

XXXII JORNADAS MICOLOGICAS SOMIVAL
11 DE NOVIEMBRE DE 2023



LOS HONGOS: USOS Y APLICACIONES



CARACTERÍSTICAS

- **Eucariotas, en su mayoría multicelulares.**
- **Nutrición heterótrofa.**
- **Digestión externa, liberan enzimas que digieren los nutrientes.**
- **Alimentación por absorción.**
- **Sin mecanismos de excreción, acumulan contaminantes.**
- **Pared celular con quitina.**



- Fueron de los primeros organismos en colonizar la tierra hace cerca de 900-1000 Ma según un fósil descubierto en Canadá en el 2019 y sus descendientes dominan casi todos los ambientes terrestres y acuáticos.

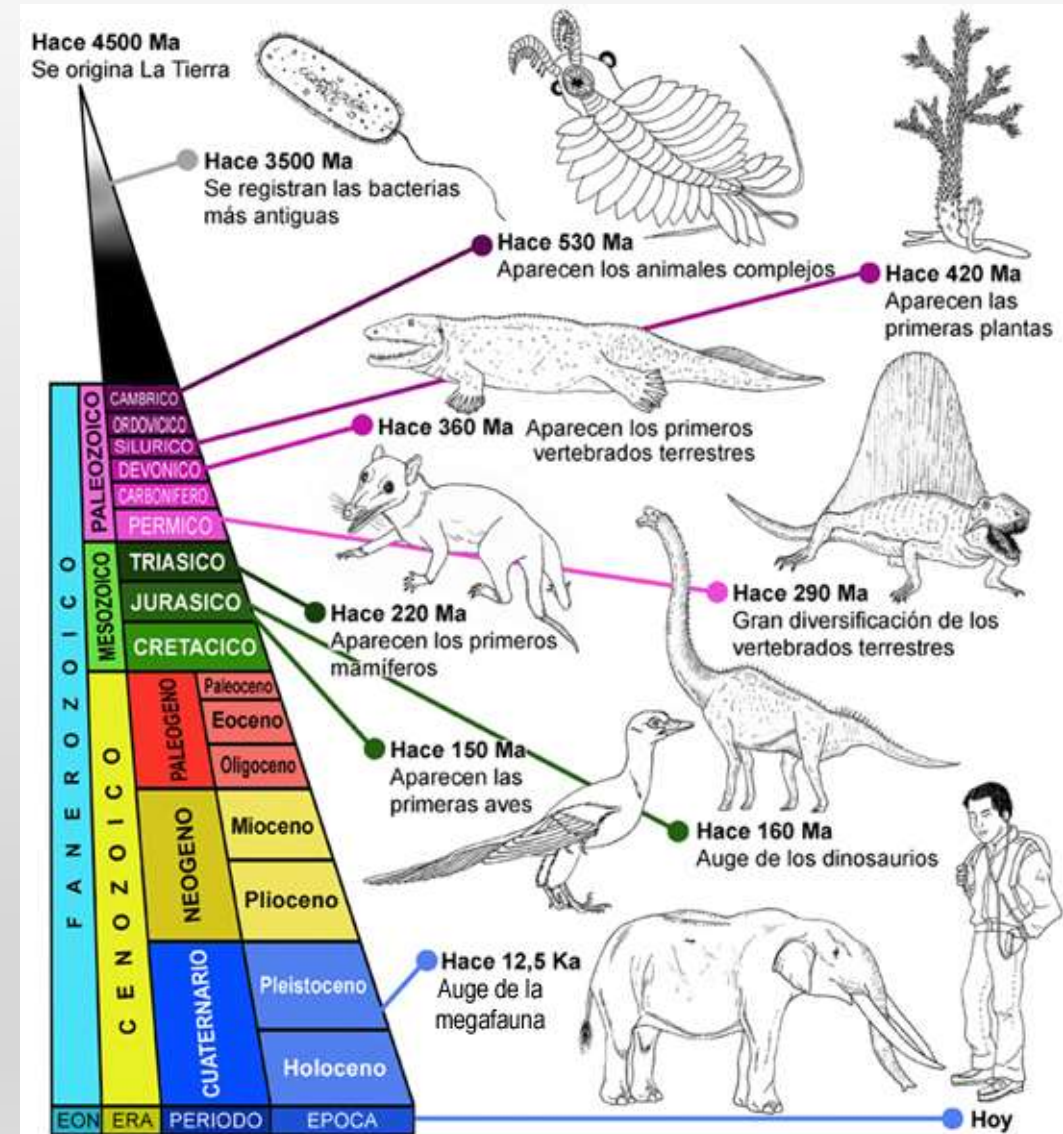
Ya existían hongos filamentosos hace 751 millones de años según un estudio publicado en *Science Advances*.

- Los fósiles de las primeras plantas vasculares conocidas del periodo Silúrico tardío contienen evidencias de micorrizas.



Image courtesy of David Hibbett

Protomycena electra,
ámbar fósil del mioceno de
la Republica Dominicana



Fuente: <http://oldcivilizations.files.wordpress.com/2011/12/escala-baja.jpg>

Rhizoctonia**Reduviasporonite**

© Imagen de Rhizoctonia cortesía de Lane Tredway, The American Phytopathological Society

Reduviasporonites fue un hongo microscópico que vivió durante el período Pérmico-Triásico. Eran hongos necrófagos que se alimentaban de madera descompuesta.

Muy similares a Rhizoctonia, especie actual patógena de plantas, se piensa que pudieron acelerar la extinción del Pérmico al atacar a las coníferas ya debilitadas actualmente estar detrás de la sexta extinción que afecta a las actuales coníferas y otros vegetales.

El fin de la producción de los depósitos de carbón

Tras unos 60 m.a. de formación de carbón, hace unos 300 millones de años la Tierra dejó súbitamente de producirlo de forma masiva.

