



Casa abierta al tiempo

Informe de conclusión de servicio social

Carrera: Biología

Influencia de *P. destructans* como factor de riesgo ecológico en murciélagos de la familia Phyllostomidae.

Alumno: Hersain de Jesus Muñoz Belmont

Matricula: 2113024876

Texcoco, Estado de Mexico, 2023

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'JCSM', is located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and somewhat abstract.

Introducción:

Los murciélagos frugívoros se alimentan de un amplio espectro de especies vegetales (Fleming, 1988; Medellín y Gaona, 1999), defecando las semillas ingeridas en las primeras horas de la noche durante sus vuelos, a lo que se le llama dispersión o “lluvia de semillas”. Las últimas que consumen son defecadas dentro de sus sitios de descanso. Los beneficios que los murciélagos brindan a algunas plantas al dispersarlas incluyen: transporte a largas distancias, mayor proporción de flujo genético, menor competencia entre la planta progenitora y el nuevo individuo, disminución de la mortalidad por depredadores, hongos o artrópodos (en la ingesta se remueve la pulpa, lo cual reduce la mortalidad de éstas por infestación de hongos), y la propagación a diversos hábitats (Dirzo y Domínguez, 1986).

Las semillas trasladadas por quirópteros son usualmente la fuente más importante en la colonización temprana de hábitats perturbados (Swaine y Hall, 1983; Uhl y Clark, 1983; Loba et al., 2003), por lo que los murciélagos frugívoros contribuyen a la introducción de plantas pioneras en sitios abiertos, participando en la regeneración vegetal o sucesión secundaria (Fleming, 1981; Charles–Dominique, 1986; Fleming, 1988; Young et al., 1996; Galindo–González et al., 2000). En términos generales, la sucesión es un proceso continuo que parte de una etapa inicial en la que los factores más importantes son la colonización del sitio por medio de la presencia de semillas viables en el suelo o por dispersión de semillas (Guariguata y Ostertag, 2002).

Este mecanismo se encuentra en riesgo debido a que la presencia de *P. destructans* ocasiona una disminución en la población de murciélagos de varias especies, lo cual a su vez reduce la cantidad de semillas que se dispersan.

Planteamiento del problema y justificación:

Una enfermedad emergente se define como una enfermedad provocada por un agente infeccioso recientemente identificado, capaz de causar problemas de salud pública a nivel local, regional o mundial (Oromí Durich, 2000). A través de la historia moderna de la medicina los hongos no han sido considerados como posibles agentes causales de enfermedades infecciosas emergentes, ya que su capacidad de dispersión es limitada (Fisher et al., 2012).

Existen diversos ejemplos de enfermedades emergentes provocadas por patógenos fúngicos, como la coccidiosis en América del Sur (Fisher et al., 2001), el tizón tardío de la patata en Irlanda, y diversas enfermedades fúngicas en animales en vida silvestre (Fisher et al., 2012). Entre los grupos de animales en vida silvestre afectados por enfermedades fúngicas emergentes se encuentran algunas especies de murciélagos y serpientes que habitan en Norte América (Gargas et al., 2009; Lorch et al., 2016; Zhang et al., 2014).

México, al ser un país mega diverso y tener una elevada diversidad de murciélagos (137 especies), es especialmente susceptible a la influencia de *P. destructans*.

Objetivo general:

Identificar bibliográficamente los posibles riesgos que genera *Pseudogymnoascus destructans* en las poblaciones de *Phyllostomidae* en México

Objetivos específicos:

Relacionar la información de los patrones migratorios de Phyllostomidae y la posibilidad de contagio de *P. destructans*.

Determinar los factores de riesgo ecológico causados por *P. destructans* y la familia Phyllostomidae.

Marco teórico:

Cambios en los paradigmas relacionados con los microorganismos

El entendimiento del rol de los microorganismos en la biología de sus hospederos ha sufrido un cambio de paradigma en los últimos años, ya que estos han pasado de ser considerados como agentes causales de enfermedades a ser considerados como un componente vital para la sobrevivencia de sus hospederos. El cambio en la percepción del rol de los microorganismos ha llevado a la creación de términos como: holobionte, hologenoma y microbioma (Bordenstein and Theis, 2015); este último hace referencia a las comunidades de microorganismos simbiotes que coexisten con un hospedero y que participan en diversos procesos relacionados con la obtención de nutrientes o la defensa contra patógenos (Hird, 2017).

El término microbioma, fue formalmente propuesto por Joshua Lederberg en 2001, para referirse a “las comunidades biológicas de microorganismos simbiotes que ocupan un espacio físico sobre el cuerpo de un hospedero” (Peterson et al., 2009). Sin embargo, este término fue propuesto de manera informal en 1986 por Hegstrand & Hine, cuando analizaron el efecto de los microorganismos sobre los niveles de histamina en el hipotálamo de ratones libres de microorganismos, comprobaron que los niveles de esta molécula eran mayores en ratones convencionales en comparación con los ratones libres de microorganismos (Hegstrand and Hine, 1986; Prescott, 2017).

