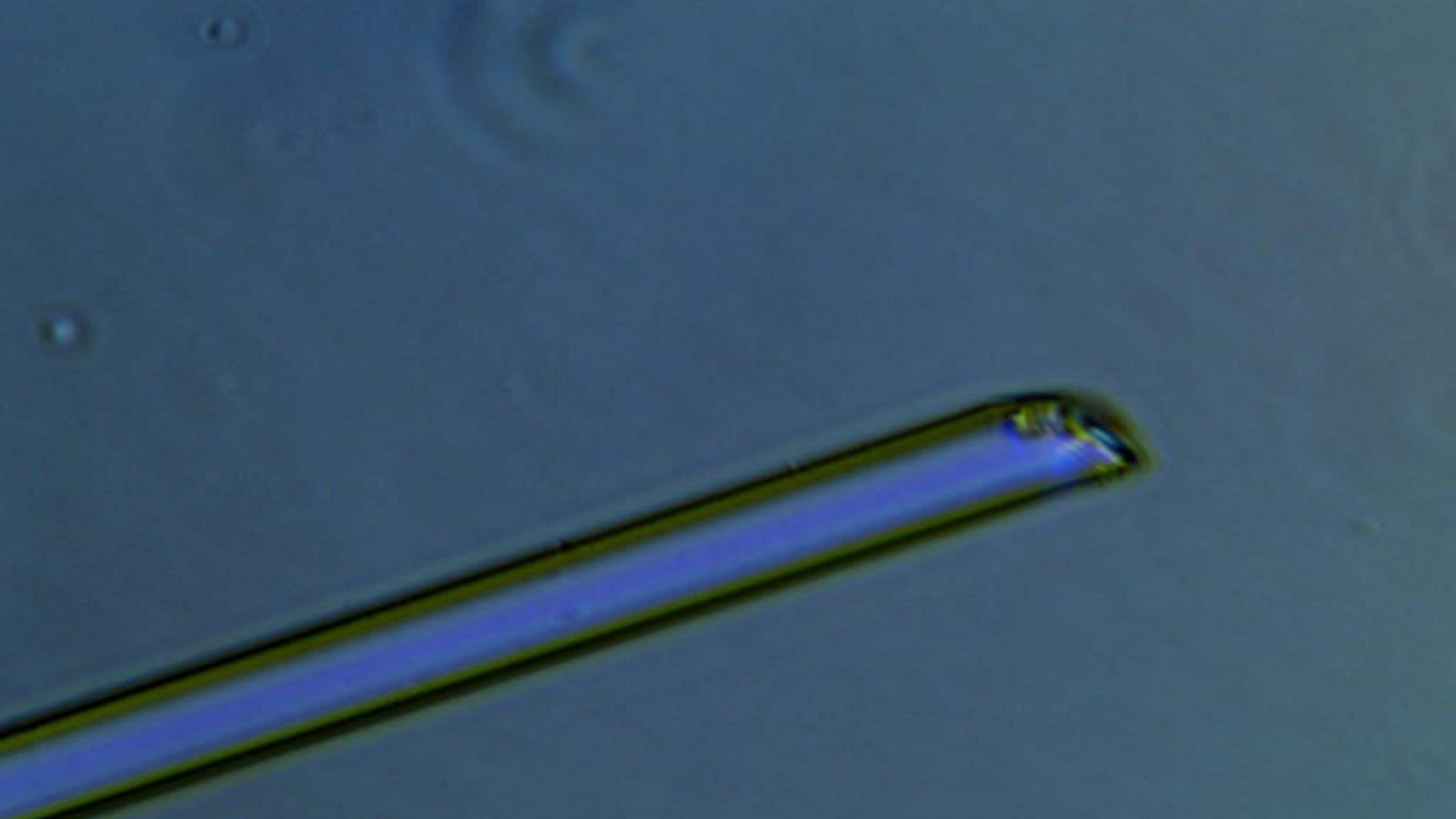


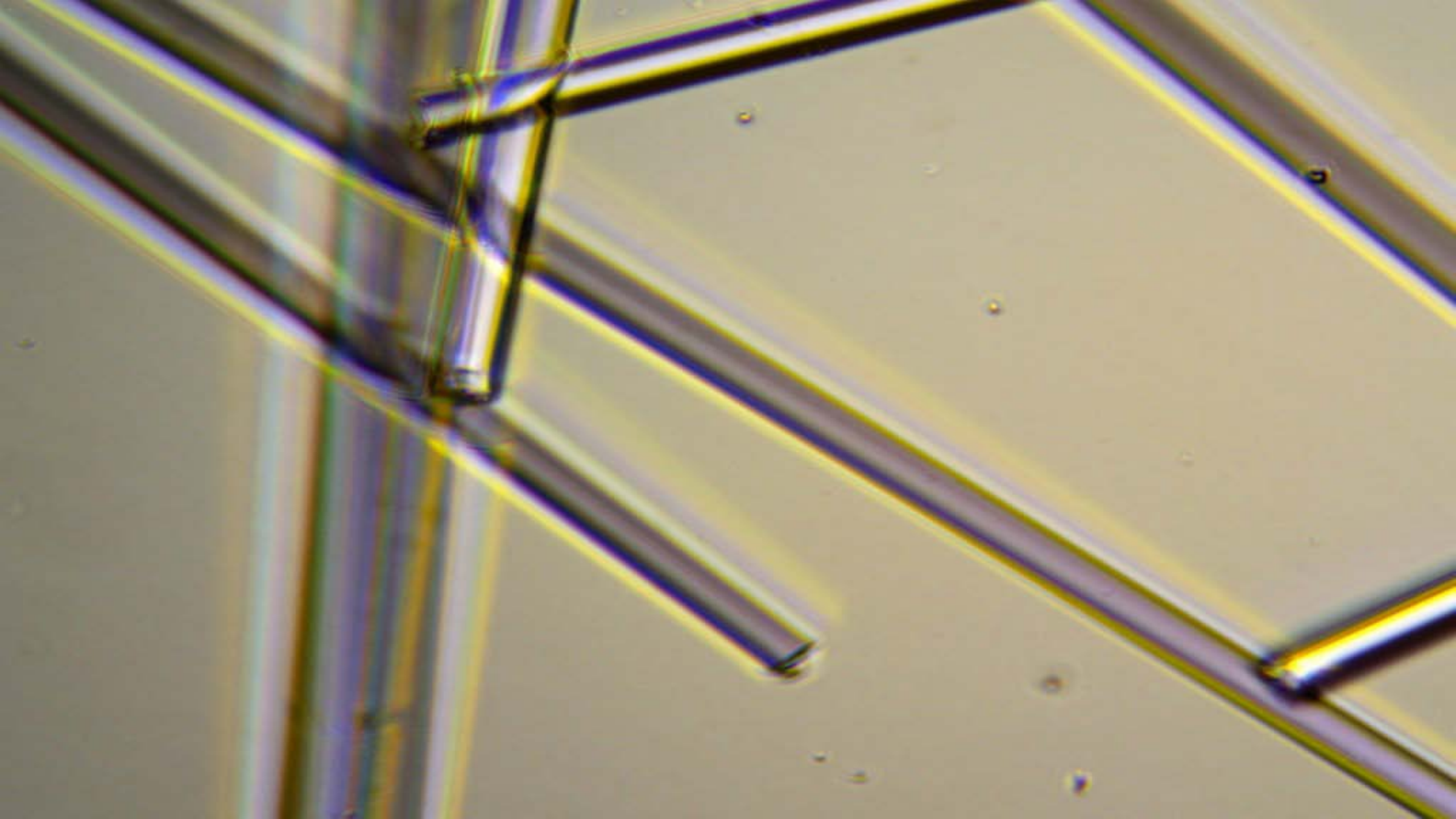


Fibra de vidrio



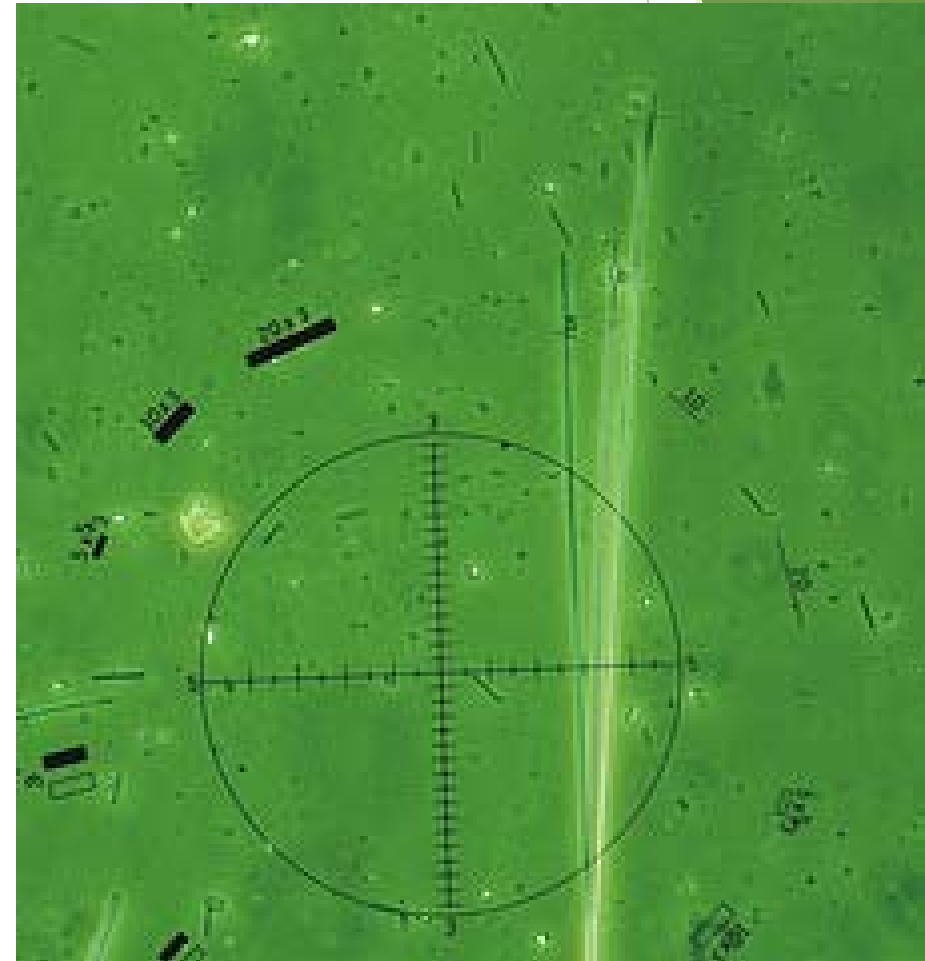






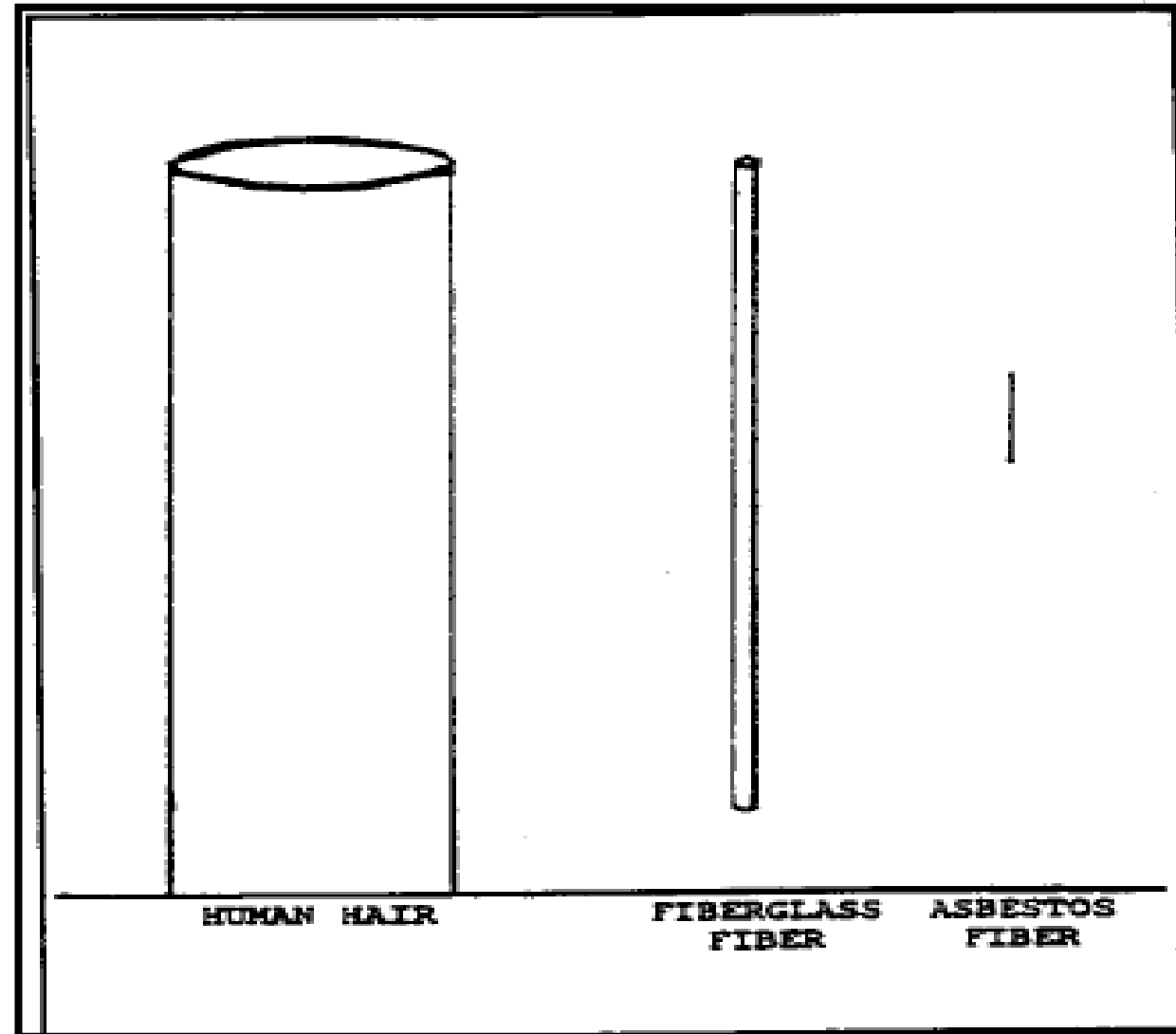


Fibras por contraste de fases

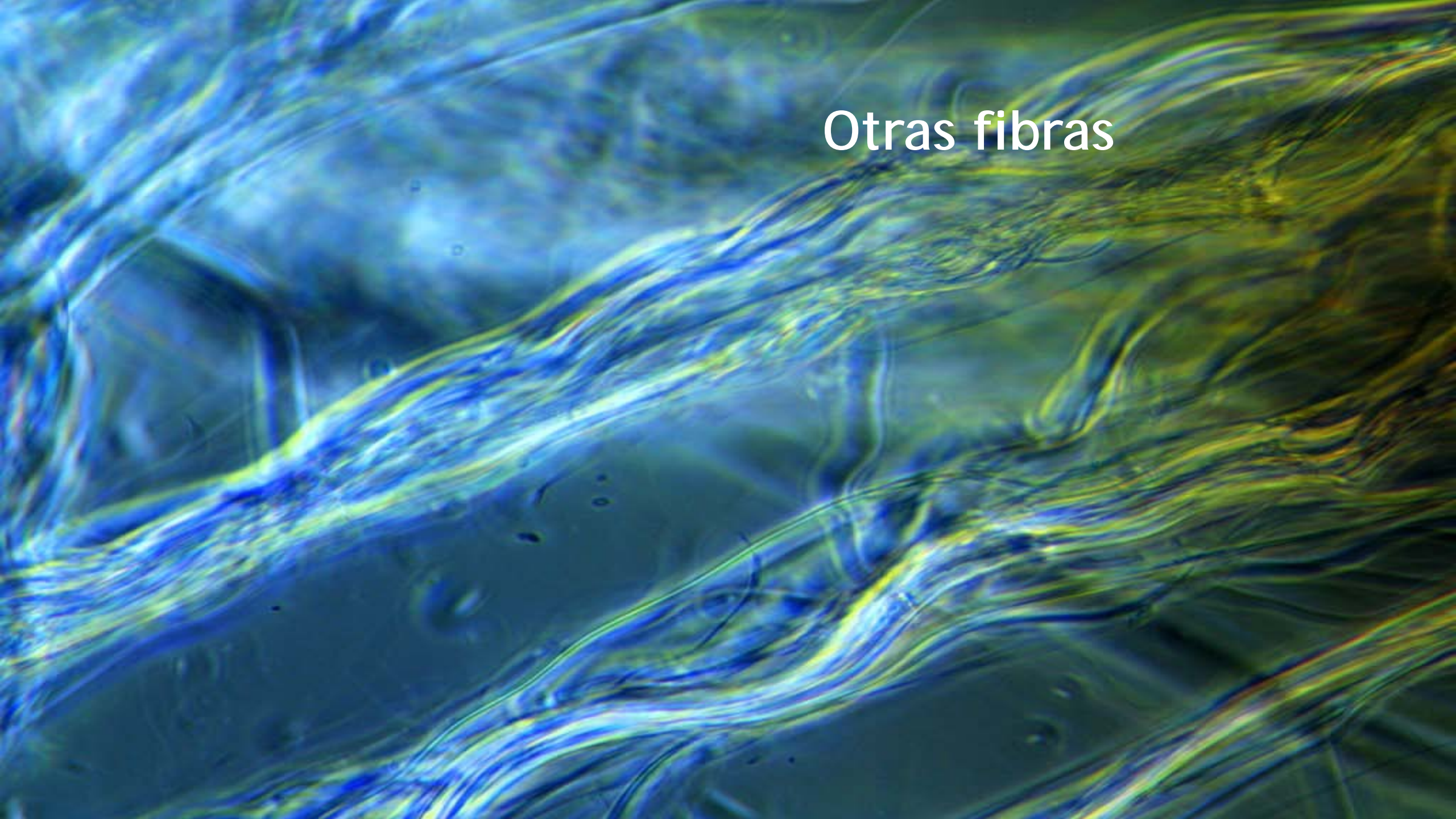


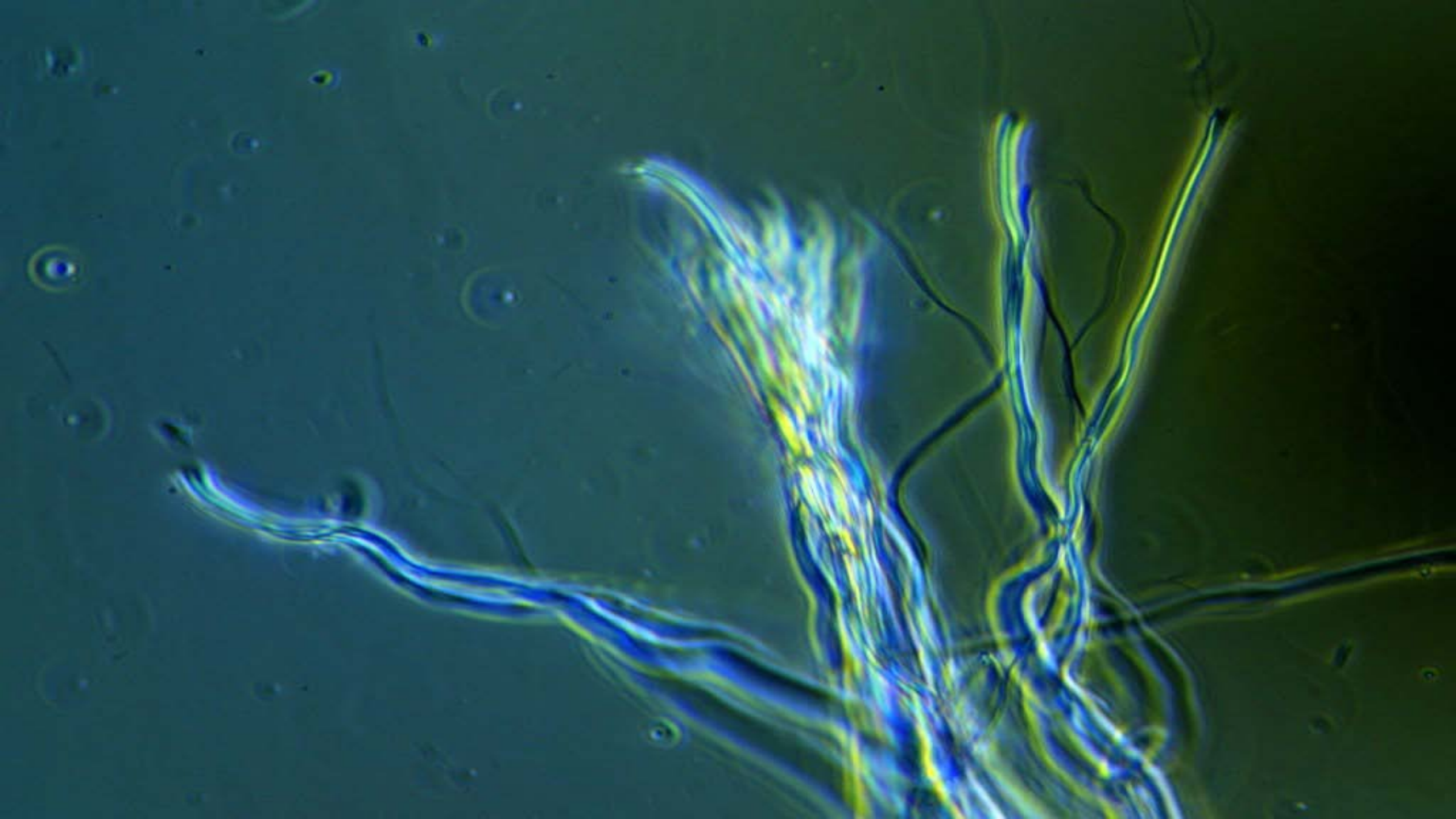
Características físicas

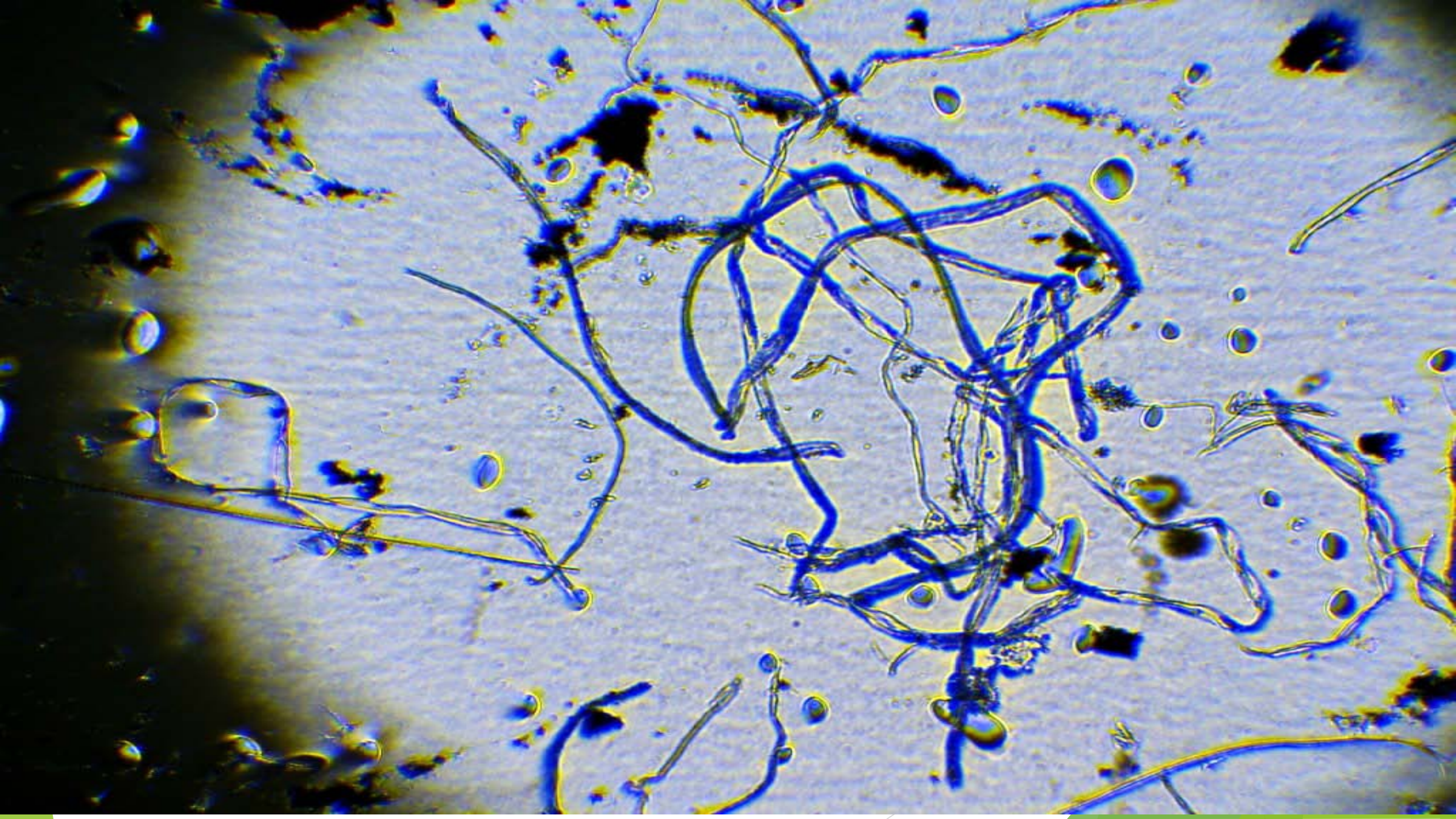
Las fibras se miden en fibras por centímetro cúbico de aire.