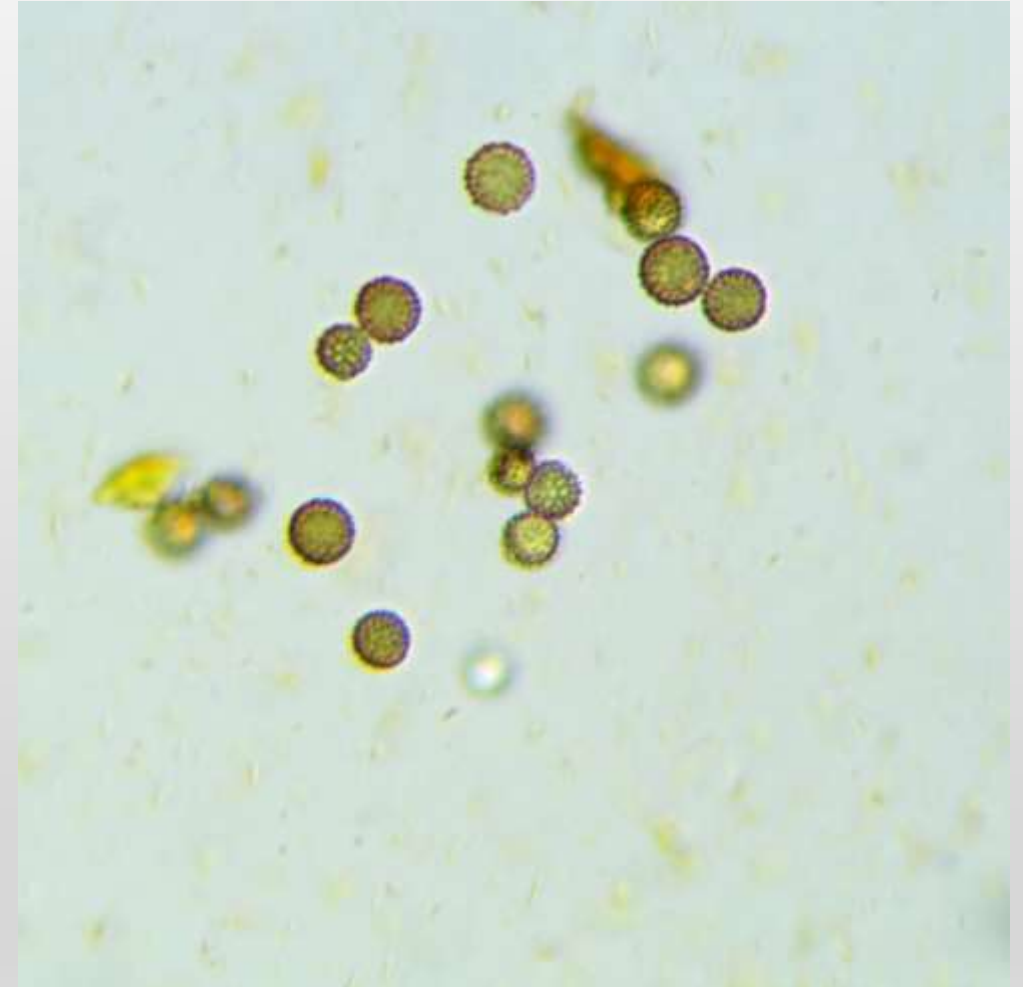
Esta circunstancia marcó el final del Carbonífero, el periodo en el que se acumularon ingentes cantidades de materia orgánica en zonas boscosas pantanosas originando las reservas de combustibles fósiles de las que tanto dependemos.

Ello coincide con la aparición en escena de las especies llamadas hongos de la Podredumbre Blanca, capaces de descomponer la lignina según un estudio de un equipo internacional de científicos con participación del CSIC, y publicado en la revista Science en 2012.

Mediante análisis genético han determinado que el ancestro común a estos hongos con capacidad de degradar la lignina surgió hace 300m.a.



Según una investigación alemana publicada en la revista Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) respiramos entre una y diez esporas fúngicas cada vez que inhalamos aire, en cada metro cúbico de aire se halló una media de entre 1.000 y 10.000 esporas fúngicas.



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- **FUENTE DE ALIMENTOS**
- **Aplicaciones industria agroalimentarias**
- **Fuente de antibióticos y medicamentos**
- **Intereses agrícolas y forestales**
- **Aplicaciones industria maderera y papelera**
- **Micorremediación**
- **Ecoconstrucción**
- **Micotejidos**
- **Usos cosméticos**
- **Usos ceremoniales, lúdicos**
- **Producción biocombustibles**



COMPOSICIÓN NUTRICIONAL MEDIA

Sobre materia fresca:

- **Agua** 80 - 90 %
- **Minerales** 0,5-1,5 % (K, P, Fe, Mg)
- **Carbohidratos** 2 - 13 %
- **Lípidos** 0,05 - 2 %, mayormente insaturados
- **Prótidos** 0,5 - 7 % de mayor calidad que las vegetales
- **Vitaminas** (A, B1, B2, C, D, K...)
- **Oligoelementos** (Zn, Cu, Al, Se)
- **Colorantes, esencias aromáticas.**
- **Fibra dietética** 50% de la materia seca
- **Aporte calórico:** Aprox. 40 Kcal/100 g



EN RESUMEN

- **BAJO CONTENIDO EN GRASAS**
- **ALTO CONTENIDO PROTEICO DE FÁCIL ASIMILACIÓN**
- **CONTIENEN TODOS LOS AMINOÁCIDOS ESENCIALES**
- **ALGUNOS SON FUENTES DE VITAMINAS Y ANTIOXIDANTES**
- **BAJO CONTENIDO CALÓRICO (en torno a 40 kcal/100g)**
- **ELEVADO CONTENIDO EN FIBRA DIETÉTICA (50% peso seco) en general en mayor proporción en el pie**



Fuente de vitaminas

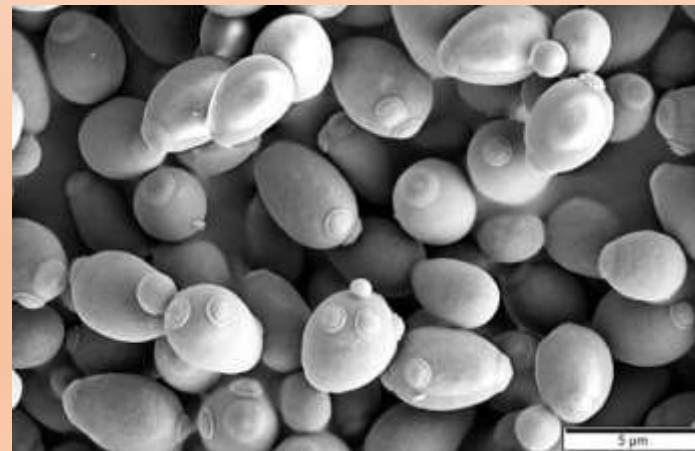
Vitaminas grupo B(B2, B3,B5, B12)

Vitaminas A, E y D al estar expuestas las setas a la luz solar o a la UV artificial.

***Lentinula edodes* es una fuente de vitaminas del grupo B. Además de propiedades antibióticas, antitromboticas, antidiabéticas reducen el nivel de colesterol y la hipertensión.**

***Sacharomyces cerevisiae* es una fuente de vitaminas grupo B.**

***Cantharellus cibarius* es una fuente de vitaminas grupo A y K.**



Alternativas a la carne

Micoproteína Quorn

Actualmente creada a partir de biomasa de *Fusarium venenatum* y vendida en Europa y América del Norte.

Proporciona mayor saciedad que las proteínas de origen cárnica.

Requiere un 90% menos de tierra y produce un 90% menos emisiones de CO₂ de la carne de origen vacuno.



Fuente: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40716284>

A partir de subproductos de otras industrias agroalimentarias ricas en carbohidratos.

Tras un tratamiento enzimático se rompen en azúcares simples y se cultivan los hongos en medio líquido generalmente junto con los azúcares y nutrientes.

Proceso de fermentación aeróbica. Crucial el control de la temperatura y aireación del proceso.

Tras la fermentación se recoge la biomasa fúngica, se elimina el exceso de agua y mezcla con diferentes ingredientes en función de lo que se desee obtener.



