

Hongos *Cordyceps*

ENEMIGOS NATURALES DE INSECTOS Y
ALIADOS DE LA HUMANIDAD



Biol. Celeste Ricaño Rodríguez, estudiante del Doctorado en Micología Aplicada, Centro de Investigación en Micología Aplicada, UVMx
celeste.ricanordz@gmail.com
Dra. Rosario Medel Ortiz, investigadora del Centro de Investigación en Micología Aplicada, UVMx
romedel@uv.mx
Dr. César Espinoza Ramírez investigador del Centro de Investigación en Micología Aplicada, UVMx
cespinoza@uv.mx

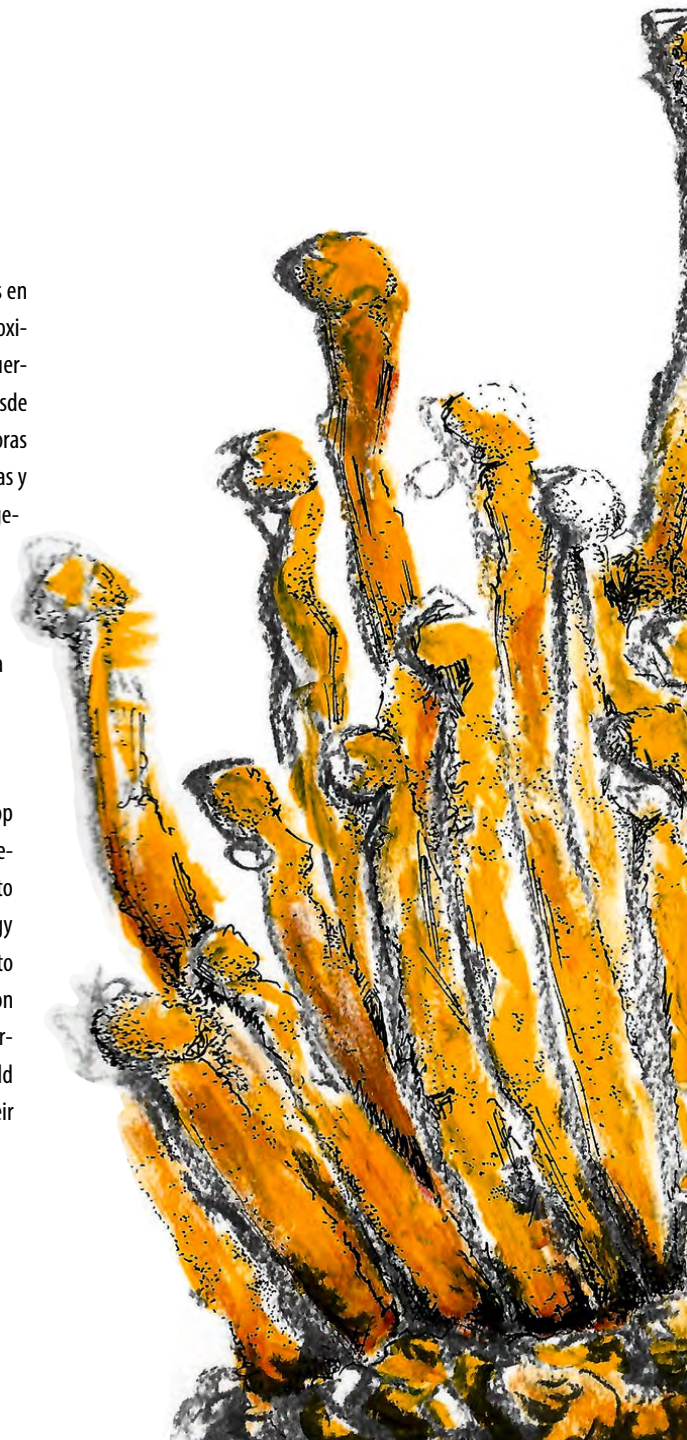
<https://doi.org/10.25009/pc.v1i2.20>

Resumen: Los hongos *Cordyceps*, conocidos como los marionetistas del reino fúngico y famosos en la cultura popular por "The Last of Us", son realmente fascinantes más allá de la ficción. Con aproximadamente 1000 especies distribuidas en los trópicos, los *Cordyceps* crean una red de vida y muerte, convirtiendo a los invertebrados en anfitriones para su ciclo de vida. Sus huéspedes varían desde larvas de mariposas hasta hormigas trabajadoras. Su estrategia es sutil y precisa, liberando esporas que se adhieren y penetran, usurpando los recursos del huésped para florecer en formas naranjas y rojizas que emergen como cuerpos fructíferos, anunciando una nueva generación de zombies vegetales. Aunque estos hongos zombies pueden parecer amenazantes, su contacto con nosotros es inofensivo y potencialmente beneficioso. Los estudios sugieren que los compuestos químicos de los *Cordyceps* podrían ser aliados inesperados para nuestra salud. La clave es descubrir sus secretos biológicos y perfeccionar su cultivo en laboratorio, abriendo caminos hacia un futuro donde la medicina y la naturaleza se unen.

Palabras clave: Hongos zombi, Autopropagación, insectos vulnerables, Cordycepina, Salud humana.

Abstract: The *Cordyceps* fungi, known as the puppeteers of the fungal kingdom and famous in pop culture due to "The Last of Us," are truly fascinating beyond fiction. With approximately 1000 species spread across the tropics, *Cordyceps* create a network of life and death, turning invertebrates into hosts for their life cycle. Their hosts range from butterfly