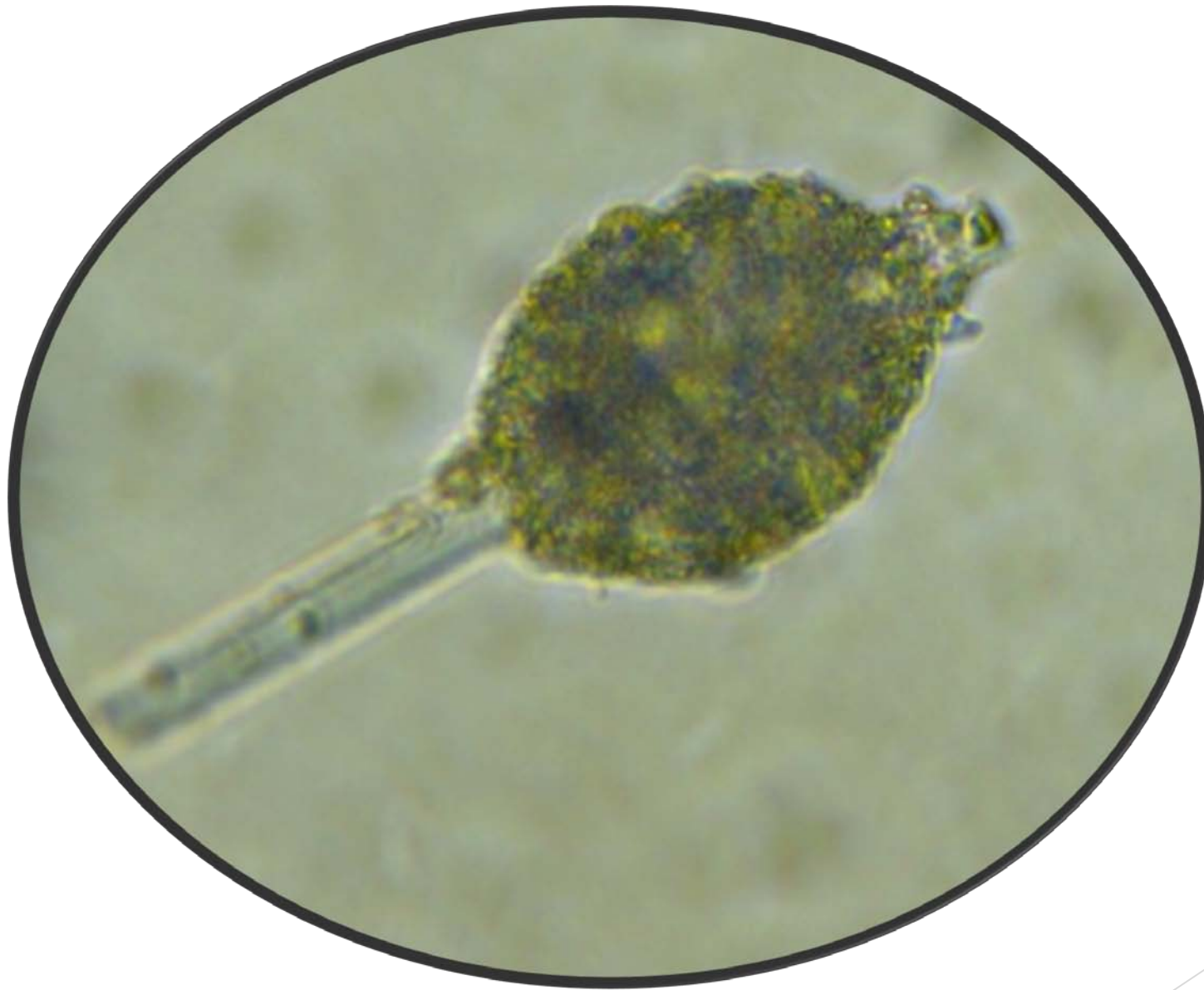


Otras fibras











Pintura con plomo



Otras sustancias químicas posiblemente problemáticas



Ejemplo

- ▶ Sucursal de un banco recién remodelado.
- ▶ Los empleados se quejan del “aire” dentro del banco.
- ▶ Los síntomas presentados son: irritación de los ojos y nariz; “pecho apretado”; asma.
- ▶ Trabajan ocho empleados: cinco mujeres y tres hombres.