Fuente: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40716284>

USO EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

La reducción de fibra, proteínas, taninos y compuestos fenólicos en el sustrato remanente del cultivo de *Pleurotus ostreatus* confirma su alta calidad para ser utilizado en alimentación animal.

Además puede ser utilizado como abono orgánico en sustitución de fertilizantes químicos.



Fuente Revista Cubana De Química Vol. XIII, Nº 3, 2001

"Biodegradación de la pulpa de café *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* var. *Robusta* por *Pleurotus ostreatus* var. *Florida*". R.C. Bermúdez, R. M. Pérez, N. García, M. Verdecia, A. Marañón

LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- **APLICACIONES INDUSTRIA AGROALIMENTARIAS**
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Intereses agrícolas y forestales
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción biocombustibles



INTERESES AGROALIMENTARIOS

- **Producción de panes.**
- **Producción bebidas alcohólicas y de zumos por la acción de mohos y levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*, de la que se emplean diferentes cepas para la fabricación de cerveza, vino, sake, pan y alcoholes industriales.**
- **Producción de quesos y preparados fermentados como el café y el tabaco.**
- ***Yarrowia lopolytica* es una levadura aerobia estricta fuente industrial de ácido cítrico. Además importante papel en la producción de detergentes, medicamentos y en la reducción de contaminantes industriales.**



Además de las microalgas *Phaffia rhodozyma* (levadura) produce un pigmento especial llamado Astaxantina, el cual da a la carne de truchas y salmones de criadero nuevamente su color rosado como si vivieran en su hábitat natural.

Es un potente antioxidante natural capaz de atravesar la barrera hemato encefálica y hemato retinal protegiendo de daños por la luz solar entre otros usos.

- *Kluyveromyces fragilis* es una especie fermentadora de la lactosa que se explota en pequeña escala para la producción de alcohol a partir del suero lácteo. Produce glicerol a partir de la lactosa, siendo un compuesto muy utilizado en la industria.



Fuente: <http://www.astaxantina.es/>

Enzimas producidas por ciertos hongos de interés comercial como amilasas, proteasas y pectinasas.

Enzima	Fuente	Aplicación industrial	Industria
Amilasa	Hongos	Pan	Panadera
	Hongos	Fabricación de jarabe y glucosa	Alimentaria
	Hongos	Ayuda digestiva	Farmacéutica
Proteasa	Hongos	Pan	Panadera
	Hongos	Control contenido en fenol	Cervecera
	Hongos	Ablandador de la carne	Cárnica
Invertasa	Hongos	Relleno de caramelos	Confitería
Glucosa Oxidasa	Hongos	Eliminación de glucosa y oxígeno, papeles para pruebas de la diabetes	Alimentaria Farmacéutica
Pectinasa	Hongos	Prensado, clarificación del vino	Zumos de frutas, vinícola
Renina	Hongos	Coagulación de la leche	Quesera
Celulasa	Hongos	Suavizante y abrillantador de tejidos; detergente	Lavandería
Lipasa	Hongos	Degradar la grasa	Lechería, lavandería
Lactasa	Hongos	Degradar la lactosa a glucosa y galactosa	Lechería, alimentos

PRODUCCIÓN DE FRAGANCIAS Y AROMAS

- ***Trichoderma* sp produce. 6-pentil- α -pirona (6PP), un compuesto con aroma a coco.**
- ***Ceratocystis fimbriata* a partir de un cultivo sólido con cascarilla y pulpa de café como fuente de carbono, genera compuestos aromáticos frutales como acetato de etilo, etanol y acetaldehído principalmente (Bluemke et al., 2003)**
- ***Ceratocystis moniliformis* crece rápidamente y sintetiza gran cantidad de compuestos como permeato de etilo, acetato de etilo, acetato de propilo y alcohol isoamílico entre otros.**
- **El 2- feniletanol (2-PE) es un compuesto aromático con olor a rosas. Estchmann et al. (2002) señalan una gran variedad de microorganismos productores de este compuesto entre los que se encuentran: *Phellinus ignarius*, *P. laevigatus* y *P. tremulae*, pero los microorganismos más prominentes en producción son las levaduras, entre las que se encuentran *Saccharomyces vini* y *Torulopsis utilis***

LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- **INTERESES AGRÍCOLAS Y FORESTALES**
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción de biocombustibles



Fungicidas naturales

La estrobilurina A es un compuesto con actividad antifúngica producido por *Strobilurus tenacellus* y otros géneros como *Xerula*, *Odeumansiella* y *Mycena*. Constituye la base de fungicidas modernos.



Strobilurus tenacellus



Mucidula mucida

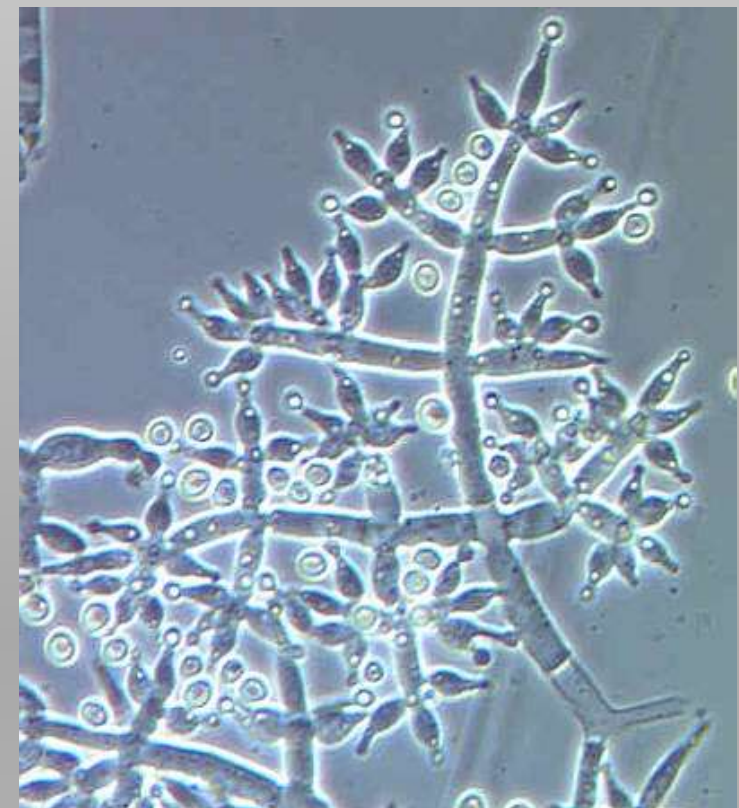


Hymenopellis radicata

***Trichoderma harzianum* es un fungicida con un amplio espectro de acción presente en todos los suelos agrícolas .**

Eficaz contra diversos organismos; tanto en el suelo contra pudriciones de raíces como *Armillaria*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phitophtora*, *Fusarium* o bien, contra enfermedades de órganos aéreos como *Botritis* o *Stereum*.

Facilidad para establecer micorrizas con cultivos



http://en.wikipedia.org/wiki/Trichoderma_harzianum

Actúa por:

Competencia por nutrientes

Antibiosis

Micoparasitismo

Estimulación de defensas de la planta

(Dubos, 1992).

