CÓMO PREVENIR LA PROPAGACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA NARIZ BLANCA EN LOS MURCIÉLAGOS
GUÍA PARA UNA ESPELEOLOGÍA RESPONSABLE EN EUROPA Y ASIA

Autores: Violeta Zhelyazkova, Jure Tičar, Stanimira Deleva, Nia Toshkova, Sebastian Puechmaille

Traductora: Yana Mladenova

¿Qué es la enfermedad de la nariz blanca?

La enfermedad de la nariz blanca (ENB, anteriormente conocida como síndrome de la nariz blanca) es la enfermedad más mortal conocida entre las especies de murciélagos hibernantes, causada por el hongo de la nariz blanca. Hasta el momento, la ENB ha causado varios millones de muertes, y las colonias de las especies más afectadas en Norteamérica han disminuido en más del 90%. Dado que los murciélagos pueden controlar las poblaciones de insectos nocivos, su disminución tiene un impacto grave en los ecosistemas agrícolas y silvestres, así como en la salud humana. Además, estos mamíferos voladores son una especie "paraguas" en los ecosistemas de cuevas, ya que contribuyen a los ciclos nutricionales y ayudan a mantener la biodiversidad, e incluso algunas formaciones espeleológicas. Por lo tanto, la conservación de los murciélagos suele implicar la conservación de cuevas enteras y de todos sus habitantes.

¿Cómo reconocer la ENB?

La ENB afecta únicamente a los murciélagos durante la hibernación, cuando la temperatura corporal es baja, y no puede afectar a humanos ni a otros animales. Se manifiesta como un crecimiento fúngico blanco, similar al algodón, en las orejas, el hocico o las alas de los murciélagos, normalmente a finales del invierno (Figura 1). Fuera de Norteamérica no se conocen hongos que presenten una apariencia similar a simple vista, por lo que la observación visual de murciélagos vivos suele ser suficiente para diagnosticar la ENB. Generalmente, cuanto más abundante sea el crecimiento fúngico, más grave es la infección. La ENB no debe confundirse con el crecimiento de hongos saprófitos, que se alimentan de materia orgánica muerta y cubren todo el cuerpo de murciélagos muertos u otros animales, así como diversos restos orgánicos en las cuevas (Figura 2).



Figura 1: Murciélago ratonero grande/orejudo (Myotis myotis/blythii) infectado con el hongo de la nariz blanca (*Pd*) en Balabanova Dupka, Bulgaria occidental. Los murciélagos de este género son los hospedadores más frecuentes, aunque otros géneros también pueden verse afectados. Foto: Ivaylo Borisov.



Figura 2: Murciélago muerto cubierto con hongo saprófito. Foto: Niya Toshkova.

¿Qué causa la ENB?

La ENB está causada por el hongo cavernícola y psicrófilo *Pseudogymnoascus destructans*, llamado también *Pd* o hongo de la nariz blanca (Figura 3). En realidad, se trata de un complejo de dos especies, pero dado que hemos descubierto la segunda recientemente, aún no tiene nombre científico propio y utilizamos las denominaciones *Pd1* y *Pd2*. Ambas especies se encuentran en Europa y Asia, pero no provocan mortalidad masiva entre los murciélagos. Esto se debe a que el hongo ha estado presente en estos continentes durante miles de años, lo que ha permitido que los murciélagos se adapten evolutivamente a la infección. Por el contrario, *Pd1* fue introducido en Norteamérica relativamente hace poco (hace unos 20–30 años), donde se encontró con especies locales sin experiencia evolutiva previa con este patógeno. Este fenómeno, en el que los patógenos entran en nuevas regiones donde no existían previamente y causan epidemias, se denomina "contaminación patógena" (*pathogen pollution*) y a menudo es provocado por la actividad humana.