Ejemplo

Un higienista realizó una investigación y encontró que:

- ▶ El sistema de A/A suministra 400 cfm de aire exterior;
- ▶ Hay un olor a “ropa nueva”;
- ▶ Se instalaron muebles de MDF (medium density fibers) en el local;
- ▶ Se verificó la información del MDF encontrando que emite formaldehído (H_2CO) @~2 mg/m²-hr;
- ▶ Se instalaron 200 m² de material MDF

EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel		Guantes aislantes del frío.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Lacrimógeno. Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	

Formaldehyde [50-00-0] (1987)

—

C 0.3 ppm

SEN; A2

30.03

URT & eye irr

Notas: Sensibilizante. Reclasificado, por la Internacional Agency for Research on Cancer (IARC) de grupo 2A (probablemente carcinogénico en humanos) a grupo 1 (carcinogénico en humanos).

$$E = 2 \text{ mg/m}^2\text{-hr} \cdot 200 \text{ m}^2 = 400 \text{ mg}$$

$$= 0.000882 \text{ lbs/hr.}$$

$$q = \frac{387 \cdot 0.000882}{30 - 60 \text{ in} \cdot 1} = 0.000189$$

$$q = \frac{387 \cdot \text{lbs evaporated}}{\text{MW} \cdot \epsilon \cdot d}$$

$$C = \frac{q \cdot 10^6 \cdot K}{Qd}$$

$$C = \frac{0.000189 \cdot 10^6 \cdot 1}{400}$$

$$= \underline{\underline{0.47 \text{ ppm}}}$$

Formaldehído [50-00-0] (1987)

—

C 0.3 ppm

SEN; A2

30.03

URT & eye irr



Ejemplo

- ▶ Oficinas recién entregadas.
- ▶ Los empleados se quejan de picazón y algunos de irritación de los ojos y nariz; tos, asma.
- ▶ Trabajan 20 empleados en un turno de 8 horas: 12 mujeres y 8 hombres.

Ejemplo

Un higienista realizó una investigación y encontró que:

- ▶ Los ductos de A/A eran de fibra de vidrio;
- ▶ Se observó que habían pedazos de fibras en los ductos, difusores y el pleno;
- ▶ Se realizó un conteo de fibras por microscopía de

Synthetic vitreous fibers (1999)

Continuous filament glass fibers	1 f/cc (F)	—	A4	—	URT irr
Continuous filament glass fibers	5 mg/m ³ (I)	—	A4	—	URT irr
Glass wool fibers	1 f/cc (F)	—	A3	—	
Rock wool fibers	1 f/cc (F)	—	A3	—	
Slag wool fibers	1 f/cc (F)	—	A3	—	
Special purpose glass fibers	1 f/cc (F)	—	A3	—	
Refractory ceramic fibers	0.2 f/cc (F)	—	A2	—	Pulm fibrosis; pulm func

Controles para el polvo



Controles para el polvo



Controles para el polvo y fibras



Controles para el polvo y fibras



Controles para el polvo y fibras



Cuarta parte: Control de los biocontaminantes

Clave para prevenir el crecimiento
microbiano

CONTROL DE LAS CONDICIONES PSICROMÉTRICAS

Psicrometría

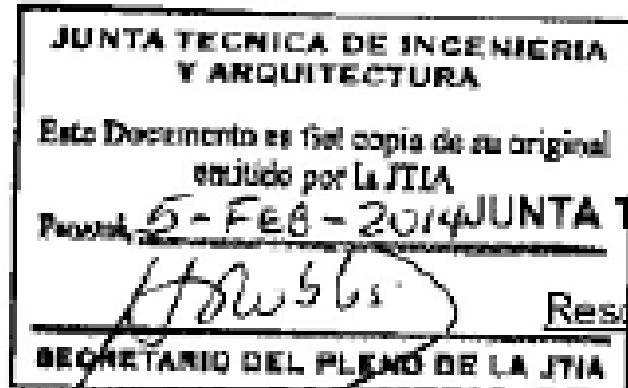
Características del aire húmedo, sus procesos y el efecto de la humedad atmosférica en los materiales y en el confort humano.

Psicrometría: conceptos básicos

- ▶ El aire húmedo está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua.
- ▶ A menor temperatura → menor cantidad de vapor de agua
- ▶ A mayor temperatura del aire → mayor cantidad de vapor de agua.

A presión atmosférica constante

Reglamento de Aire Acondicionado y Ventilación (RAV)



REPÚBLICA DE PANAMÁ

JUNTA TÉCNICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Resolución No. 117 de 11 de diciembre de 2013

POR MEDIO DE LA CUAL SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE AIRE
ACONDICIONADO Y VENTILACION PARA LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

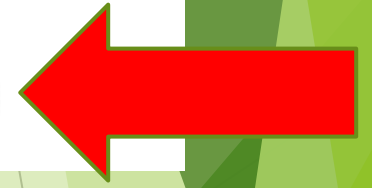
TABLA 3.1
CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

Localidad	Temperatura Máxima (°C)	HR Máxima (%)
Garachine	34.8	93.0
Metetí	35.2	92.0
Panamá	36.5	84.0
Colón	35.0	97.0
Antón	37.0	85.0
Divisa	37.5	84.0
Los Santos	36.2	82.0
Pedasí	34.4	88.0
Santiago	36.6	83.0
Remedios	35.7	90.0
David	35.6	84.0
Changuinola	32.3	88.7
Bocas del Toro	34.3	87.1

RAV 2013

3.2.2 Condiciones Interiores de Diseño:

- a) La Temperatura Interior de Bulbo Seco (BS) de diseño será 24 °C
- b) La Humedad Relativa (HR) de diseño estará entre el 50 % y el 60 %



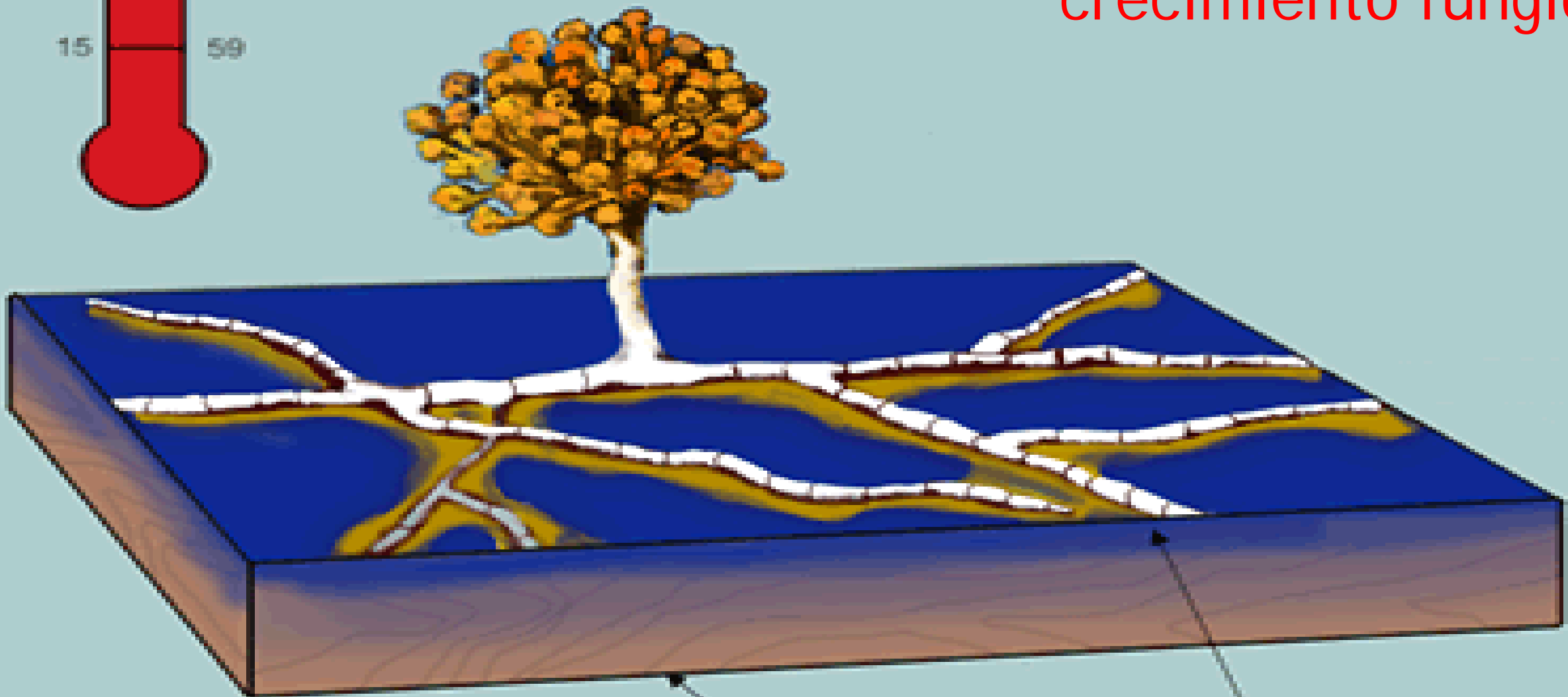
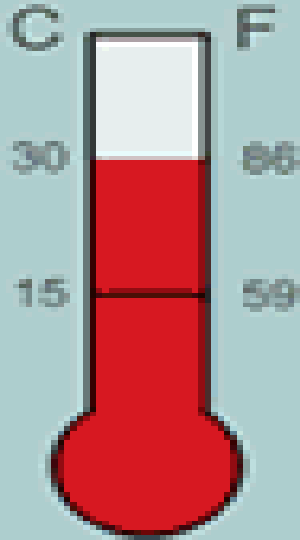
Sin embargo...durante la construcción



Nuestra principal preocupación

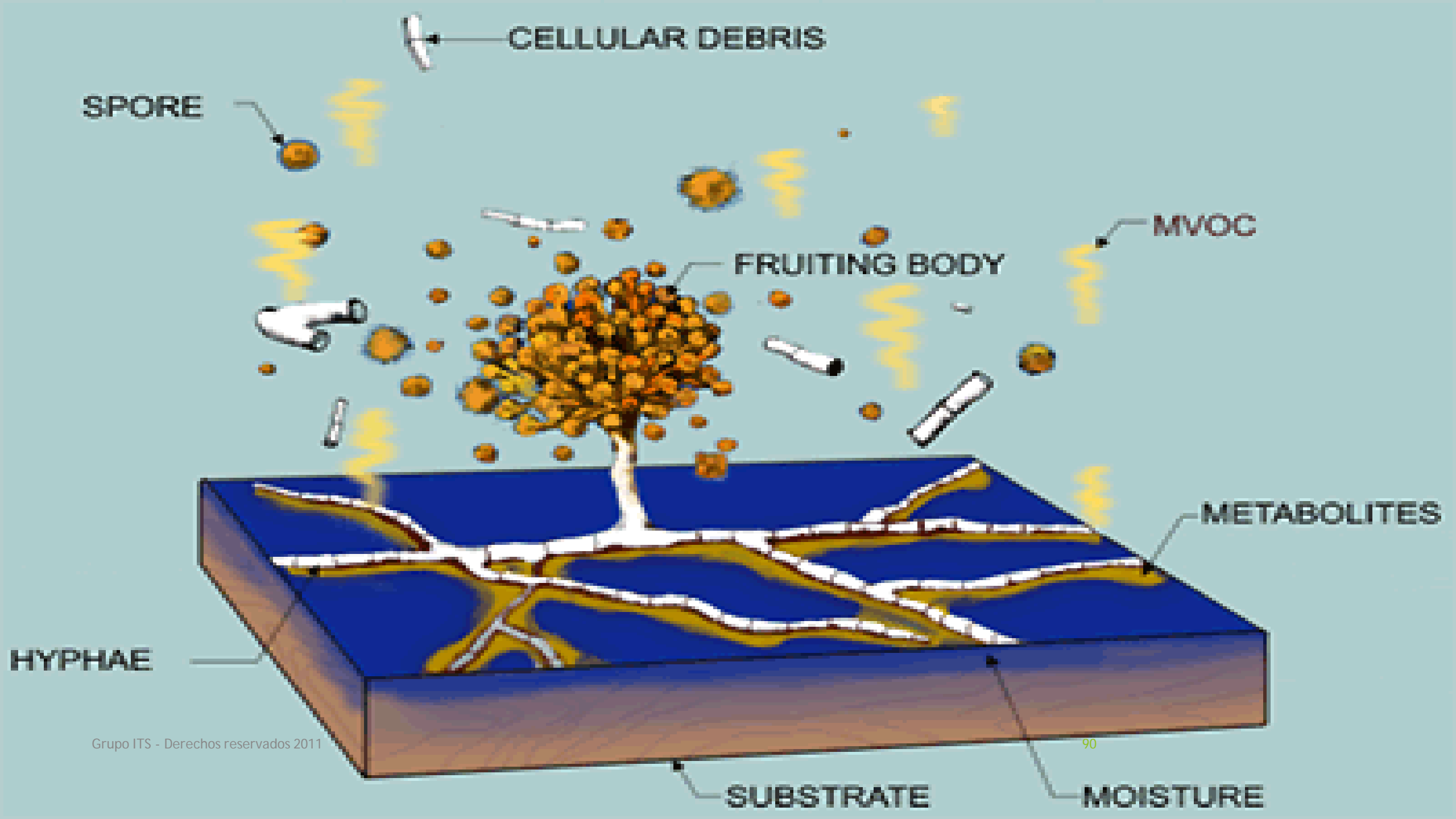


Condiciones necesarias para el crecimiento fúngico



NUTRIENT

MOISTURE CONTENT (MC)



Bioaerosoles



Hongos: efectos alérgicos

- Cuadros alérgicos;
- Rinitis;
- Asma;
- Sinusitis micóticas;
- Conjuntivitis;
- En casos raros pero más graves cuadros de inflamación del pulmón llamados neumonitis por hipersensibilidad.