larvae to industrious ants. Their strategy is subtle and precise, releasing spores that adhere and penetrate, usurping the host's resources to flourish in orange and reddish forms that emerge as fruiting bodies, heralding a new generation of plant zombies. While these zombie fungi may seem threatening, their contact with us is harmless and potentially beneficial. Studies suggest that the chemical compounds of *Cordyceps* could be unexpected allies for our health. The key is to uncover their biological secrets and perfect their cultivation in the laboratory, paving the way to a future where medicine and nature converge.

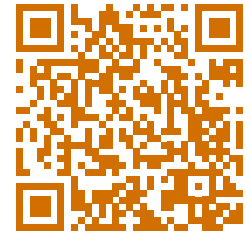
Keywords: Zombie fungi, Self-propagation, Vulnerable insects, Cordycepin, Human health.



Muchos de nosotros recordaremos seguramente el videojuego y la serie de televisión *The Last of Us*, donde el actor principal es un hongo, el *Cordyceps sp.*, que infecta a las personas y provoca un cambio en su comportamiento al transformarles en zombis. Estos, a su vez, infectan a otras personas como estrategia de propagación y supervivencia ¿Puede suceder?, sí, pero solo en insectos y no en personas. La razón principal por la que dichos hongos no pueden sobrevivir en nuestro organismo es debido a nuestra temperatura corporal de 36 °C.

Los hongos del género *Cordyceps*, comúnmente conocidos como “hongos zombis”, son parásitos de una gran variedad de invertebrados y tienen la capacidad de interactuar y convivir con plantas; algunos también son parásitos de otros hongos. **Se conocen alrededor de 1000 especies que se pueden encontrar en climas cálidos y húmedos, principalmente en las regiones tropicales de los continentes asiático y americano.** Estas especies están relacionadas con tres familias: *Clavicipitaceae*, *Cordycipitaceae* y *Ophiocordycipitaceae*. Por lo general, cada especie de hongo patógeno de insectos ataca solo a una especie de insecto huésped; pero, colectivamente, atacan a huéspedes de diferentes órdenes, siendo los lepidópteros (larvas de mariposas) y los himenópteros (especialmente las hormigas) los más comunes.