HONGOS COMO BIOINDICADORES DE ZONAS DEGRADADAS O EN CURSO

Algunas especies de hongos, por su mera presencia y cantidad, indican un desequilibrio actual en el ecosistema debido al exceso de necromasa acumulada.

***Megacollybia platyphylla* y *Clitocybe phaeophthalma* indica cantidades significativas de nitrógeno en el sustrato.**



Hongos gasteroides como *Clathrus ruber* y *Lycoperdon pyriforme*, *Mutinus caninus* o afiloforales como *Cerrena unicolor*, *Corioliopsis gallica* y *Trametes trogii* son también indicadores de procesos de degradación en curso.



CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS AGRICOLAS Y FORESTALES

Hongos que luchan contra plantas, otros hongos e insectos y otros animales.

Uso de hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control biológico de plagas agrícolas



***Beauveria bassiana* atacando el picudo rojo**

Fuente: <http://www.glenbiotech.es/uploads/imagenes/noticias/principal/201304/principal-picudo-rojo-muerto-por-beauveria-es.png>

Control biológico de la procesionaria del pino mediante el uso del hongo entomopatógeno *Cordyceps militaris*.



Cordyceps militaris

Fitohormonas

Giberelinas (*Gibberella sp. Hypocreales*) promueve la floración, elongación celular, germinación de semillas, etc.



Gibberella fujikuroi

UGA1436003

Desarrollo de sensores biológicos de contaminación ambiental

El brillo de los hongos *Gerronema viridilucens* puede ayudar a detectar altos niveles de contaminación del suelo con metales de diversos tipos, tal como lo demostró Luiz Fernando Mendes Doctorado en Química del Instituto de Química de la Universidad de São Paulo (USP).

Mendes cultiva el hongo en placas de vidrio de 35 milímetros de diámetro, sobre agar. Luego de crecer 10 días se mide la luminosidad emitida por cada una de estas placas y deposita allí una pequeña muestra de extracto de suelo que luego será analizada.

Tras 24 horas en una cámara climática, el hongo empieza a emitir menos luz en caso de que la muestra esté contaminada, cosa que interpretan como una forma de daño al organismo.

Con todo esto obtuvo gráficos que representan la intensidad de la luz emitida en presencia de distintas concentraciones de 11 metales diferentes: calcio, sodio, magnesio, cadmio, cobalto, manganeso, potasio, litio, zinc, cobre y níquel e indican la toxicidad de la muestra analizada.

Este trabajo ha redundado en una patente registrada en Brasil sobre el uso de hongos en ensayos de toxicidad ambiental.

Simplemente midiendo la intensidad de la luz que emana del hongo se puede estimar la cantidad de metal presente.

A más concentración metales pesados emiten menos intensidad de luz o bien dejan de emitir totalmente.

El problema es que esta especie es poco sensible por vivir en el suelo y adaptarse a condiciones adversas.



Fuente: http://www.mushroom.pro/b_spc/spc_pages/biolum_mushrooms_old/images/bioluminescent.174223.jpg

LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- **FUENTE DE ANTIBIÓTICOS Y MEDICAMENTOS**
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción biocombustibles



Algunos hongos producen compuestos con aplicaciones antibióticas:



Piperacin

Clitocibin

Agaridin

Collybial

Mucidin

Scorodin

Aplicaciones Medicinales

- Adaptógenos y estimulantes sistema inmunitario
- Afrodisiacos
- Anticancerígenos
- Antiosteoporóticos
- Antivirales y antibióticos
- Estimulantes crecimiento células nerviosas e inhibidores del síndrome de Alzheimer
- Inhibidores actividad oncogénica
- Inmunodepresores
- Productores de vitaminas
- Alcoholismo
- Anestésicos, anestésicos
- Ansiolíticos
- Antiinflamatorios
- Antioxidantes
- Antisépticos
- Cardiotónicos
- Anticolesterol
- Diabetes
- Anticoagulantes
- Expectorantes
- Nefrología
- Deshabitación alcoholica
- Laxantes y purgantes
- Diuréticos, eméticos
- Aplicaciones psiquiátricas
- Antiinflamatorios
- Antiparasitarios contra nematodos y protozoos
- Estimulantes hematopoyesis
- Estimulantes de la visión
- Fatiga crónica
- Fiebre
- Gastritis
- Hepatoprotectores
- Hipotensores
- Oxitóxicos y abortivos
- Fatiga cronica
- Regulador ciclo menstrual
- Hemostáticos
- Hipoglucemiantes



Fuente:

“Hongos medicinales” de Dº Francisco De Diego Calonge, ediciones MP



Ganoderma carneum



Pleurotus ostreatus



Albatrellus confluens



Lentinula edodes

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Lentinula_edodes_USDA.jpg



Hericium erinaceum



Grifola frondosa

Fuente: http://www.mushroomexpert.com/images/kaminski/kaminski_grifola_frondosa.jpg

***Cordiceps sinensis*, oro del Himalaya**

Ascomiceto Orden Hypocreales, parásito de artrópodos que vive entre 3500-6000 m en Tíbet, Nepal, India y algunas provincias de China.

Empleado con éxito en tratamientos clínicos con personas para tratar trastornos respiratorios, renales, hepáticos y cardiovasculares.

Eficaz en tratamientos antitumorales y disminuye los problemas de fatiga, además de aumentar la libido. Su uso de *Cordyceps* incrementa los niveles de ATP en la célula e incrementa la utilización de oxígeno.

Del *Cordyceps subsessilis* se extrae la ciclosporina, un inmunosupresor usado en transplante de órganos para evitar el rechazo del cuerpo del receptor



Fuente: wikipedia.org



Fuente: Rev Iberoam Micol 2007; 24: 259-262

APLICACIONES EN ANÁLISIS CLÍNICOS

Detección colesterol: *Lentinus*, *Coprinus*, *Odeumansiella*, *Auricularia*, *Poria*, etc.

- Enzimas para la determinación de la Bilirrubina en *Trachyderma tsunodae*.

- Liquen Genero *Usnea* produce el colorante tornasol usado en el papel tornasol para la detección del pH.



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- **APLICACIONES INDUSTRIA MADERERA Y PAPELERA**
- Micorremediación
- Ecoconstruccion
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Ecoconstruccion
- Usos cosméticos
- Producción de biocombustibles



APLICACIONES EN LA INDUSTRIA MADERERA Y PAPERERA

La fabricación de pasta, papel y derivados es una de las industrias mas grandes del mundo.

Las especies de hongos más adecuadas son los llamados hongos de la Podredumbre blanca por su capacidad de degradar la lignina.



Con el uso de hongos y sus enzimas se consigue:

- La eliminación de residuos en el proceso de extracción de la pulpa de papel.**
- La eliminación de la lignina y su transformación a productos asimilables.**
- Ahorro energía.**
- Obtención de etanol (Energía) a partir de la celulosa.**



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- **MICORREMEDIACIÓN**
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción biocombustibles



¿PORQUE EL INTERÉS DE LOS HONGOS EN BIORREMEDIACIÓN?