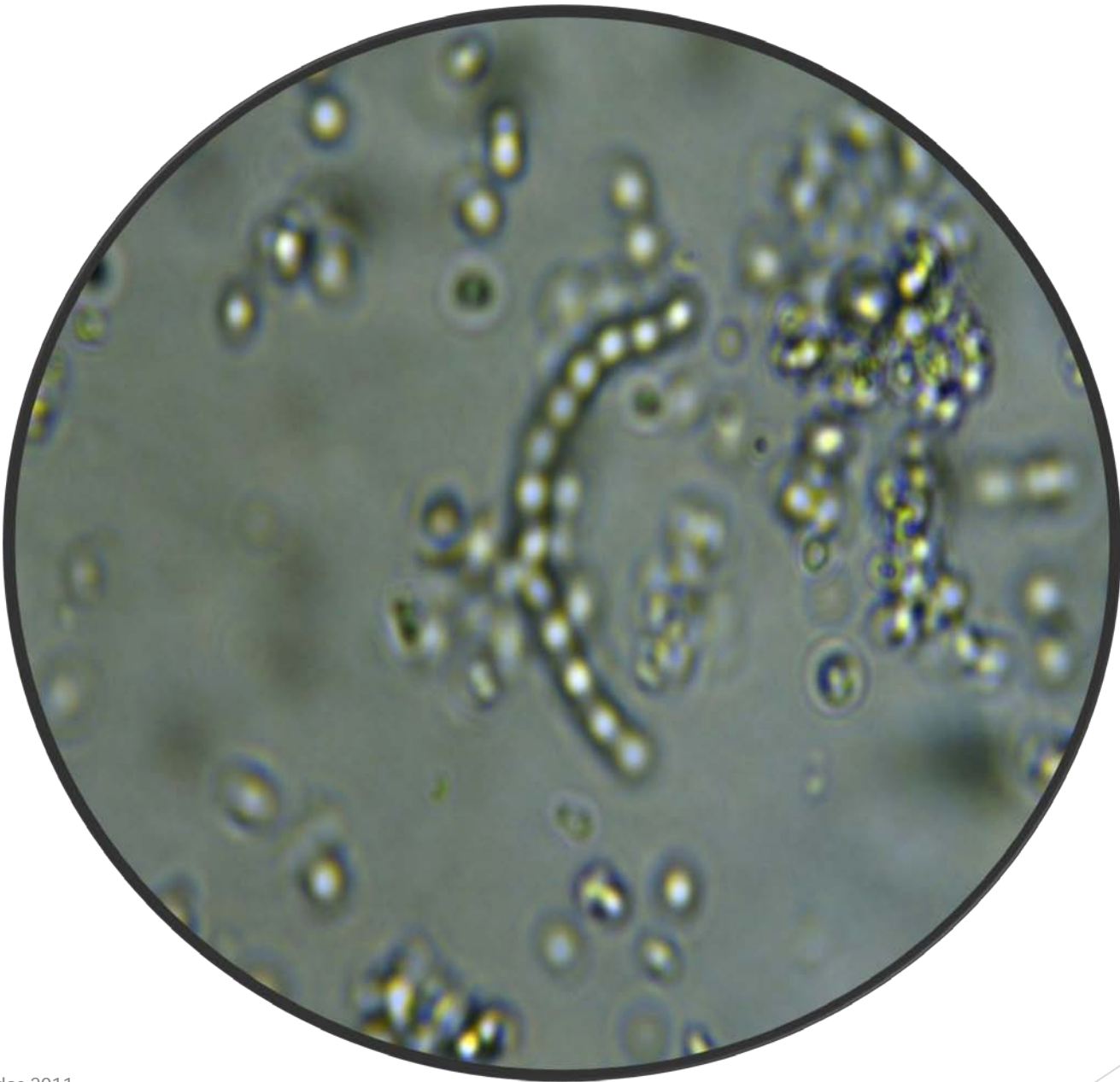
Problemas con hongos en interiores

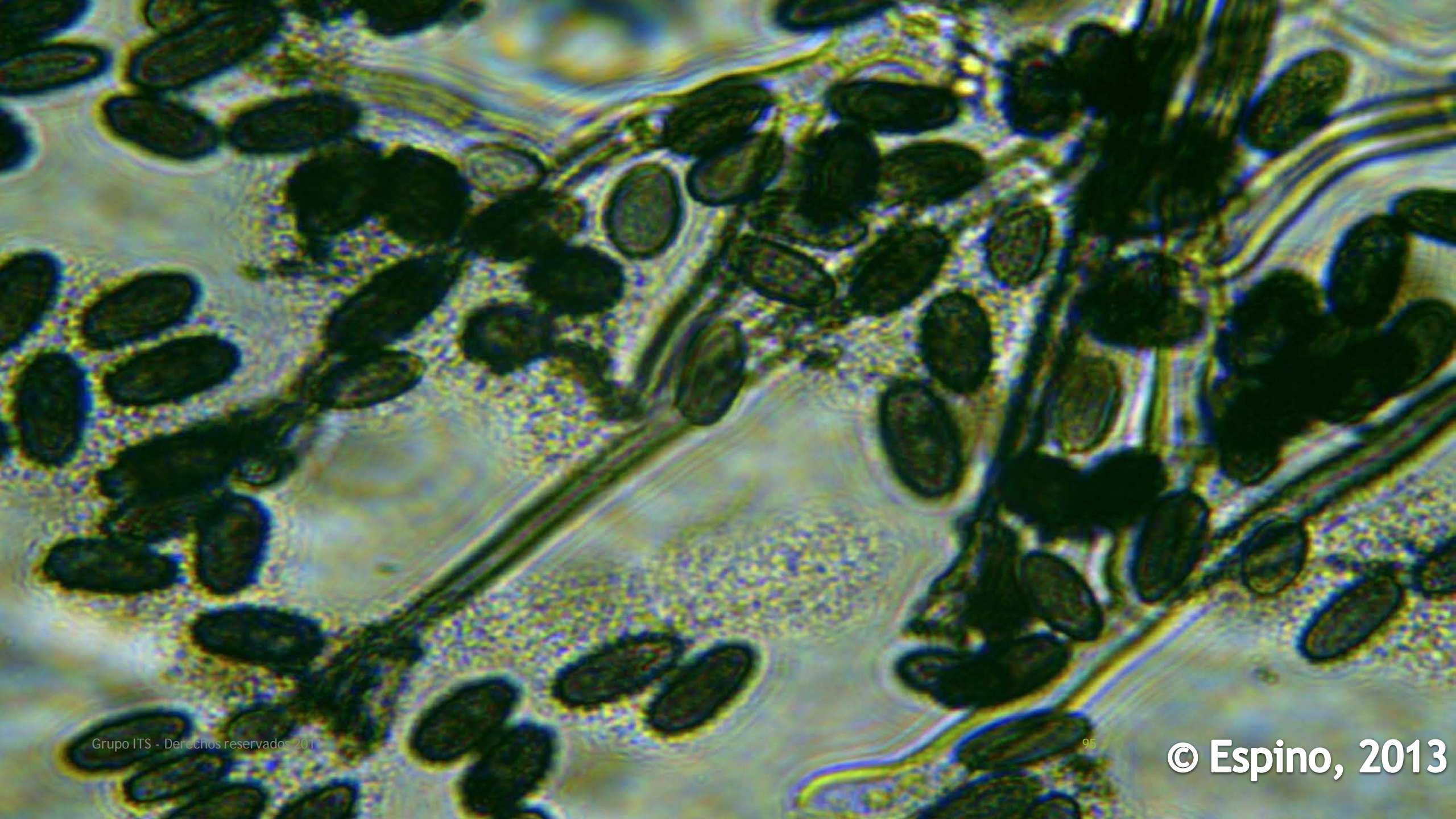
▶ Hongos que no crecen en los edificios

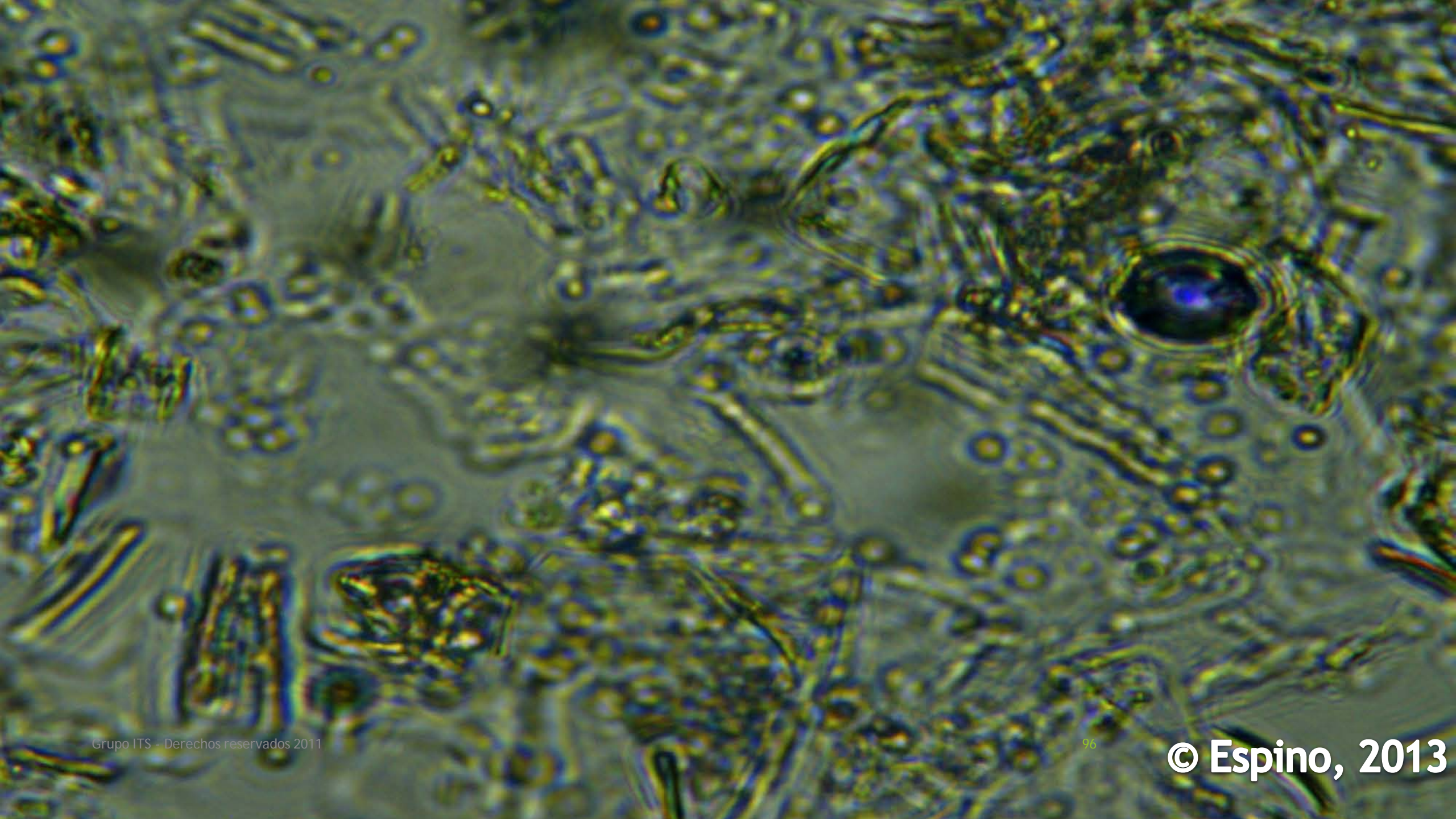
- ▶ Ganoderma
- ▶ Smuts
- ▶ Rusts
- ▶ Basidiosporas
- ▶ Ascosporas