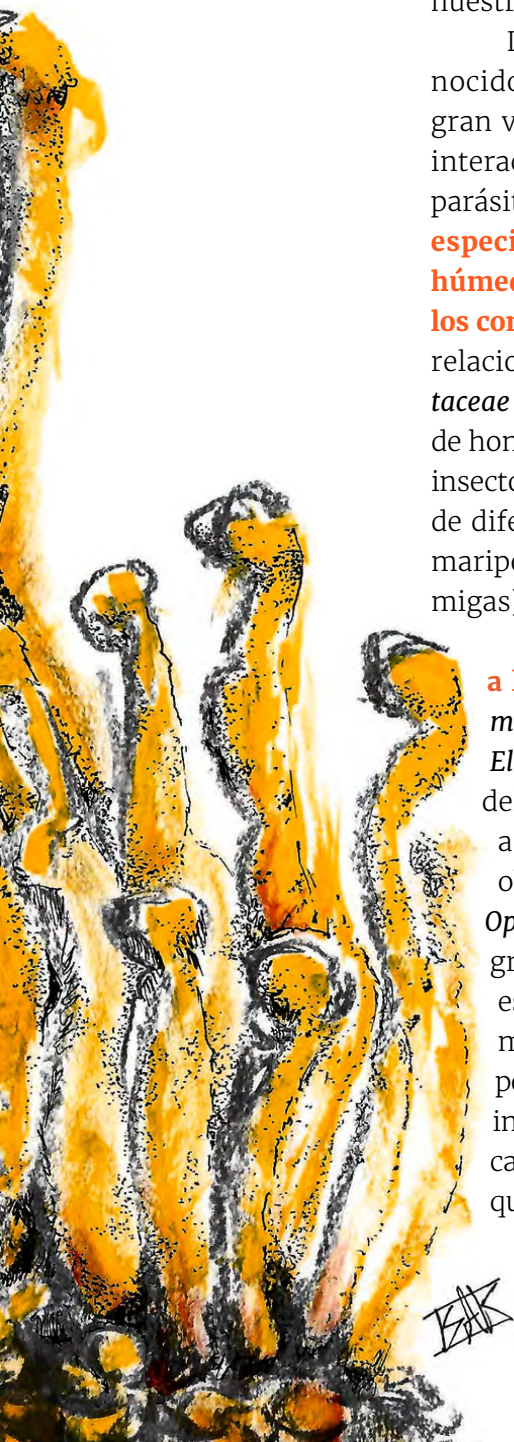
La mayoría de las especies de *Cordyceps* atacan a larvas y pupas de artrópodos, como la especie *C. militaris*. Sin embargo, existen otros géneros, como *Elaphocordyceps*, que infectan únicamente a hongos del género *Elaphomyces*, y *Metacordyceps*, que atacan a huéspedes que suelen permanecer bajo tierra. No obstante, el ejemplo más conocido y estudiado es *Ophiocordyceps*, dado que representa al género más grande de hongos patógenos de artrópodos. Algunas especies relacionadas con este son: *O. unilateralis*, común en las hormigas adultas y que normalmente se posiciona en el envés de las hojas; *O. sphecocephala*, que infecta con frecuencia a las avispas adultas y suele localizarse disperso entre la hojarasca; y *O. dipterigena*, que infecta únicamente a las moscas adultas.



Puedes ver el tráiler de la serie de televisión *The Last of Us* escaneando el código.



¿podría evolucionar hasta convertir a los humanos en zombis? Las y el autor te invitan a leer este artículo.