- **Muchas especies fúngicas son capaces de extraer metales pesados del suelo incorporándolos al carpóforo con lo que disminuye la biodisponibilidad para otros organismos.**
- **Unas pocas especies en cambio tienen la capacidad innata de degradar compuestos tóxicos a mas o menos tóxicos e incluso a CO₂ y agua. En ello destacan los hongos de la PB.**



HONGOS QUE SECUESTRAN METALES PESADOS Y OTROS CONTAMINANTES REDUCIENDO SU BIODISPONIBILIDAD



METALES PESADOS

Se refiere a todo elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso en concentraciones pequeñas.

Suelen formar parte de los fertilizantes, pero mayoritariamente de la minería, refinerías, procesos de combustión e incineración, curtidos, etc.

Origen mayoritariamente antrópico. Origen natural, geogénico, muy localizado.

- Ejemplos de metales no esenciales:

Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Arsénico (As), Cromo (Cr), Talio (Tl) y Plomo (Pb).

- Ejemplos de metales traza:

Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro(Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Vanadio (V), Selenio (Se), y Zinc (Zn).



Fuente: <http://galeon.hispavista.com/colmenaresdelmonte/img/calavera>



Fuente: www.ecured.cu

Los metales pesados no se eliminan y suelen acumularse en el interior de los organismos convirtiéndose en un grave problema medioambiental.

Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg) y Zinc (Zn) tienden a acumularse en diferentes especies de hongos, independientemente de la naturaleza y concentraciones de elementos en el sustrato.

En general, los hongos no tienden a acumular Arsénico (As), Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Plomo (Pb).

Especies mas interesantes para su uso en remoción del suelo:

- **Hongos microscópicos**
- **Gasteromicetos**
- **Basidiomicetos varios destacando los hongos de la Podredumbre Marrón y los de Podredumbre Blanca**



Existen algunos géneros de hongos ectomicorrizicos que micorrizan en suelos contaminados por metales como *Eutrophospora spp.*, *Gigaspora spp.* y *Glomus spp.*

Permiten que la planta pueda crecer con niveles menores de MP que el suelo que la rodea.



***Pisolithus tinctorius* disminuye la sensibilidad de la planta a la contaminación por metales pesados**

Cu

Pb, Hg

Macrolepiota procera

Lepista nuda



Hg

Se



Boletus pinophilus



Boletus edulis

Zn



Lactarius deliciosus

Destacar la elevada capacidad concentradora de Cd de las especies de *Agaricus* sección *arvenses*, a la que pertenecen *A. urinascens*, *A. silvicola*, *A. arvensis*, *A. augustus* y *A. abruptibulbus* entre otros.



A. augustus



Agaricus silvicola



A. arvensis

Agaricus urinascens



TESIS DOCTORAL "METALES Y ELEMENTOS TRAZA EN MACROMICETOS DE LA PROVINCIA DE BURGOS" Carlos Muñoz San Emeterio. UNIVERSIDAD DE BURGOS FACULTAD DE CIENCIAS AÑO 2011.

De los resultados de este estudio se propone poder emplear las siguientes especies para disminuir los niveles de algunos metales en suelos:

***Agaricus arvensis* para el Cd.**

***Agaricus xanthodermus* para el Hg.**

***Amanita muscaria* para el Ni. Además fija Vanadio.**

***Collybia tenacella* para el B, At y Cr.**

***Coprinus comatus* para el Ur.**

***Entoloma clypeatum* para el Sñ.**

***Entoloma lividum* y *Pholiota flavida* para el As.**

***Lactarius quietus* para el Co, Pb y Bi.**

***Stropharia coronilla* para el Al, St y Cr.**



***Phanerochaete chrysosporium* ha sido ampliamente reconocido por su potencial biotecnológico en procesos de descontaminación por metales pesados para el tratamiento de aguas**



*** Bioadsorción de Cd, Pb, Ni, Cr y Cu**

*** Produce cantidades significativas de biomasa con gran área superficial apta para la captación de contaminantes**

*** Facilidad de cultivo con células libres e inmovilizadas (Say *et al.* 2001, Kacar *et al.* 2002, Qingbiao *et al.* 2004, Iqbal y Saeed 2007)**

-El hongo saprobio *Fusarium concolor* es una de las especies con mayores índices de secuestro de As, Cd y Zn.

-Ensayos con hongos microscópicos *Aspergillus flavus* y *A. fumigatus* demuestra que algunos de ellos pueden ser utilizados para descontaminar nichos acuáticos, pues son baratos, eficientes y selectivos, sobre todo para la remoción de F, Cu, Cd, Cr (VI) y P.

HONGOS QUE DEGRADAN LOS CONTAMINANTES A SUSTANCIAS MENOS TÓXICAS E INCLUSO INOCUAS



La lignina es un compuesto con largas cadenas de átomos de C y H que da rigidez a la pared celular de las células vegetales y desempeña un papel muy importante frente al ataque de los microorganismos (Falcón et al., 2003; Gao et al., 2011). Por ello es un compuesto difícil de degradar y pocos seres vivos son capaces de ello

El reciclaje de la lignina por hongos de la PB, es un factor fundamental del ciclo del carbono en los bosques, una de las mayores reservas de carbono orgánico del suelo.

Alrededor del 20-30% de la madera es lignina y se producen aproximadamente 4000 millones toneladas/año de celulosa y 800 millones toneladas/año de lignina se producen en el planeta.



Los hongos de la PB cuentan con un sistema multienzimático de gran inespecificidad que los hace capaces de degradar compuestos similares a la lignina como compuestos fenólicos, plaguicidas, herbicidas, hidrocarburos policíclicos aromáticos, fenoles clorados, colorantes entre otros compuestos orgánicos recalcitrantes (Boer et al., 2006; Songulashvili et al., 2007; Gao et al.,2011).

El mecanismo principal de biodegradación de contaminantes es el sistema enzimático de degradación de la lignina.