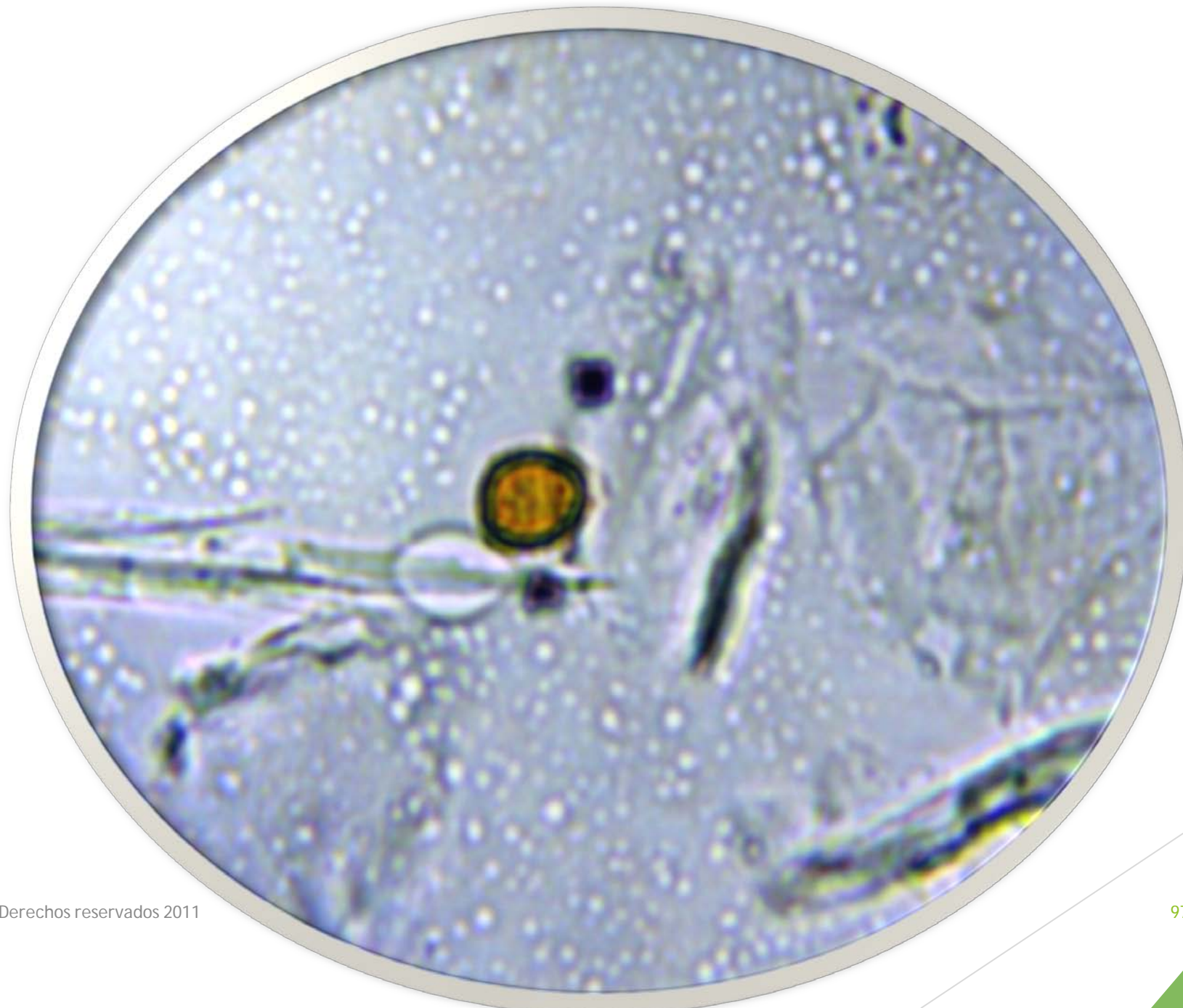
▶ Hongos que pueden crecer en edificios

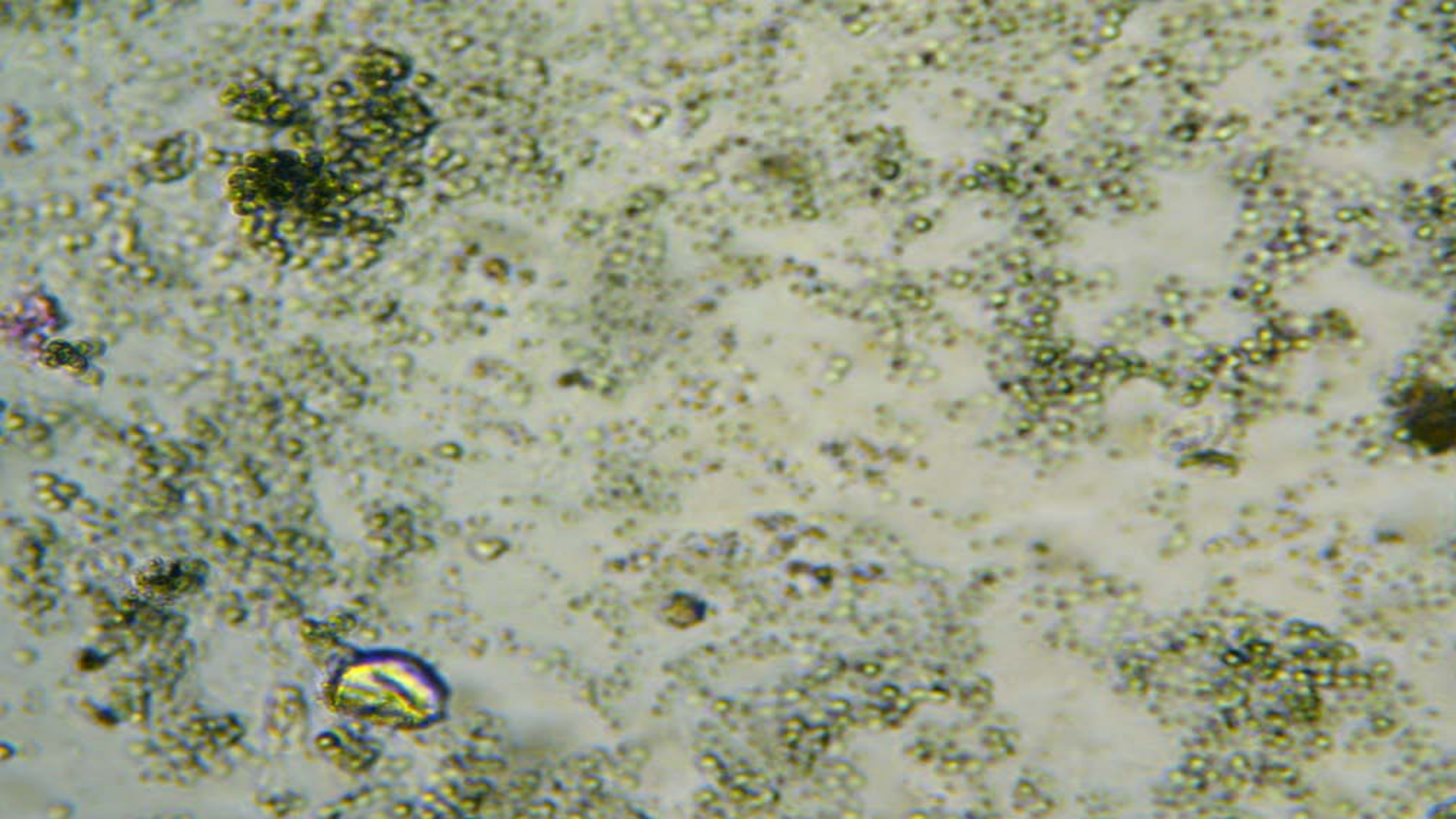
- ▶ Acremonium
- ▶ Aspergillus
- ▶ Penicillium
- ▶ Cladosporium
- ▶ Stachybotris
- ▶ Chaetomium
- ▶ Ulocladium
- ▶ Epiccocum
- ▶ Scopularyopsis



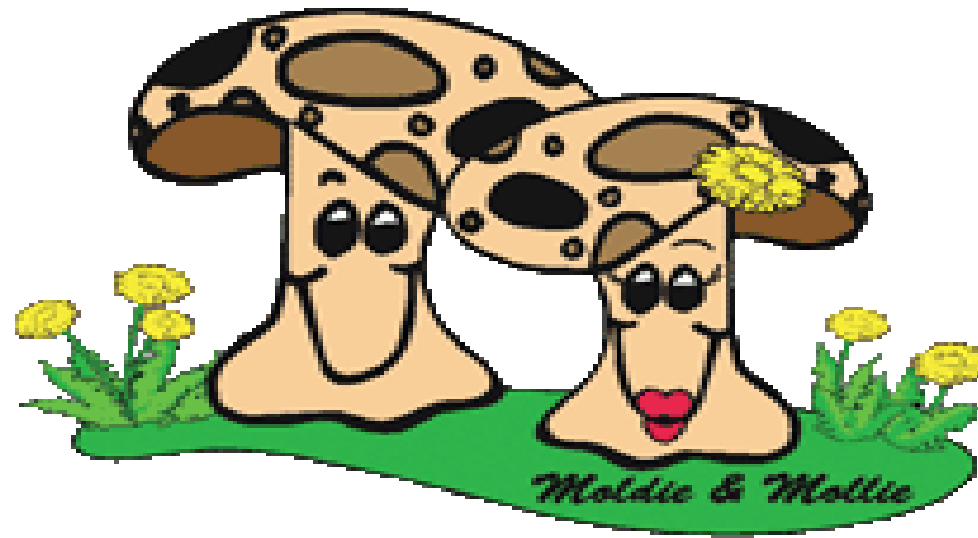








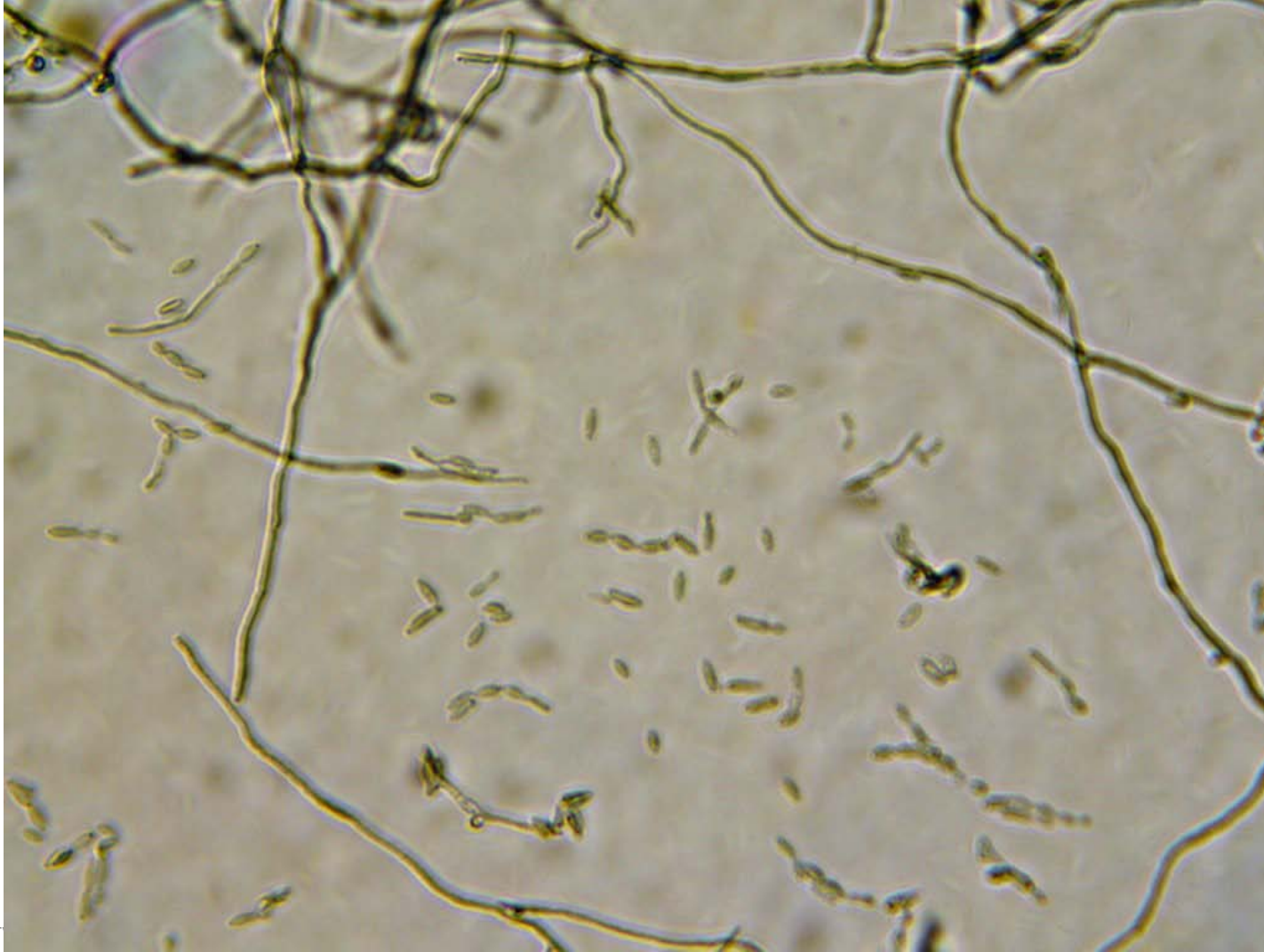
Algunas especies problemáticas

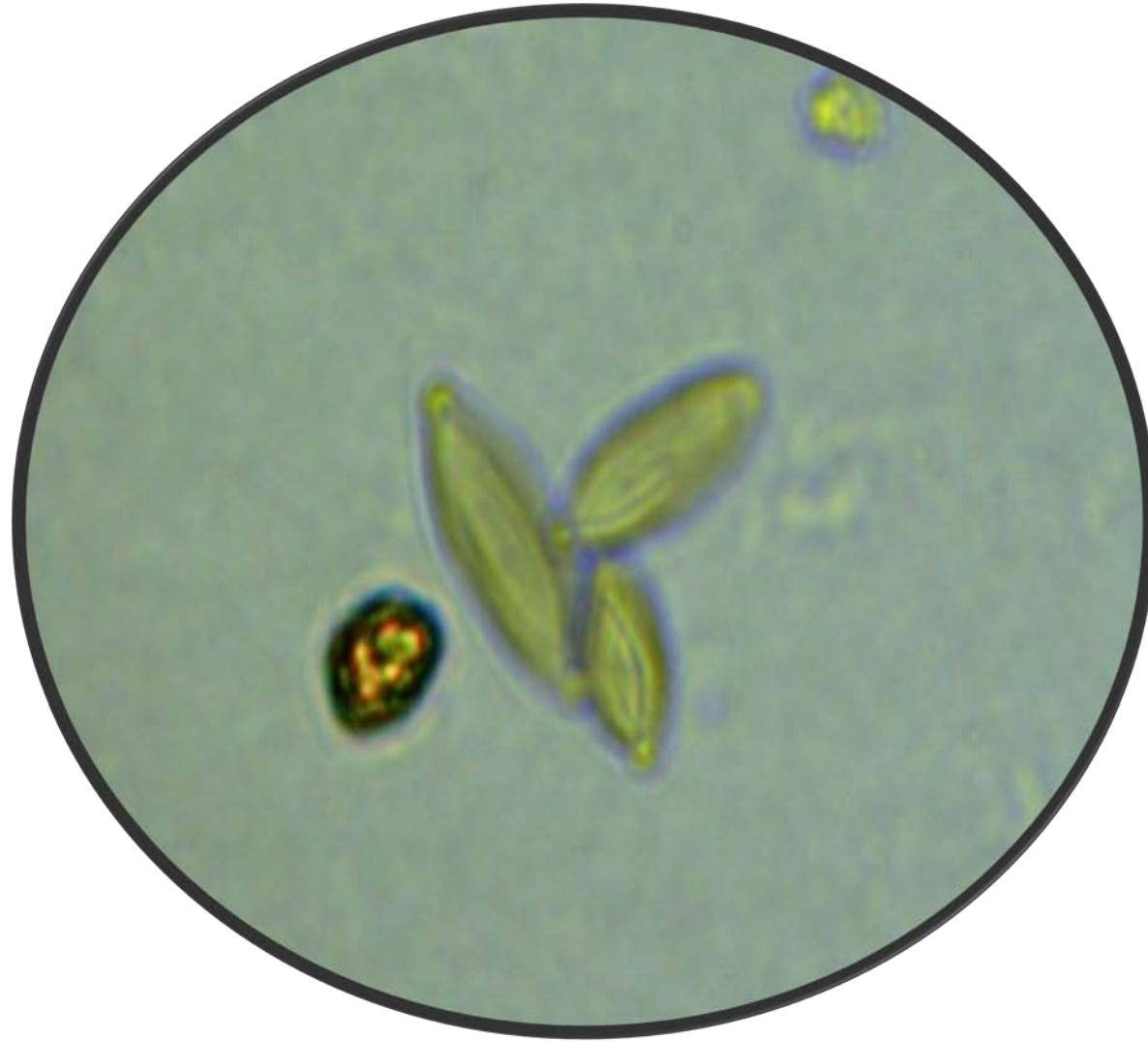


Alternaria spp.