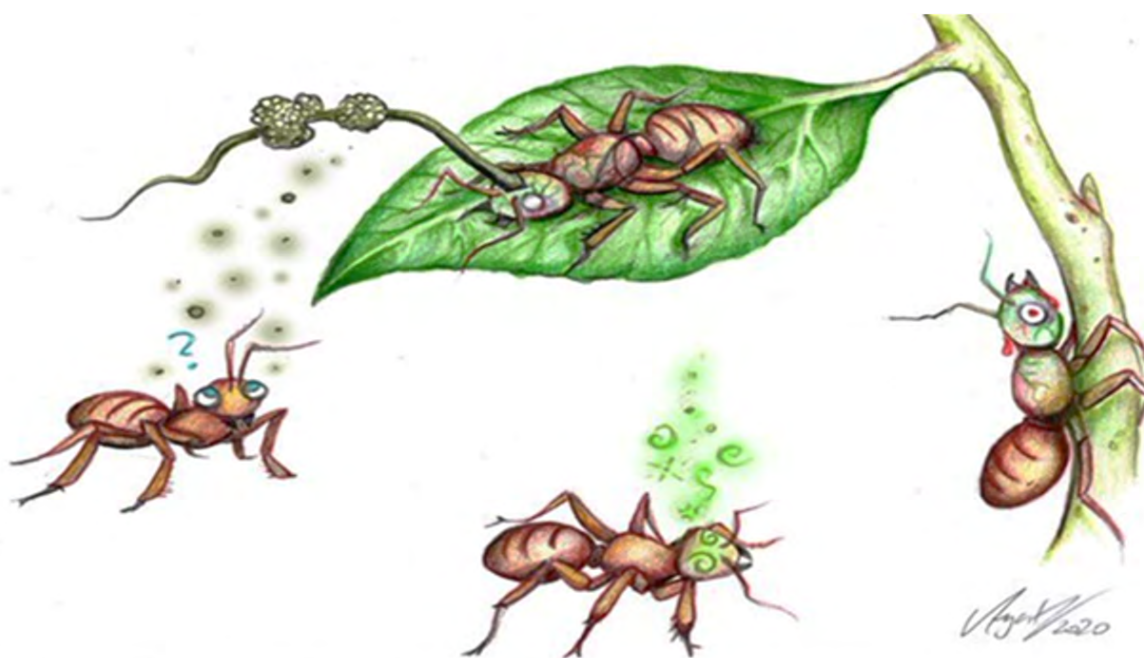


¿Cómo lleva a cabo este hongo su ciclo de vida y cómo sobrevive?

En cuanto a su ciclo de vida, este comprende varias etapas de producción de esporas, que son células infectivas capaces de desarrollarse y propagarse sin necesidad de combinarse con otra célula de distinto sexo. A este tipo de reproducción se le conoce como asexual. Los principales hongos patógenos de insectos que la cumplen son *Lecanicillium*, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Toleporcladium*, *Hirsutella* e *Isaria*. Por otro lado, los géneros *Cordyceps* y *Ophiocordyceps* producen estructuras similares a alfileres, de color naranja, llamadas cuerpos fructíferos que brotan del artrópodo una vez que este ha sido infectado (Figura 1).

El color del hongo varía de naranja a rojo o de marrón a negro, según la especie y el género. Este hongo produce una base o estípote, similar a un tallo, que le sirve como medio para esparcir las esporas, auto propagarse e infectar a otros insectos o larvas. La diseminación de esporas, con la ayuda del viento, la lluvia, los animales e incluso los propios insectos a través de sus patas o cuerpo, suele alcanzar varios metros a la redonda.

Una vez transportadas, las esporas se adhieren a la cutícula de un nuevo insecto y comienzan a secretar sustancias, como enzimas, que ayudan a romper su exoesqueleto. Mientras tanto, el hongo inicia un proceso de crecimiento, recorriendo todo el interior del cuerpo del insecto a través del torrente san-



Instagram.com/agatz89

Fancyfacts.info

Patreon.com/fancyfacts

Fig. 1. Ciclo de propagación del hongo zombi a partir de una hormiga infectada. Créditos a Agatz89, tomado de: <https://www.fancyfacts.info/2020/12/15/zombie-ant/>.

guíneo, tomando los nutrientes necesarios para su desarrollo, como calcio, carbohidratos, proteínas, lípidos, aminoácidos, entre otros. **De esta manera, inicia la invasión del hongo en el interior del insecto.** El hongo produce sustancias similares a neurotransmisores e insecticidas que paralizan la actividad muscular y el sistema nervioso central del insecto, tomando el control total del mismo.