- **Enzimas Manganeso Peroxidasa dependientes de Mn⁺² (MnP)**
- **Ligninoperoxidasas (LiP)**
- **Lacasas (Lac)**

*** Extracelulares**

•Baja especificidad

•Involucran la formación de radicales libres

***Oxidan una amplia gama de contaminantes ambientales**

***Pleurotus ostratus* contiene enzimas que son capaces de degradar compuestos aromáticos como el benceno, PAH's , PCB's, pesticidas órgano fosforados como el DDT o el Lindano (Cohen et al., 2002)**



Tabla 2. Capacidad de degradación y mineralización de plaguicidas por hongos de la pudrición blanca de la madera. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(1): 5867-5882. 2011

Pesticida	Hongos	Observaciones	Degradado (%)	Mineralizado (%)	Referencias
DDT	<i>R. chrysosporium</i> <i>R. sajor-caju</i> <i>R. florida</i> <i>R. eryngii</i> <i>T. versicolor</i>	Líquido estéril. pH 5. 20 d de tratamiento. 30 °C. Suelo estéril. franco-limoso mezclado con carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento	66 – 92	5,3 - 30	(Arisoy, 1998; Bumpus y Aust, 1987)
Pentaclorofenol	<i>R. chrysosporium</i> <i>R. sordida</i> <i>B. adusta</i> <i>R. ostreatus</i> <i>I. lacteus</i> <i>T. versicolor</i>	Suelo esterilizado, mezclado con aserrín de madera al 3,35% p/p. 4 semanas de tratamiento.	78 - 90	3,2 - 29	(Lamar <i>et al.</i> , 1990; Mileski <i>et al.</i> , 1988; Ruttimann C. y Lamar R., 1997; Tuomela <i>et al.</i> , 1998)
Lindano	<i>R. chrysosporium</i> <i>R. sordida</i> <i>R. sajor-caju</i> <i>R. florida</i> <i>R. eryngii</i> <i>T. hirsutus</i> <i>C. bulleri</i>	Líquido estéril. pH 6,8. 20-28 d de tratamiento. temperatura 25-35°C. Suelo estéril. franco-limoso. 9 semanas de tratamiento. 25°C.	10,6 – 96	4,5 - 23,4	(Arisoy, 1998; Kennedy <i>et al.</i> , 1990; Mougín <i>et al.</i> , 1996; Quintero <i>et al.</i> , 2008; Quintero <i>et al.</i> , 2007; Singh y Kuhad, 1999; Singh y Kuhad, 2000; Tekere <i>et al.</i> , 2002)
Aldrin	<i>R. chrysosporium</i>	Suelo estéril. franco-limoso mezclado con carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento	31,7	0,6	(Kennedy <i>et al.</i> , 1990)
Dieldrin	<i>R. chrysosporium</i> <i>T. versicolor</i>	Suelo estéril. franco-limoso mezclado con carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento. Líquido estéril.	6,1 - 13	0,5 -1,5	(Kennedy <i>et al.</i> , 1990; Morgan <i>et al.</i> , 1998)
Clordano	<i>R. chrysosporium</i>	Líquido estéril. pH 4,5. 3 d de tratamiento. 37°C Suelo estéril. franco-limoso: carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento	28,3	9,4 – 12,2	(Bumpus <i>et al.</i> , 1988; Kennedy <i>et al.</i> , 1990)
Heptachlor	<i>R. chrysosporium</i> <i>Pleurotus florida</i> <i>R. sajor-caju</i> <i>R. eryngii</i>	Líquido estéril. pH 4,5. 3 d de tratamiento. Suelo estéril. franco-limoso: carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento	27 – 97	0,5	(Arisoy, 1998; Bumpus <i>et al.</i> , 1988; Kennedy <i>et al.</i> , 1990)
Mirex	<i>R. chrysosporium</i>	Suelo estéril. franco-limoso: carozo de maíz (1:4). 21 d de tratamiento. 37°C	3,6	2,0	(Kennedy <i>et al.</i> , 1990)
Endosulfan	<i>R. chrysosporium</i>	Líquido estéril. pH 4,5. 3 d de tratamiento. 37°C	90-95	—	(Kullman y Matsumura, 1996)
Clorpirifos	<i>R. chrysosporium</i>	Líquido estéril. pH 4,5. 3 d de tratamiento. 37°C Suelo estéril. arcilloso-arenoso. 21 d de tratamiento. 37°C	62,2-96,3	27,5	(Bumpus <i>et al.</i> , 1993; Lopera <i>et al.</i> , 2005)

Tabla compuestos xenobióticos transformados y/o mineralizados por hongos de pudrición blanca (Cerniglia y Sutherland 2001; Maloney 2001; Pointing 2001; Reddy y Mathew 2001; Demir 2004; Kornilowicz-Kowalska et al. 2006; Quintero Díaz 2011)

Efluentes de plantas de blanqueo (Cloroligninas, clorofenoles, guaiacoles, cloro catecoles y alifáticos):

Lentinula edodes, Phanerochaete chrysosporium, Trametes versicolor

Aditivos de combustibles (Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos): *Phanerochaete chrysosporium, Trametes versicolor*

Desperdicios de municiones (Nitroglicerina, TNT, RDX, iperita (gas mostaza)): *Fomitopsis palustris, Phanerochaete chrysosporium, Phlebia radiata, Pleurotus ostreatus, Trametes versicolor*

Plaguicidas organoclorados (DDT, aldrin, dieldrin, clordano, lindano, alacloro):

Ceriporiopsis subvermispora, Cyathus bulleri, Merulius tremellosus, Phanerochaete chrysosporium, P. sordida, Pleurotus eryngii, P. ostreatus, P. sajor-caju, Phellinus weivii, Trametes hirsutus, T. versicolor

Plaguicidas organofosfatados (Cloropirifos, fonofos y terbufos): *Phanerochaete chrysosporium*

Bifenilos policlorados (Aroclor, Clofeno y Delor):

Bjerkandera adusta, Funalia polyzona, Phanerochaete chrysosporium, Pleurotus ostreatus, Trametes versicolor, Phlebia brevispora

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (Antraceno, benzopireno, fenantreno, pireno): *Agrocybe aegerita, Bjerkandera adusta, Coriolopsis gallica, Flammulina velutipes, Kuehneromyces mutabilis, Laetiporus sulphureus, Marasmiellus troyanus, Phanerochaete chrysosporium, P. laevis, Pleurotus ostreatus, Pycnoporus cinnabarinus, Trametes versicolor*

Colorantes (sintéticos, colorantes azoicos, poliméricos y trifenilmetanos):

Bjerkandera adusta, Coriolopsis gallica, Phanerochaete chrysosporium, Pleurotus eryngii, P. ostreatus, Pycnoporus cinnabarinus, Trametes versicolor

Polímeros sintéticos (PVA, PVC, nailon): *Phanerochaete chrysosporium, Pycnoporus cinnabarinus, Trametes versicolor*

Conservadores de madera (Creosota, pentaclorofenol): *Bjerkandera adusta, Irpex lacteus, Lentinula edodes, Phanerochaete chrysosporium, P. sordida, Pleurotus ostreatus, Trametes versicolor*

Antibióticos (derivados antraquinónicos): *Bjerkandera adusta*

Fuente: https://www.researchgate.net/publication/277474712_Guzman

Davalos_L_e_I_Alvarez_Barajas_2014_Hongos_y_liquenes_como_bioindicadores_y_micorremediacion_In_Gonzalez_Zuarth_CA_A_Vallarino_JC_Perez_Jimenez_y_AM_Low_Pfeng_eds_Bioindicadores_guardianes_de_nu

Cepa de *Pleurotus ostreatus* creciendo sobre paja contaminada con hidrocarburos.



Fuente: http://www.realitysandwich.com/mycoremediation_and_oil_spills

Pila contaminada con 10000- 20000ppm de petróleo e inoculada con *Pleurotus ostreatus*.



Fuente: <http://www.fungi.com/blog/items/the-petroleum-problem.html>

Tras 16 semanas



Pila restaurada con menos de aprox. 200ppm. Permite la colonización por otros organismos.