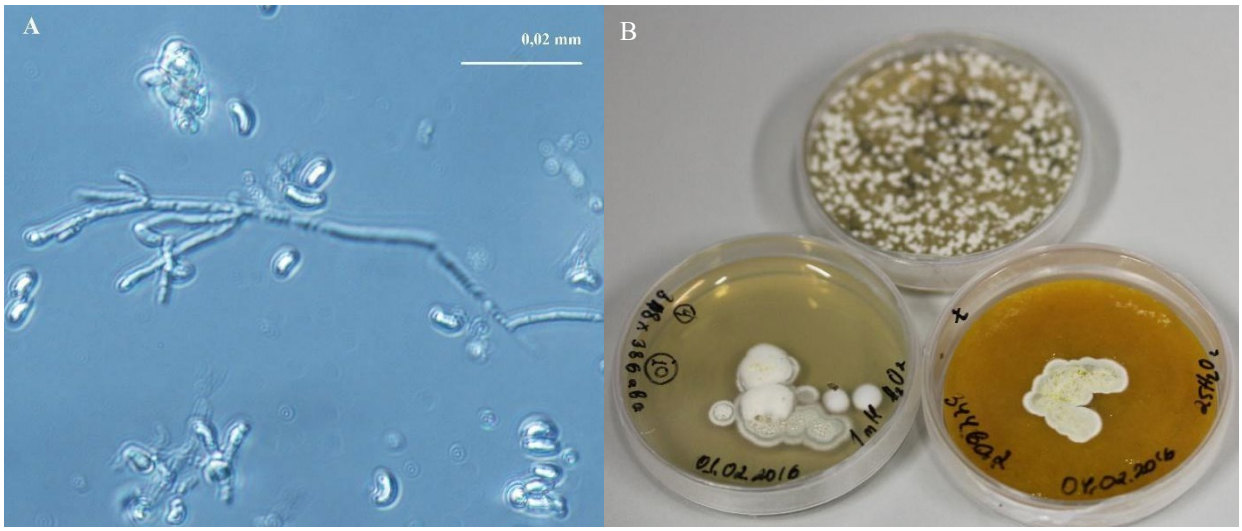


Figura 3: A) *Pd* al microscopio óptico. Las estructuras similares a plátanos son las esporas utilizadas para su reproducción asexual. Foto: Blagoy Uzunov. B) *Pd* en placas con medio de cultivo. Foto: Violeta Zhelyazkova.

¿Por qué es importante el comportamiento de los espeleólogos?

Las esporas de *Pd*, invisibles a simple vista (miden aproximadamente 1/140 de milímetro), abundan en el sustrato de cuevas (por ejemplo, barro del suelo o paredes), junto con cientos de

otros microorganismos. Todos ellos pueden adherirse fácilmente al equipo espeleológico, como demuestran nuestros experimentos, en los que aislamos esporas vivas de *Pd* de monos de espeleología usados en cuevas. También hemos demostrado que *Pd* puede sobrevivir en el mismo equipo al menos 25 días a temperatura ambiente. Todo esto significa que los espeleólogos pueden transportar involuntariamente *Pd1* o *Pd2* de una cueva a otra. Según nuestros datos genéticos, esto fue exactamente lo que ocurrió con *Pd1*, que fue transportado inadvertidamente desde Podilia, en Ucrania occidental (hogar de las cuevas de yeso más largas del mundo; Figura 4), hasta una cueva en el estado de Nueva York, EE. UU.
Por otra parte, aunque algunas especies de murciélagos migran largas distancias, diversos estudios demuestran que no son portadores eficaces de *Pd* lejos de sus refugios.



Figura 4: Las cuevas de Podilia son conocidas no solo por su enorme tamaño, sino también por sus bellas formaciones de yeso, que atraen a numerosos visitantes internacionales. Foto: Viktor Lyagushkin.

¿Cuál es la solución?

Afortunadamente, una buena planificación de expediciones y una higiene adecuada pueden reducir significativamente la probabilidad de propagar *Pd*. A continuación ofrecemos recomendaciones concretas para espeleólogos en Europa y Asia, según la distancia entre cuevas visitadas consecutivamente.

● Distancias menores de 100 km o expediciones dentro de la misma zona espeleológica – riesgo conservacionista bajo

A estas distancias, los murciélagos también pueden transportar *Pd*. Por ello, eliminar el barro del equipo con agua y un cepillo —como es costumbre— es una medida higiénica suficiente (Figura 5). Esta limpieza no eliminará todas las esporas, pero reducirá su cantidad a niveles comparables a los naturales.



Figura 5: La mayoría de los espeleólogos en Europa y Asia lavan su equipo en el río, una práctica adecuada dentro de una misma zona espeleológica. Foto: Milena Nenova.

● Distancias entre 100 y 1000 km o viajes entre diferentes zonas dentro del mismo continente – riesgo moderado

A estas distancias, los humanos son vectores más eficaces que los murciélagos. Aunque *Pd1* y *Pd2* están presentes en toda Europa y gran parte de Asia, mezclar diferentes cepas podría generar variantes más peligrosas del patógeno, como ocurrió con el hongo quítrido que ha causado mortalidad masiva en anfibios. Por ello, recomendamos limpiar cuidadosamente el equipo a mano o lavarlo en lavadora tras retirar el barro, preferiblemente con detergente (Figura 6). Nuestros experimentos muestran que:

- cepillado con agua elimina ~95% de las esporas de *Pd* en cordura, lavado en lavadora elimina >99,5%;
- en cuerdas estáticas, el cepillado elimina ~85%, el lavado con detergente especializado elimina hasta ~98%.