La infección a menudo resulta en un comportamiento desorientado del insecto. Por ejemplo, en la hormiga zombi, esta desciende de su hábitat normal, los árboles, hacia una zona con más humedad y muerte, con un “agarre mortal”, una hoja en la parte inferior, para luego morir. Después de su muerte, el hongo cubre por completo al cadáver y brotan

del exoesqueleto los cuerpos fructíferos que liberan esporas, creando una "zona de infección" donde más insectos pueden infectarse.

Así inicia, nuevamente, el ciclo de vida del hongo.

¿Dónde es posible encontrar estos hongos?

La mayoría habita cerca de los arroyos, entre las hojas e incluso entre las copas de los árboles; la razón, aún es un misterio. Estudios recientes nos indican que la mayoría de estas especies muestran especificidad en su hospedero, lo que hace pensar que cada una requiere de condiciones diferentes como la temperatura, humedad, tipo de vegetación, etc. (Figura 2).



Fig. 2.: Insectos (A-C) y larvas de insectos (D-F) infectados por hongos. Fotos de: Biol. Celeste Ricaño Rodríguez.

La incógnita de conocer por qué este hongo se desarrolla de esta manera, de que otras formas se puede obtener, así como el beneficio para la salud de quienes lo han consumido durante cientos de años, en diversas regiones asiáticas, ha llevado a que las personas expertas se pregunten lo siguiente:

¿Es posible cultivar este hongo en laboratorio?

Hasta la fecha, las especies de hongos más estudiadas y cultivadas son *C. sinensis* y *C. militaris*, conocidos en China desde tiempos ancestrales y aún empleados como un elemento fundamental en la lucha contra diversos problemas de salud, debido a su asociación con múltiples efectos terapéuticos significativos. La reproducción de estos hongos en laboratorio requiere sustratos sólidos como trigo, avena y arroz, un pH ligeramente ácido (5.5), una temperatura constante de 25 °C y un periodo de incubación de 25 a 30 días. Estas y otras va-

riantes de cultivo se han demostrado eficaces para incrementar la producción de cordicepina a gran escala (Figura 3).

Gracias a estos avances, numerosas personas dedicadas a su investigación y varias empresas se han especializado en el cultivo de hongos *Cordyceps*, utilizando principalmente arroz y otros componentes, como harinas de insectos, para potenciar su crecimiento y propiedades bioactivas.

¿Cuáles son los beneficios del hongo *Cordyceps* para los seres humanos?

Durante más de 300 años, el *Cordyceps* ha tenido un impacto significativo en la medicina tradicional de países asiáticos como China, Japón, Corea y la India. Se ha observado que varias especies de *Cordyceps* producen múl-



Fig.3. Hongo *Cordyceps* producido en laboratorio bajo condiciones de cultivo artificiales.
Foto de M.C. Mahatma Gandhi Landa Cadena.