Científicos estadounidenses de la Universidad de Yale descubren un hongo en las selvas de Ecuador capaz de degradar poliuretano.

***Pestalotiopsis microspora* es capaz de degradar poliuretano, usándolo como fuente de alimento incluso en ausencia de oxígeno.**

Interesante para su aplicación en vertederos dado las condiciones anóxicas de dichos lugares.



Fuente: <http://scitechdaily.com/images/Pestalotiopsis-microspora-big.jpg>

LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- **ECOCONSTRUCCION**
- Micotejidos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción de biocombustibles



Hongos como material de construcción, la alternativa sostenible al cemento para luchar contra el cambio climático

El cemento es causante de casi el 8% de las emisiones de CO2 a la atmósfera terrestre.

Algunas startups y empresas, como Ecovative y The Living, fabrican bloques y estructuras con el micelio de los hongos. Ecovative fabrica Myco Foam como Myco Board, alternativas respetuosas con el medio ambiente a la espuma de poliestireno y tableros de partículas.



En 2013 presentaron la primera casa ecológica elaborada con este material, que fue patentado con el nombre de Greensulate, y es resistente al fuego y biodegradable. Está fabricado a partir de micelio de seta de ostra *Pleurotus ostreatus* y desechos agrícolas.



Fuente: <https://www.businessinsider.es/hongos-como-material-construccion-alternativa-sostenible-cemento-804777----->

Greensulate, material a partir de micelio. Mimbrea



Fuente: <https://www.businessinsider.es/hongos-como-material-construccion-alternativa-sostenible-cemento-804777-->

Casa elaborada a partir de Greensulate. Mushroom Tiny House

Un embalaje biodegradable a base de hongos

Gavin McIntyre y Eben Bayer, fundadores de Ecovative Design producen materiales compuestos sustitutos del plástico, baratos y biodegradables, usando hongos sobre cualquier desecho vegetal abundante en una zona determinada, lo que permite convertir la producción en local.



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- **MICOTEJIDOS**
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción de biocombustibles



Alternativas sostenibles al cuero animal

El cuero animal conlleva crueldad y maltrato animal, además, de no ser sostenible. Importado de países como China y la India, su curtido produce un alto impacto ambiental debido al uso de compuestos tóxicos como el cromo.

Por ello varias empresas que investigan para conseguir una alternativa medioambientalmente sostenible al cuero animal.

- Bolt Threads producen Mylo™ , un tejido similar al cuero a base de hongos, en concreto del micelio.

- La empresa alemana ZVNDER produce accesorios como carteras, bolsos pequeños, gorras y correas de reloj hechas de *Fomes fomentarius*. Incluso una zapatillas hechas de cuero de champiñón fabricada en colaboración con la firma alemana nat-2, que recientemente comenzó su línea de hongos.

Micotech, una empresa con sede en Indonesia fabrica tejidos a partir de micelios y su objetivo es crear un sustituto a la piel animal para el mundo de la moda.



VENTAJAS

- **Es orgánico, libre de gluten y productos químicos, de superficie aterciopelada y medioambientalmente sostenible.**
- **Visualmente similar al cuero animal es un producto vegano con propiedades altamente absorbentes, antibacterianas y antisépticas. Es un tejido ligero y aislante y es apto para veganos.**
- **Rápido de producir, no requiere el sacrificio de animales, con la consecuente reducción en la emisión de gases de efecto invernadero además de menos uso de recursos alimentarios, edafológicos e hídricos.**
- **Menos contaminante que el Pleather: Cuero sintético de plástico hecho con PVC o poliuretano.**



Cuero vegano o cuero hongo Mylo. Foto: [Bolt Threads](#)

Fuente: <https://mylo-unleather.com/>

Colorantes y tintes industria textil

- **En 350 especies de hongos se han encontrado pigmentos en los carpóforos y talos. Se conocen 218 compuestos presentes en hongos y líquenes, principalmente carotenos, betaleinas y quinonas**
- **Uso antiguo de algunos hongos como colorantes textiles como *Pisolithus tinctorius* o *Picnoporus cinnabarinus* .**
- **De líquenes proceden los tintes escarlata, púrpura, azul, pardo y amarillo utilizados todavía para teñir los famosos *Harris tweeds*.**
- **El proceso de extracción y tintado consiste en:
Trocear y hervir en agua 10 minutos los carpóforos seleccionados. Posteriormente se añaden las fibras elegidas (solo valen fibras naturales) con o sin mordiente y se remueve a fuego durante 30 min. Se dejan secar a la sombra. Finalmente se evalua la solidez del color y la resistencia a la luz y al lavado.**

<https://www.thefungiiland.com/fungidatos/el-potencial-de-los-pigmentos-fungicos/>
<http://www.mushroomsforcolor.com/PetersburgMushroomDyes.htm>
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14568960/colorantes-organicos-de-hongos-y-liquenes-centro-universitario->



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- **USOS COSMÉTICOS**
- Usos ceremoniales, lúdicos
- Producción biocombustibles



USOS COSMÉTICOS

***Basidiomicetes ceriporiopsis* produce una enzima capaz de degradar la melanina. En Japón se está probando en sustitución del agua oxigenada para la aplicación de tintes.**

***Tricholoma caligatum* se usaba para elaborar perfumes orientales gracias a su característico olor.**

***Tuber melanosporum* es conocida como el Botox natural. Gracias a sus antioxidantes provoca un efecto tensor y blanqueador de manchas solares en la piel y estimula la producción de colágeno. Adecuada para pieles sensibles.**



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- **Usos ceremoniales, lúdicos**
- Producción biocombustibles



USOS CEREMONIALES, LÚDICOS Y ORNAMENTALES

Los hongos psicodélicos jugaron un papel central en las culturas paganas de todo el hemisferio norte, como la tribu Koyak de las estepas centrales rusas y los lapones de Finlandia.

En Argelia hay un mural de mas de 7000 años de antigüedad en la que se representan *Psilocibe mairei*.

Ampliamente distribuidos en Mesoamérica. En la actualidad todavía es fácil encontrar un uso ornamental en algunos grupos étnicos de México. Entre los más empleados con este fin destacan los hongos psilocibios y la *Amanita muscaria*.



Figura 3: Bajorrelieve en Fársalo, Tesalia, del siglo V A.C.