Si visitan otro club espeleológico en una zona distinta, especialmente en otro país, es mejor usar su equipo compartido.



Figura 6: El lavado en lavadora es seguro para el equipo espeleológico. Foto: Petar Velkov.

● Distancias superiores a 1000 km dentro del mismo continente – riesgo alto

A estas distancias, los riesgos asociados al intercambio genético entre cepas de *Pd* son significativos. Es necesario eliminar o destruir todas las esporas.

La práctica más eficaz comprobada es: **lavado a más de 55 °C durante más de 5 minutos** (mata *Pd*).

El equipo no lavable —cámaras, etc.— puede desinfectarse con alcohol, después de retirar bien el barro.
El equipo que no pueda lavarse ni desinfectarse (p. ej., cuerdas) debe dejarse en casa y sustituirse por equipo local (Figura 7).

Al finalizar la expedición, guarde todo el equipo en bolsas limpias para evitar contaminar el material limpio o el vehículo. También es recomendable limpiar el coche.

Protocolos más detallados y listas actualizadas de desinfectantes están disponibles en: https://www.whitenosesyndrome.org/static-page/decontamination-information



Figura 7: Los espeleólogos ya están acostumbrados a compartir equipo dentro de su club; extender esta práctica a nivel internacional no debería ser difícil. Foto: Scott Trescott.

● Viajes intercontinentales – riesgo muy alto

Transportar *Pd1* o *Pd2* a nuevas regiones puede desencadenar nuevas epidemias mortales imposibles de detener posteriormente.
Por ello:

- todo el equipo transportado entre continentes debe estar **100% desinfectado**;
- la ropa y el calzado deben estar completamente limpios;
- no debe transportarse nada que pueda contener restos de sustrato de cueva.

● Medidas adoptadas en otros continentes

En Norteamérica es necesario seguir las recomendaciones locales:
https://www.whitenosesyndrome.org/static-page/decontamination-information

A diferencia de esta guía, allí las recomendaciones se basan en la presencia o ausencia de *Pd*, no en la distancia. En zonas con alta mortalidad de murciélagos por ENB, **cada visita a una cueva se considera de alto riesgo**, y el equipo se desinfecta tras cada entrada.
Transportar equipo desde zonas más contaminadas hacia zonas menos contaminadas conlleva un riesgo especialmente alto y debe evitarse. Un mapa actualizado regularmente de dichas áreas puede encontrarse en el sitio web mencionado anteriormente, así como una lista de los desinfectantes locales probados contra *Pd*. La mejor práctica de higiene sigue siendo lavar a temperaturas superiores a 55 °C durante más de 5 minutos. Algunas personas, principalmente investigadores, también utilizan monos de espeleología desechables, pero estos rara vez son prácticos para la espeleología exploratoria (Figura 8). **No lleve equipo de espeleología dentro y fuera del continente.**

Australia y Sudamérica aún no tienen presencia de *Pd*, pero se prevé que la ENB pueda causar mortalidad debido a las condiciones favorables de muchas cuevas y la falta de adaptación de especies locales. Por ello, **no debe trasladarse equipo espeleológico entre continentes**.
Dentro de un mismo continente pueden seguirse las reglas de higiene basadas en la distancia.

Más información: https://wildlifehealthaustralia.com.au



Figura 8: Los trajes desechables pueden proteger completamente a investigadores y murciélagos de diversos microbios, pero no son adecuados para expediciones espeleológicas serias. Foto: Boris Petrov.

¿Qué más podemos hacer?

Estas recomendaciones se basan en los mejores datos científicos disponibles, pero siempre hay margen de mejora. No duden en compartir ideas para limpiar equipo espeleológico que sean eficaces y respetuosas con el medio ambiente. Tras visitar una cueva con gran cantidad de *Pd*, o antes de entrar en una cueva recién descubierta, sin entrada natural o especialmente sensible, puede ser razonable aplicar medidas más estrictas. Infórmense sobre la legislación local y las restricciones de acceso. Eviten visitar cuevas con grandes colonias de murciélagos durante su época de reproducción o hibernación.