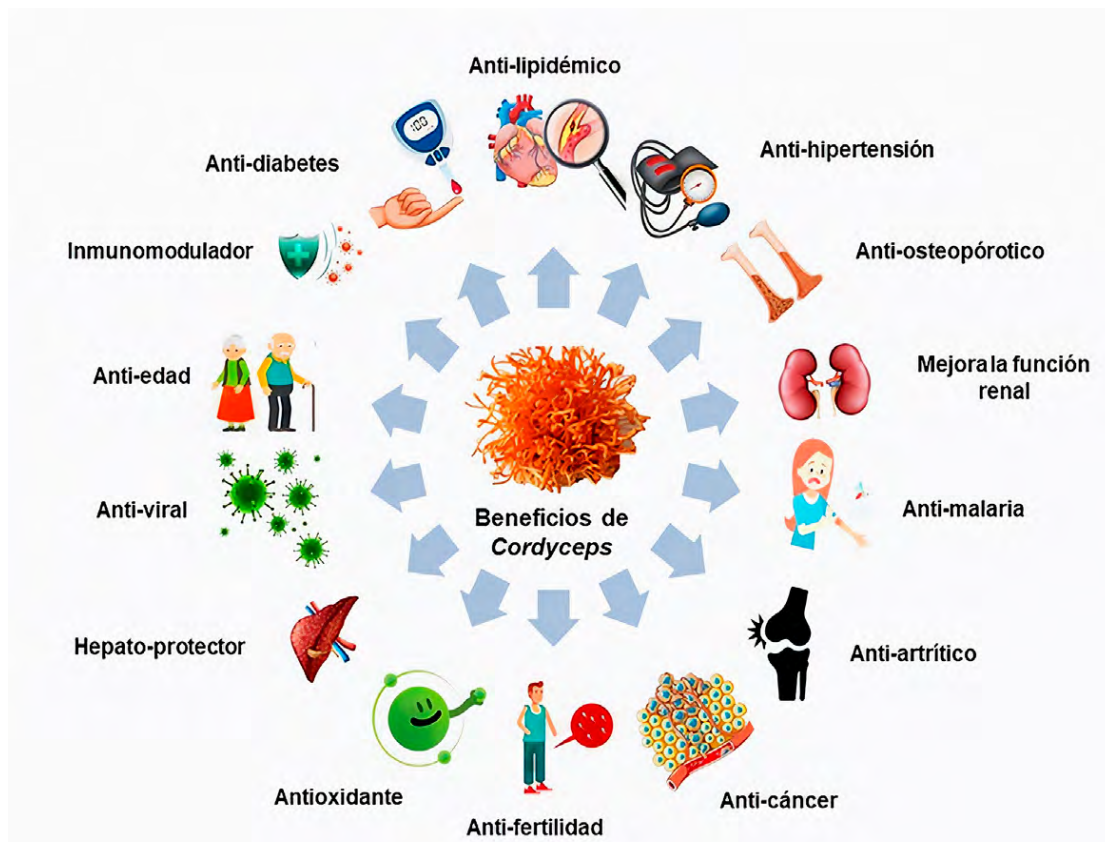


Fig. 4. Beneficios a la salud humana del hongo *Cordyceps*. Modificado de <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/12/2735>.

tiples compuestos beneficiosos para la salud humana, siendo *C. sinensis* el más destacado. Las sustancias principales de este género son la cordicepina (3'-desoxiadenosina) y la cordicinina, que se han utilizado tanto en la etnomedicina tradicional como en la moderna para ayudar en el tratamiento de enfermedades diversas, tales como la diarrea, el dolor de cabeza, el dolor muscular y algunos tipos de cáncer. Además, en Latinoamérica, según las leyendas mayas, este hongo se usaba en rituales por sus propiedades curativas y se ofrecía a los dioses en agradecimiento por los alimentos, la vivienda y otros aspectos de la vida.

La diversidad y producción de sustancias químicas de estos hongos se ha documentado científicamente, identificándose aproxima-

mente 200 compuestos que incluyen nucleósidos, esteroides, péptidos cíclicos, flavonoides, dihidrobenzofuranos, terpenos, policétidos, alcaloides, ciclodepsipéptidos, bioantracenos y fenoles, aislados de diversas especies de *Cordyceps*. Es importante destacar que la reputación de estos compuestos beneficia la salud humana gracias a sus propiedades antivirales, antioxidantes, anticancerígenas, antienvjecimiento, antimaláricas, antidiabéticas y antiosteoporóticas; además, mejoran la inmunidad natural, la función renal, reducen la hipertensión, regulan los lípidos en la sangre y protegen el hígado. También se han identificado compuestos peptídicos con efectos neuroprotectores (Figura 4).