***Cladosporium* spp.**

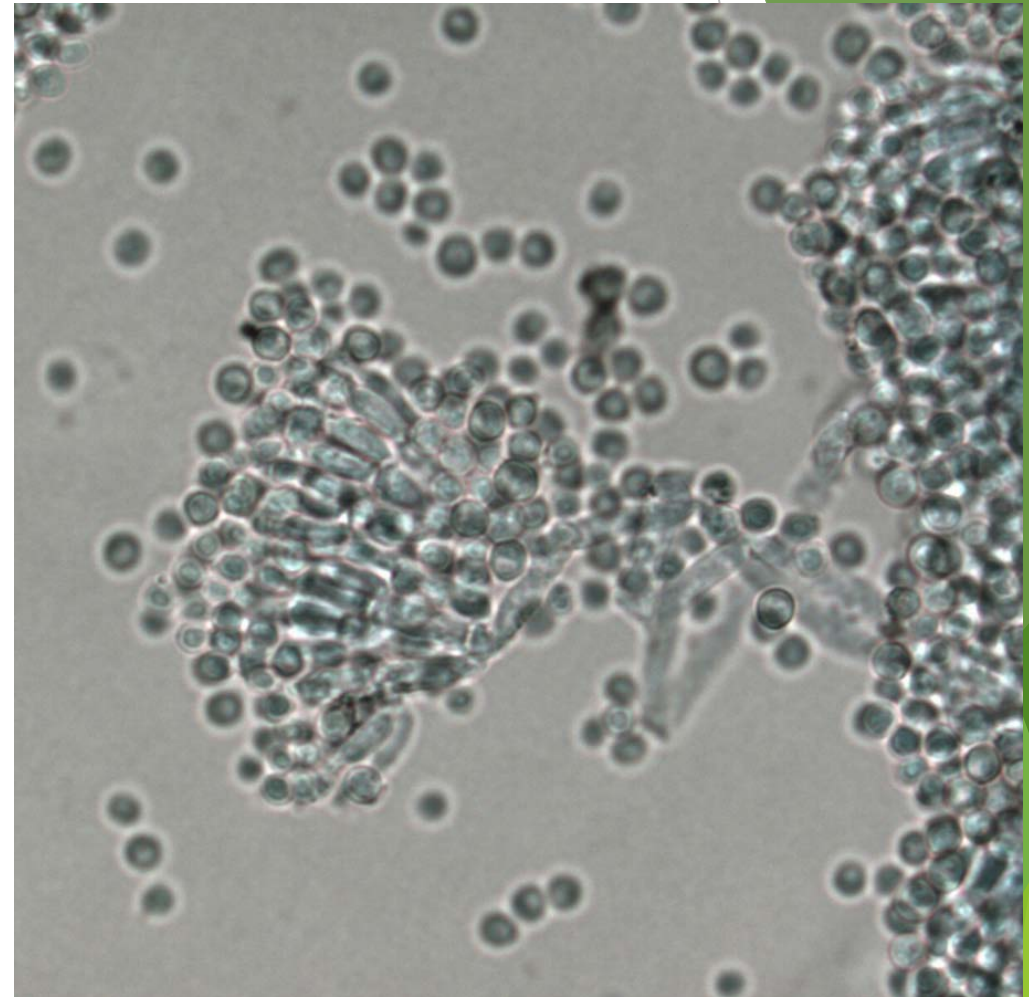
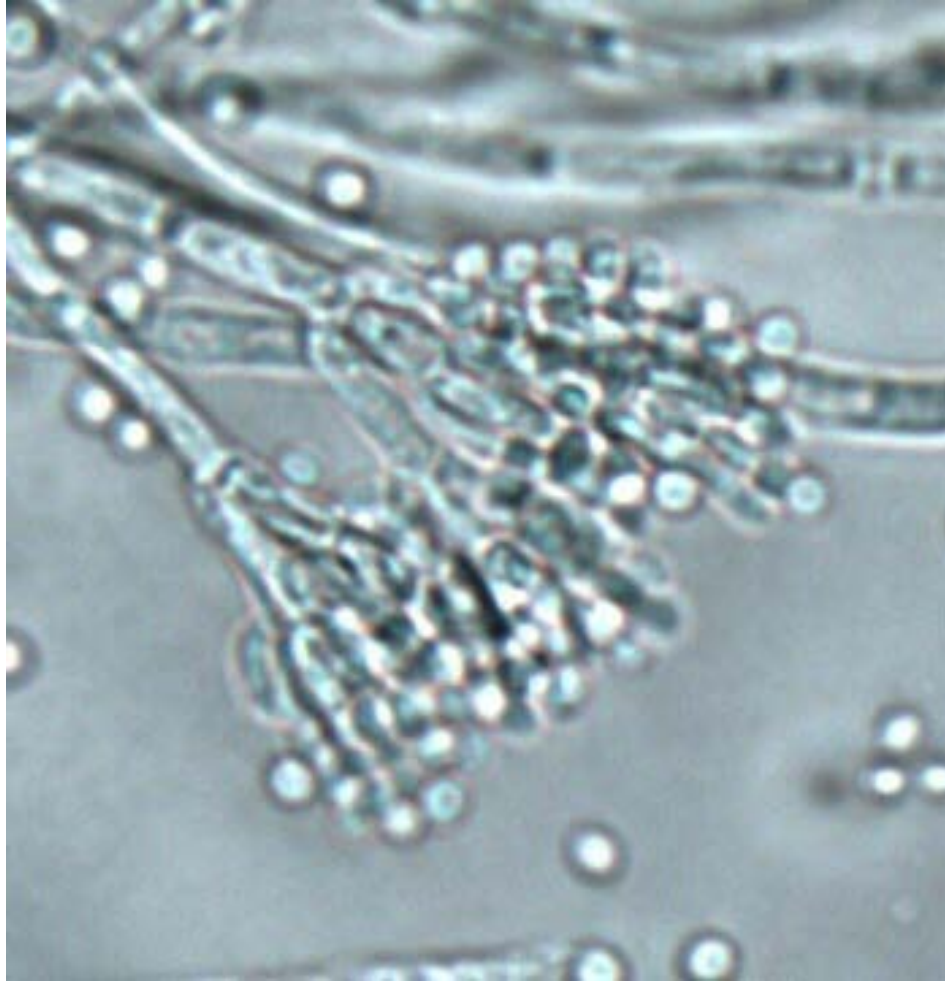