Por último: los biólogos que estudian murciélagos son pocos, pero los espeleólogos son muchos —y sus observaciones son invaluables. Pueden contactar a expertos locales o a nuestro equipo e informar sobre el número de murciélagos y cualquier signo de enfermedad o mortalidad inusual. Incluyan el nombre y ubicación exacta de la cueva, fecha, número de murciélagos vivos y

muertos, fotos y cualquier signo de ENB, comportamiento extraño o actividad humana reciente. Añadan un contacto para seguimiento.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los espeleólogos que contribuyeron a estas recomendaciones con sus consejos o completando nuestra encuesta sobre hábitos de higiene en la comunidad espeleológica.

Literatura

Cheng TL, Reichard JD, Coleman JTH, Weller TJ, Thogmartin WE, Reichert BE, Bennett AB, Broders HG, Campbell J, Etchison K, Feller DJ, Geboy R, Hemberger T, Herzog C, Hicks AC, Houghton S, Humber J, Kath JA, King RA, Loeb SC, Massé A, Morris KM, Niederriter H, Nordquist G, Perry RW, Reynolds RJ, Sasse DB, Scafini MR, Stark RC, Stihler CW, Thomas SC, Turner GG, Webb S, Westrich BJ, Frick WF (2021) The scope and severity of white-nose syndrome on hibernating bats in North America. Conservation Biology 35: 1586–1597. https://doi.org/10.1111/cobi.13739

Fischer NM, Dumville I, Nabholz B, Zhelyazkova V, Stecker RM, Blomberg AS, Dool SE, Fritze M, Tilak MK, Bashta AT, Chenal C, Fiston-Lavier AS, Puechmaille SJ (2025) Two distinct host-specialized fungal species cause white-nose disease in bats. Nature. https://doi.org/10.1038/s41586-025-09060-5

Fritze M, Puechmaille SJ, Fickel J, Czirják GA, Voigt CC (2021) A Rapid, in-Situ Minimally-Invasive Technique to Assess Infections with Pseudogymnoascus destructans in Bats. Acta Chiropterologica 23: 259–270. https://doi.org/10.3161/15081109ACC2021.23.1.022

Gargas A, Trest MT, Christensen M, Volk TJ, Blehert DS (2009) Geomyces destructans sp. nov. associated with bat white-nose syndrome. Mycotaxon 108: 147–154. https://doi.org/10.5248/108.147

Leopardi S, Blake D, Puechmaille SJ (2015) White-nose syndrome fungus introduced from Europe to North America. Current Biology 25: R217–R219. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.01.047

Lorch JM, Meteyer CU, Behr MJ, Boyles JG, Cryan PM, Hicks AC, Ballmann AE, Coleman JTH, Redell DN, Reeder DM, Blehert DS (2011) destructans causes white-nose syndrome. Nature 480: 376–378. https://doi.org/10.1038/nature10590

Puechmaille SJ, Wibbelt G, Korn V, Fuller H, Forget F, Mühldorfer K, Kurth A, Bogdanowicz W, Borel C, Bosch T, Cherezy T, Drebet M, Görföl T, Haarsma AJ, Herhaus F, Hallart G, Hammer M, Jungmann C, Le Bris Y, Lutsar L, Masing M, Mulkens B, Passior K, Starrach M, Wojtaszewski A, Zöphel U, Teeling EC (2011) Pan-European distribution of white-nose syndrome fungus (Geomyces destructans) not associated with mass mortality. PLoS ONE 6. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019167

Zhelyazkova V, Hubancheva A, Radoslavov G, Toshkova N, Puechmaille SJ (2020) Did you wash your

caving suit? Cavers' role in the potential spread of pseudogymnoascus destructans, the causative agent of white-nose disease. International Journal of Speleology 49: 145–155. https://doi.org/10.5038/1827-806X.49.2.2326

Zhelyazkova V, Tičar J, Deleva S, Ivanov A, Toshkova N, Puechmaille S (2025) Cavers' knowledge of biosecurity and its influence on the prevention of white-nose disease. Subterranean Biology 52: 45–68. https://doi.org/10.3897/subtbiol.52.140425

Zukal J, Bandouchova H, Brichta J, Cmokova A, Jaron KS, Kolarik M, Kovacova V, Kubátová A, Nováková A, Orlov O, Pikula J, Presetnik P, Šuba J, Zahradníková Jr. A, Martínková N (2016) White-nose syndrome without borders: Pseudogymnoascus destructans infection tolerated in Europe and Palearctic Asia but not in North America. Scientific Reports 6: 19829. https://doi.org/10.1038/srep19829