Various Mushroom Stones (approx 1 ft tall - 1000 B.C. to 500 A.D.)
Images from Plants of the Gods by Schultes & Hofmann

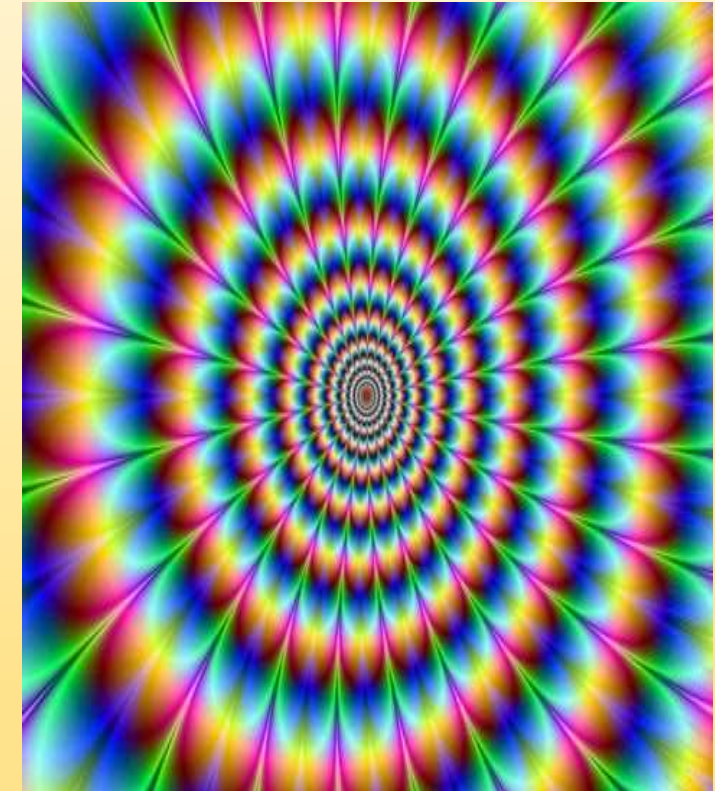
Fuente:
<http://1.bp.blogspot.com/RNpMEDzEJhw/T71jgQ7gmal/AAAAAAAAGzs/4bloJ1BC37I/s640/image039.jpg>

Científicos de México y de EEUU creen haber encontrado pruebas del uso de especies alucinógenas por los habitantes autóctonos desde hace 6000 años. Hay 13 representaciones semejantes a *Psilocybe hispanica* en la cueva Selva Pascuaza en Villar del Humo, Cuenca.



Cueva Selva Pascuaza

Fuente: www.rtve.es



Fuente: www.taringa.net

Distintos géneros psicoactivos: Panaeolus, Psilocybe, Conocybe, Inocybe, Pluteus, Amanita, Gymnopillus....



***Amanita muscaria* se piensa que fue de los primeros enteógenos descubiertos por el hombre y aparece asociado a diversidad de culturas. Posee una larga tradición de consumo en las regiones eurosiberianas con fines lúdicos.**



Fresco románico del siglo XII con Adán, Eva, la serpiente y el “Árbol del Conocimiento” de la abadía francesa de Plaincourault.



El origen de la tradición de Papa Noel

Los chamanes del norte salían en busca de los hongos y usaban un traje rojo con puntos o con bordes blancos, para honrar los colores de los hongos

John Rush explica que hasta hace unos pocos cientos de años, estos chamanes o sacerdotes recolectaban *Amanita muscaria* (el hongo sagrado), las secaban colgandolas en las ramas de los pinos o delante de la chimenea y luego las regalaban en el solsticio de invierno

Según el escritor James Arthur, «la gente trae pinos a sus casas en el solsticio de invierno, colocando paquetes de colores brillantes (rojo y blanco) bajo sus ramas, como regalos para demostrar su amor mutuo... porque, debajo de la rama de pino está el lugar exacto donde uno encontraría esta sustancia ‘más sagrada’, la *Amanita muscaria*, en la naturaleza».

Y como entraba el chaman tras su vuelta si la puerta estaba bloqueada por varios centímetros de nieve? Bueno, subía hasta el techo con su saco lleno de ofrendas y bajaba por el agujero central que funcionaba como chimenea. Luego hacía entrega de los hongos para todos los invitados.



Fuente: <https://canamo.net/noticias/mundo/santa-claus-es-una-alucinacion-del-hongo-magico-amanita-muscaria>



S. XIV-XV.

Artesanos del Renacimiento italiano utilizaban astillas y virutas de madera colonizada por *Chlorociboria aeruginascens* para formar imágenes detalladas.

S. XVIII.

Carpinteros ingleses en la ciudad de Tunbridge Wells, empezaron a utilizar pequeñas astillas de madera para formar imágenes altamente detalladas, que a menudo eran insertada en las tapas de pequeñas cajas de madera, las muy apreciadas "Tunbridge ware".



Fuente: http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/jul2008.html



LOS HONGOS COMO AMIGOS

- Fuente de alimentos
- Aplicaciones industria agroalimentarias
- Intereses agrícolas y forestales
- Fuente de antibióticos y medicamentos
- Aplicaciones industria maderera y papelera
- Micorremediación
- Ecoconstrucción
- Micotejidos
- Usos cosméticos
- Usos ceremoniales, lúdicos
- **PRODUCCIÓN BIOCOMBUSTIBLES**



La mayor parte del biodiésel que se produce en la actualidad proviene de la combustión de aceites vegetales de distinta procedencia o de los desechos de aceite que producen algunas industrias con el problema de los primeros en la necesidad de grandes extensiones de cultivo.

Por ello, se investigan nuevas materias primas que sustituyan en la producción de energía sostenible como los microorganismos oleaginosos que son aquellos que acumulan más de un 20% de lípidos. Los principales microorganismos oleaginosos son las microalgas, las bacterias, los hongos y las levaduras.

El Departamento de Tecnología Química y Energética de la Universidad Rey Juan Carlos y el Departamento de Genética y Microbiología de la Universidad de Murcia llevan desde 2012 explorando esta alternativa, lo que ha permitido desarrollar biodiésel de alta calidad realizando la transformación directa de los lípidos del hongo *Mucor circinelloides*. El biodiésel producido tiene una pureza del 99%.

Investigadores de la universidad estatal de Washington han elaborado un combustible para aviones a partir de *Aspergillus carbonarius*. Este hongo produce hidrocarburos de manera natural como mecanismo de protección frente a agresiones bacterianas.

¿¿*Gliocladium roseum* como posible productor alternativo de biodiesel en el futuro??...

El hongo, *Gliocladium roseum*, crece en el ulmo (*Eucryphia cordifolia*), un árbol nativo de la Patagonia

Los investigadores, cuyo trabajo se publicó en *Microbiology* en 2008, descubrieron que produce a partir de la celulosa un compuesto muy similar (más parecido que el producido por otros hongos y bacterias) al biodiesel convencional, en condiciones de laboratorio y baja concentración de oxígeno, que se extrae del petróleo crudo.

"Muchos hongos producen etanol, pero ninguno a la fecha produce este tipo de mezcla de hidrocarburos del diésel ni directamente de productos ricos en celulosa, saltándose el paso de la fermentación, necesario para producir etanol, afirmó Gary Strobel, profesor de ciencias vegetales y patología vegetal de la Universidad Estatal de Montana (MSU), en Estados Unidos.

Según Strobel esto es muy interesante debido a que la celulosa es la sustancia orgánica más abundante del planeta y existe principalmente como material de desecho, como paja, broza, hojas, cortezas, etc y se podría sustituir parte del consumo de grano comestible por esta celulosa para producir alcohol.



**GRACIAS POR
SU ATENCIÓN**



Ignacio Tarazona Martinez
nacho.tara@gmail.com