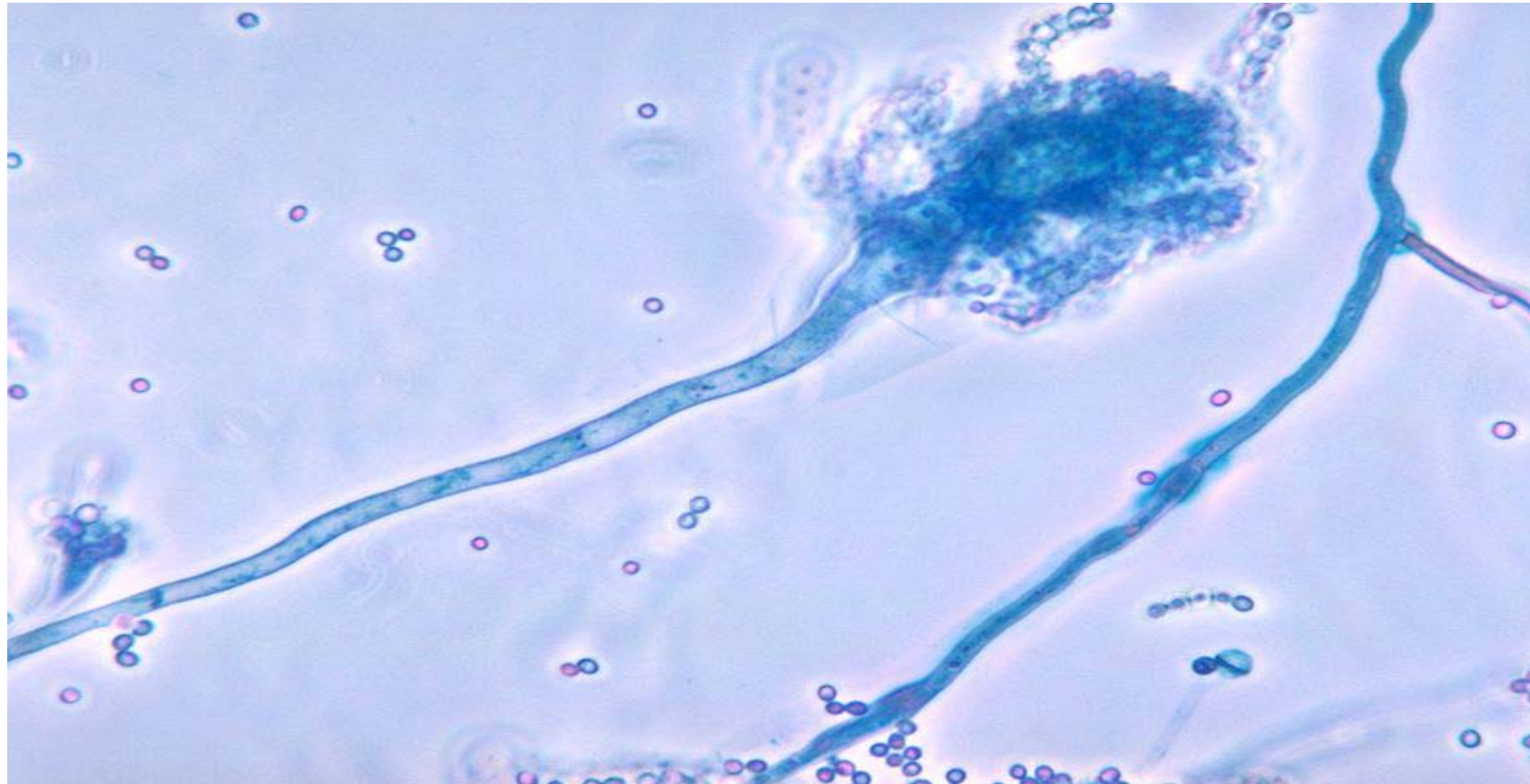
Curvilaria spp. 1000X



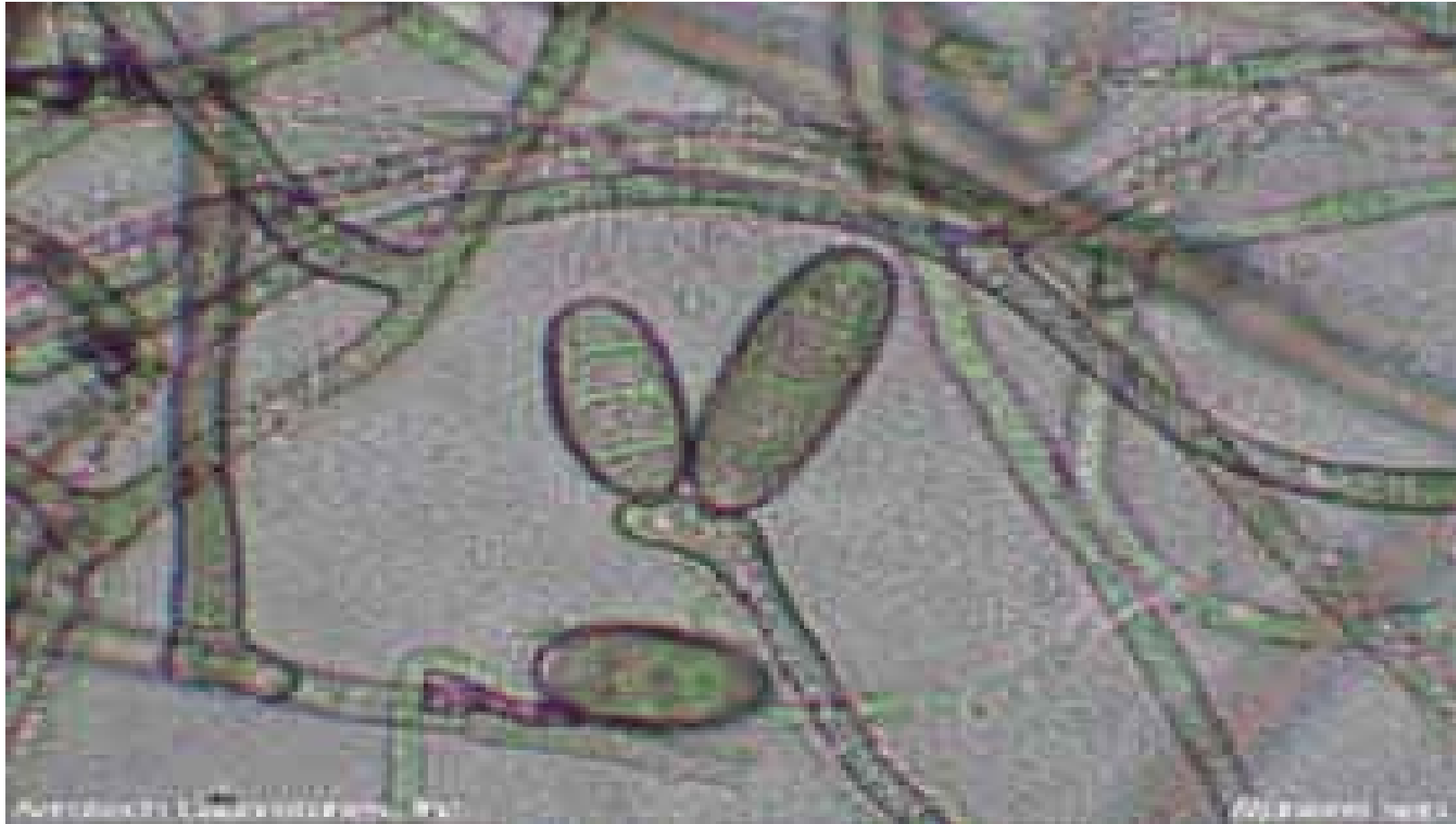
Penicillium



Aspergillus fumigatus



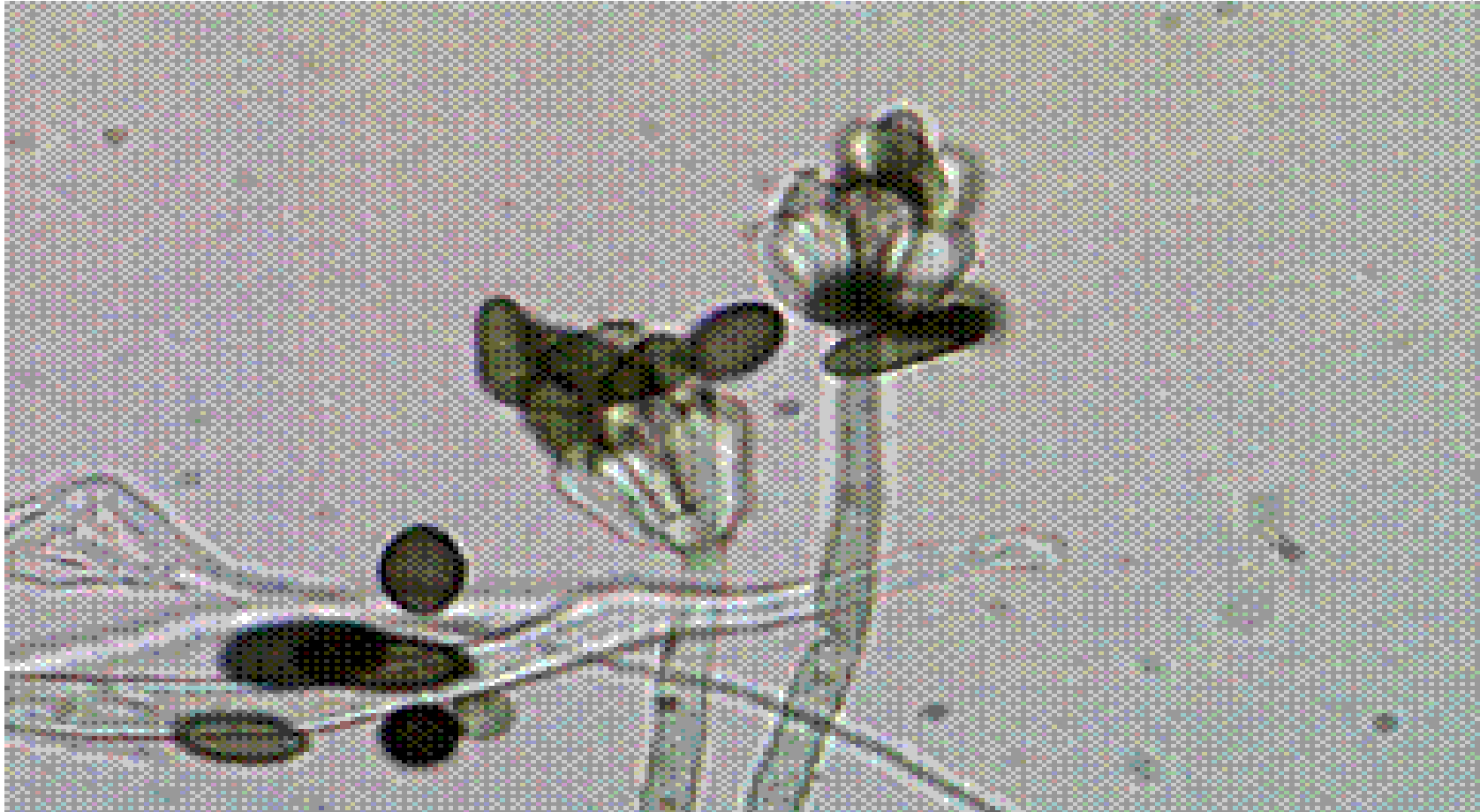
***Bipolaris* sp.**



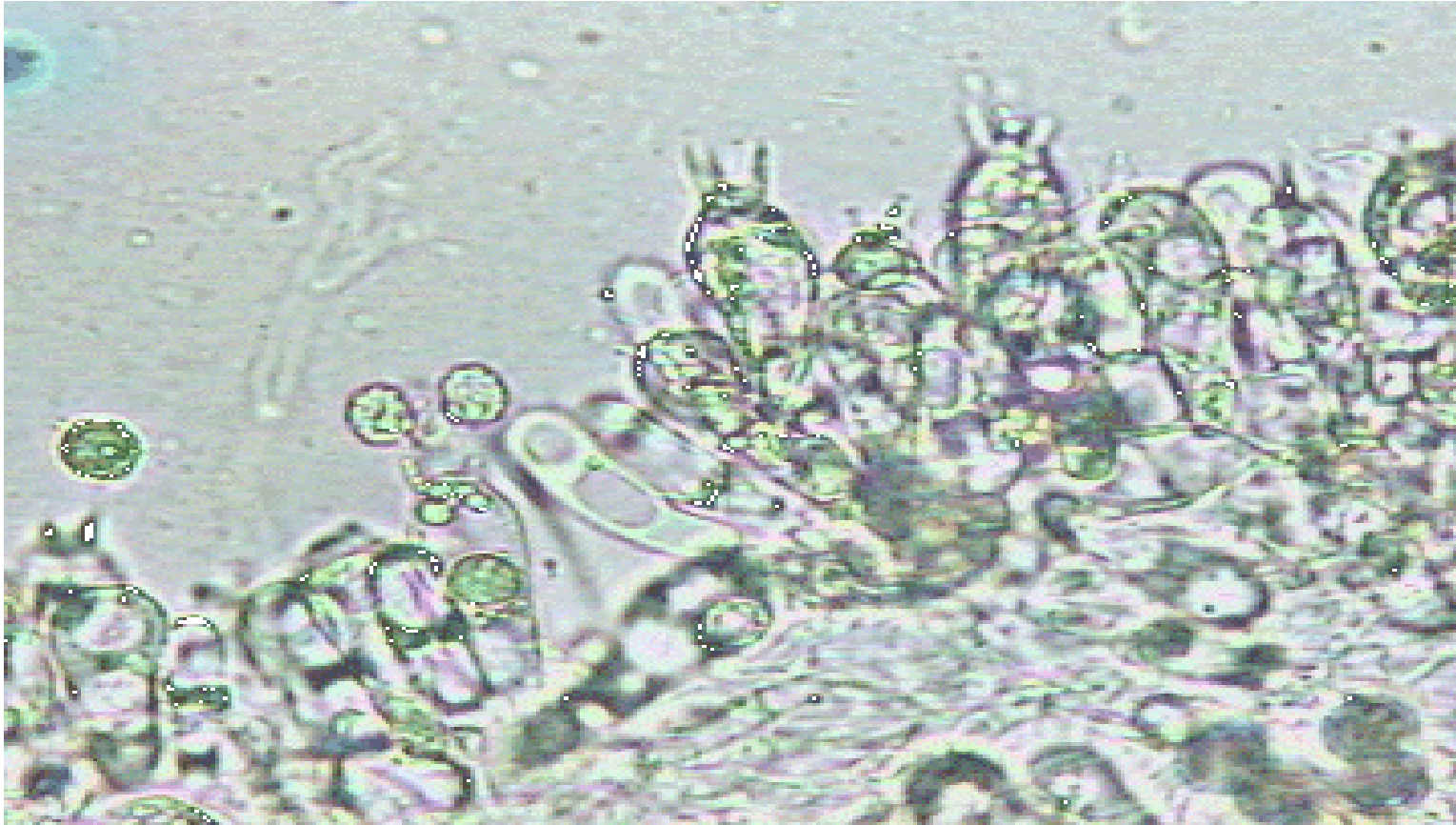
Candida sp.

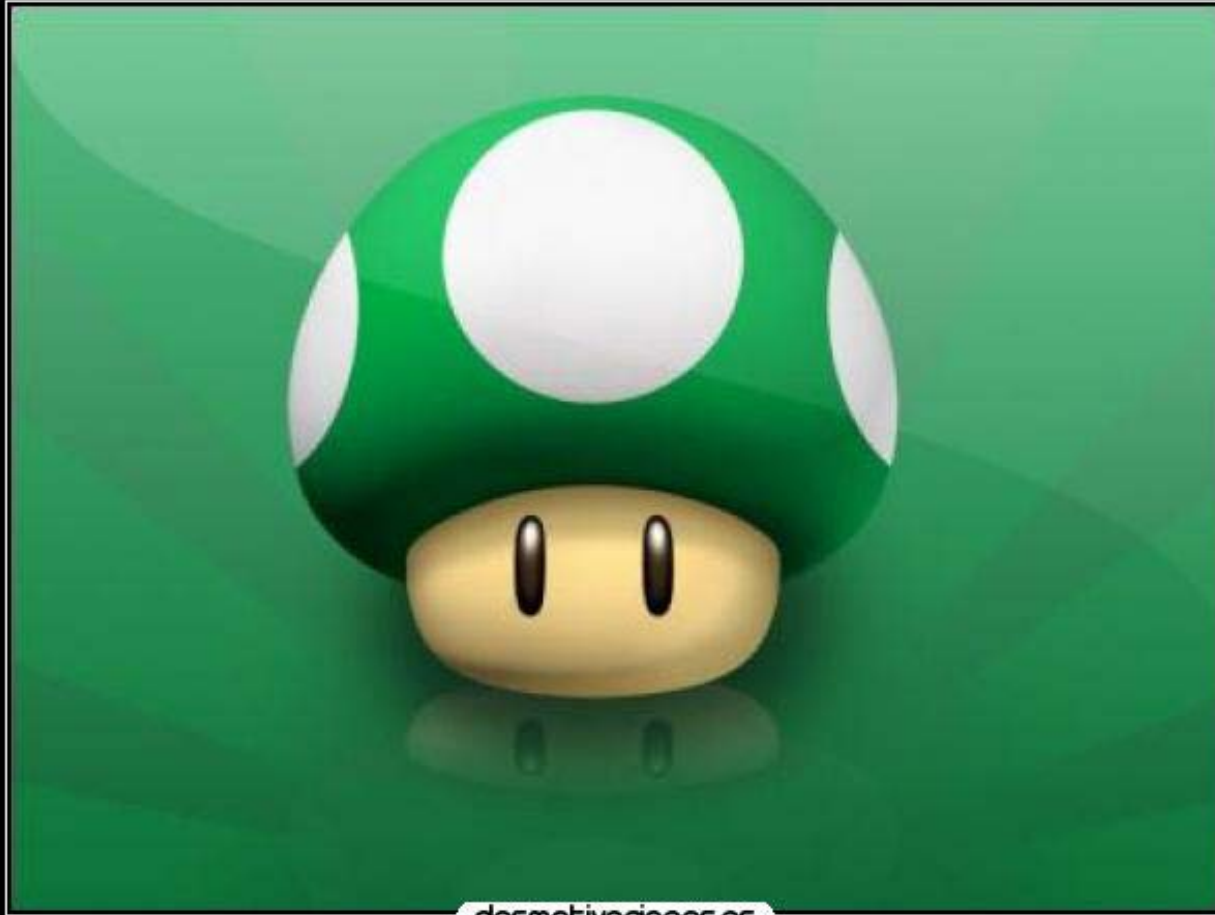


Stachybotrys chartarum



Levaduras





desmotivaciones.es

Todos los hongos
Son comestibles...algunos solo una vez..

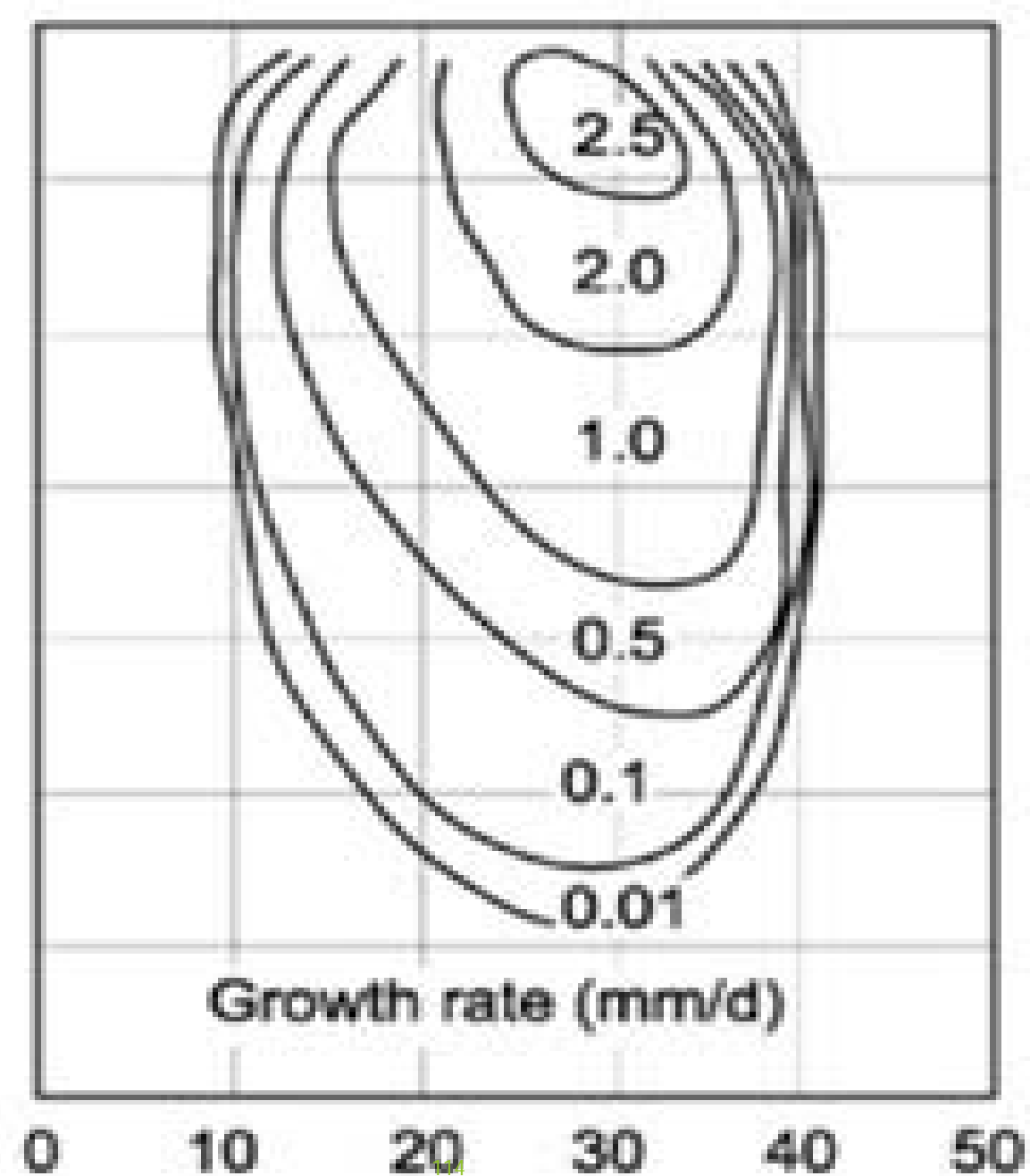
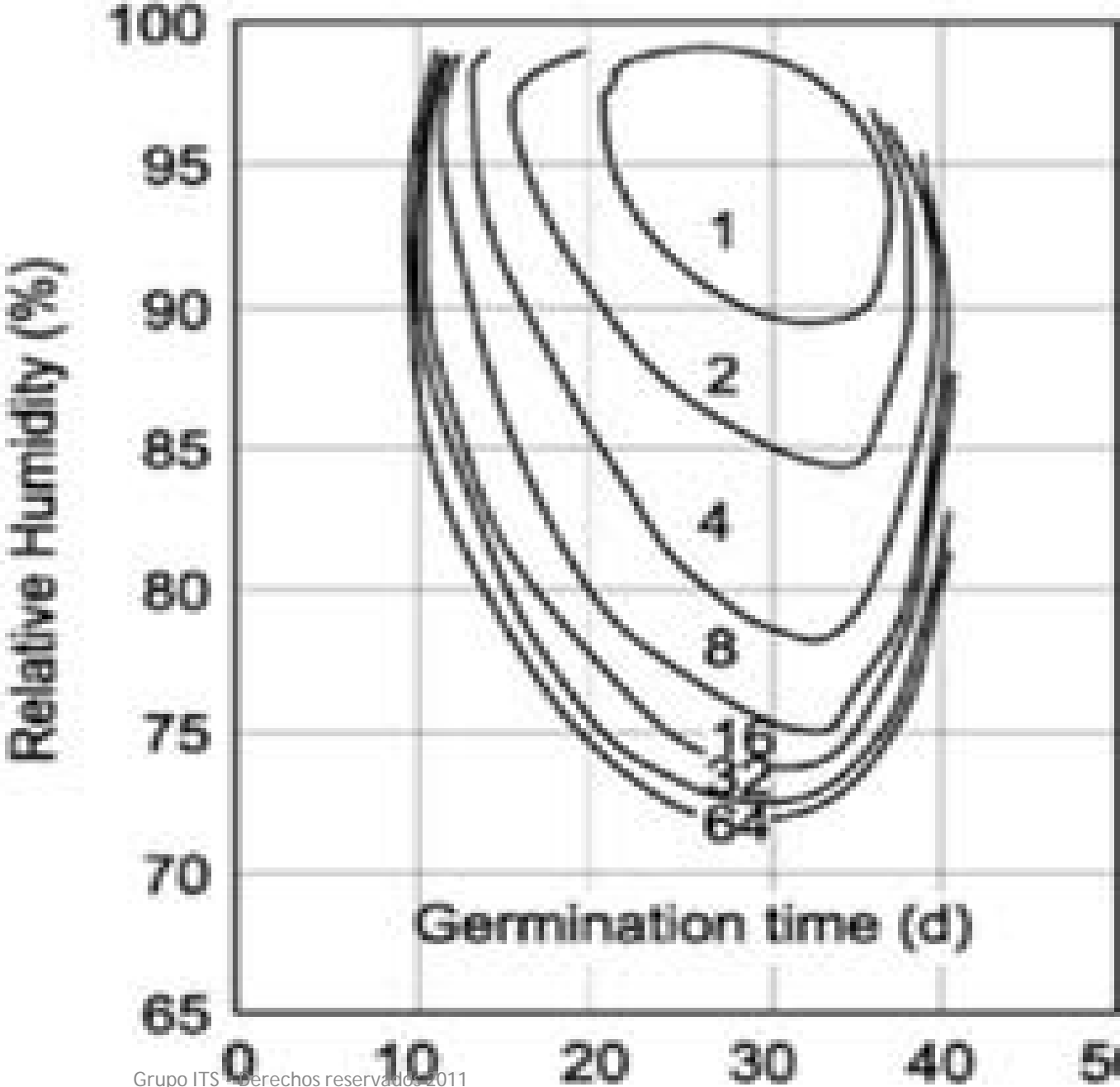
¿Qué pasa si no controlamos?