Es crucial recordar que los hongos *Cordyceps* crecen principalmente en insectos, especialmente en hormigas. El contacto de las personas con estos hongos o con las sustancias químicas que producen, las cuales han sido objeto de estudio, no representa ningún riesgo; al contrario, pueden contribuir positivamente a la salud humana, siempre y cuando se comprendan a fondo sus propiedades biológicas. Por ello, es vital optimizar la producción de estos hongos y sus compuestos químicos en el laboratorio, lo que a su vez enriquecerá el conocimiento sobre fuentes naturales alternativas que ofrecen beneficios para la salud humana.

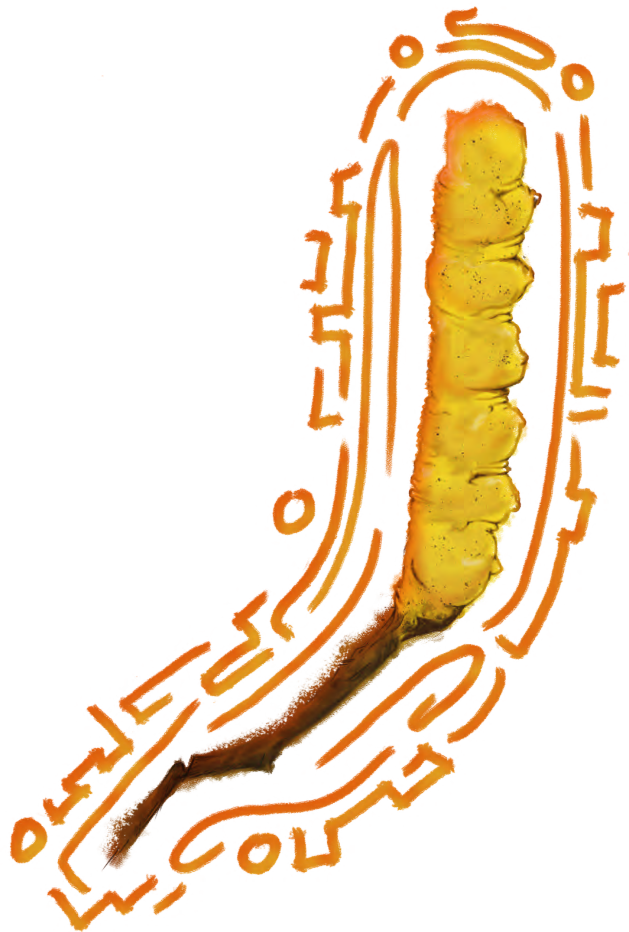


Leer más en:

Hongos de América y otros continentes. (2017, Julio 7). Género Cordyceps y Ophiocordyceps. Recuperado de <https://hongosdeamericayotroscontinentes.blogspot.com/2017/07/genero-cordyceps-y-ophiocordyceps.html>

Wei, D. P., Wanasinghe, D. N., Hyde, K. D., Mortimer, P. E., Xu, J. C., To-Anun, C., Yu, F. M., & Zha, L. S. (2020). Ophiocordyceps tianshanensis sp. nov. on ants from Tianshan mountains, PR China. Phytotaxa, 464(4), 277-292. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.464.4.2>

Cordicepina para la salud y el bienestar: un potente metabolito bioactivo de un hongo medicinal entomopatógeno Cordyceps con su potencial nutraceutico y terapeutico. (2020). Molecules, 25(12), 2735. Recuperado de <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/12/2735>



Las y el autor te invitan a leer este artículo de la Ciencia y el Hombre (ahora La Ciencia).



*¿Qué es el Cordyceps...?
Las y el autor te invitan a leer este artículo.*



Las hormigas zombis ¿existen! Las y el autor te invitan a leer este artículo.