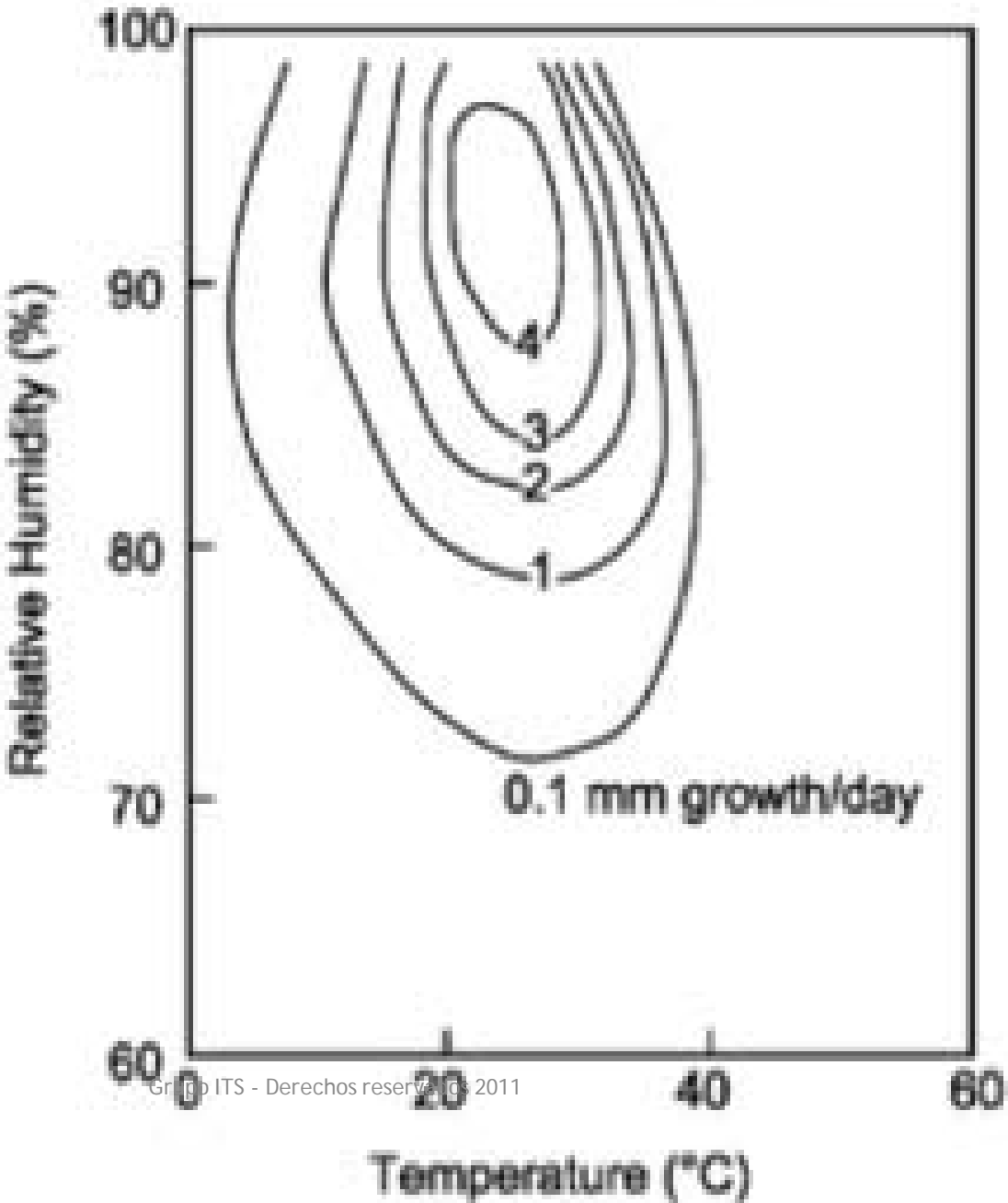
¿Cómo controlamos?



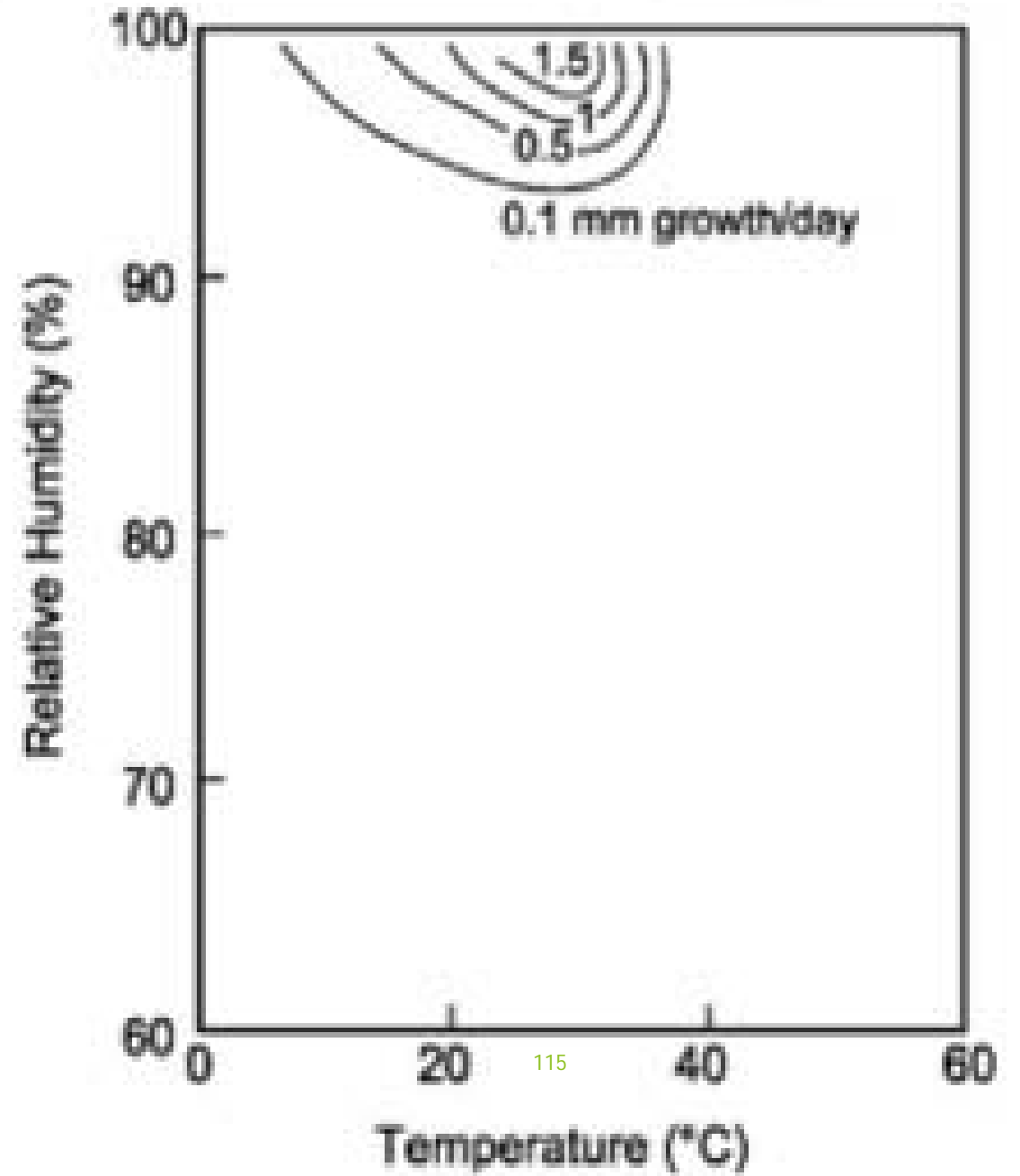
CONTROLANDO LAS CONDICIONES PSICROMÉTRICAS



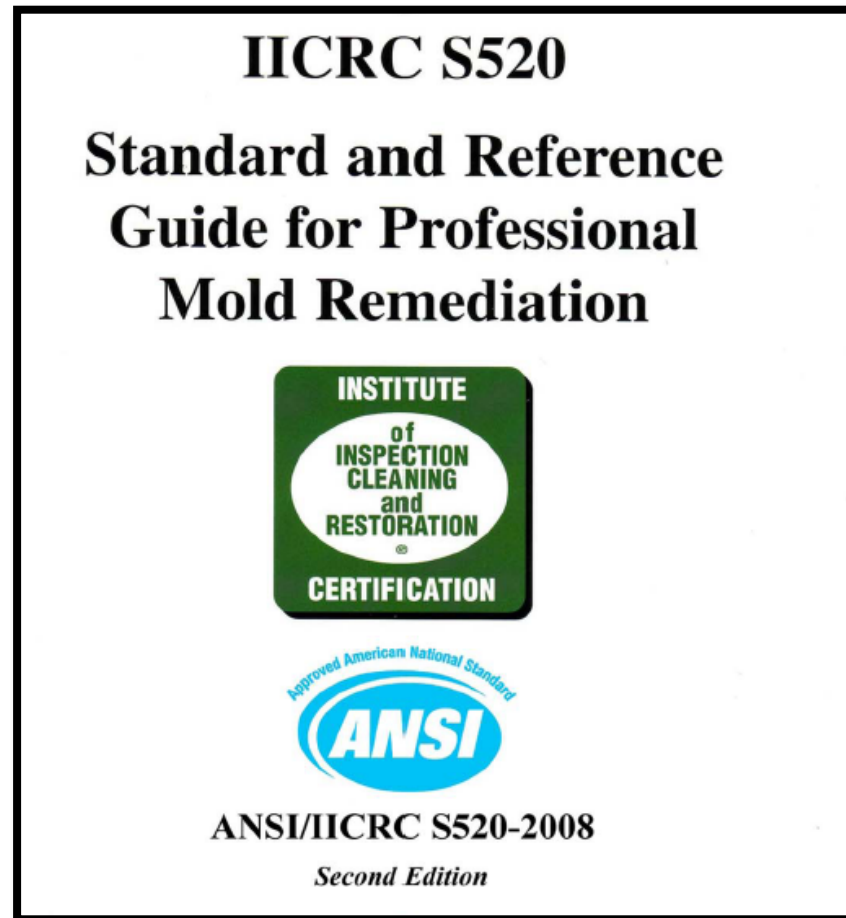
Rates of Growth for Aspergillus Ruber



Rates of Growth for Stachybotrys Chartarum



Inspección de instalaciones por hongos



Inspección de instalaciones por hongos



Designation: E 2418 – 06

Standard Guide for Readily Observable Mold and Conditions Conducive to Mold in Commercial Buildings: Baseline Survey Process¹

This standard is issued under the fixed designation E 2418; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

Inspección de instalaciones por hongos



Lo más importante: contenido de humedad





29.8 °C

27.5

25.0

22.5

20.0

17.5

15.8 °C

Remediación









Ing. José Carlos Espino

jose.espino@itsconsultores.net

Grupo
77S