Por lo general se conoce muy poco sobre la función biológica y la composición taxonómica de las comunidades de hongos en el microbioma de animales. Sin embargo, estudios realizados en humanos y animales domésticos sugieren que los hongos pueden influir en la salud de sus hospederos (Meason-Smith et al., 2015).

Los estudios que se han realizado sobre el microbioma de animales no humanos, se han llevado a cabo analizando ejemplares que por lo general se encuentran en cautiverio ya sea en zoológicos o en granjas para producción comercial, enfocándose mayoritariamente en la porción bacteriana del microbioma (Peterson et al., 2009; Yildirim et al., 2010; Meason-Smith et al., 2015; Xue et al., 2015; Ackerman y Underhill, 2017; Han et al., 2018; He et al., 2018;).

Un ejemplo de esto es la especialización observada en el tipo de alimentación de los murciélagos de la familia *Phyllostomidae*, que presenta diversas estrategias de alimentación existiendo especies insectívoras, frugívoras, nectívoras, carnívoras y sanguívoras. Se ha demostrado que de acuerdo a la estrategia alimenticia el microbioma intestinal de estas especies es distintivo tanto taxonómicamente como funcionalmente (Carrillo-Araujo et al., 2015).

Existe una respuesta diferencial de vulnerabilidad de las especies murciélagos de distintos gremios tróficos a los disturbios en el hábitat (Meyer & Kalko 2008; Meyer et al. 2008). Así, especies generalistas, como los murciélagos frugívoros de dosel (*Artibeus* spp.) y sotobosque (*Carollia* spp. y *Sturnira* spp.) son menos susceptibles a cambios en la

estructura del paisaje, debido en gran medida a su capacidad de explotar recursos alimenticios tanto en bosques continuos como en ambientes perturbados (Laurance 1991; Cosson et al. 1999, Medellín et al. 2000; Estrada & Coates-Estrada 2002; Evelyn & Stilles 2003; Willig et al. 2007; Loayza & Loiselle, 2008; Klingbeil & Willig 2009), mientras que murciélagos carnívoros y algunos nectarívoros con poca movilidad prefieren forrajear dentro de bosques continuos (Fenton et al. 1992; Medellín et al. 2000; Meyer et al. 2008a; Meyer & Kalko 2008; Klingbeil & Willig 2009).

Por otra parte, el estudio de los microbiomas y su rol en la protección contra patógenos ha cobrado gran importancia debido a la aparición de enfermedades emergentes que han provocado declives poblacionales en las últimas décadas en grupos de animales de vida silvestre como: anfibios, murciélagos, serpientes, corales y tortugas, (Fisher et al., 2012; Hill et al., 2017; Kilpatrick et al., 2010; Lemieux-Labonté et al., 2017; Lorch et al., 2016; Zhang et al., 2014).

La familia Phyllostomidae y su importancia ecológica en México

Los murciélagos representan un elemento de gran importancia de la biodiversidad de mamíferos en la zona Neotropical (Kalko 1998) y es un grupo que se encuentra amenazado por la fragmentación y destrucción de los bosques tropicales (Racey & Entwistle 2003; Meyer & Kalko 2008). De los murciélagos que se distribuyen en la zona Neotropical, la familia Phyllostomidae constituye el grupo más diverso en número de especies y en abundancia (Timm 1994; Estrada & Coates-Estrada 2002; Meyer & Kalko 2008) y posee una alta diversificación trófica, que les confiere un valioso papel en los ecosistemas como polinizadores y dispersores de semillas, lo que ayuda a mantener la diversidad de plantas, promover la sucesión secundaria y la regeneración de los bosques (Kalko 1998; Patterson et al. 2003). Los murciélagos filostómidos conforman un taxón ideal para probar los efectos de la fragmentación, ya que poseen una alta riqueza de especies, alta diversificación ecológica, variadas adaptaciones tróficas, y una considerable movilidad que les permite cubrir extensas zonas de paisajes fragmentados (Meyer & Kalko 2008).

Primeros casos de *P. destructans* en América.

En los últimos años, una de las micosis que más ha llamado la atención, tanto a nivel científico como en los medios de comunicación, se denomina síndrome de la nariz blanca (SNB). Este nombre hace mención al crecimiento fúngico blanquecino que presentan en el hocico los murciélagos afectados cuando están hibernando. Está causada por la infección de *P. destructans* (Ascomycota, Pseudeurotiaceae) y desde el 2006, año en que fue detectada por primera vez en el estado de Nueva York, esta epidemia fúngica está diezmando la población de determinadas especies de murciélagos insectívoros de gran valor ecológico, en distintas zonas de Norteamérica. (Bleher, 2012)

La primera evidencia que sugiere la presencia del SBN en América del Norte es una fotografía de murciélagos hibernando con una sustancia blanca inusual en sus hocicos tomada en febrero de 2006, en una cueva en el centro este de Nueva York. Desde entonces, el SNB se ha extendido a 19 estados de EE. UU. y cuatro provincias canadienses. y se estima que ha matado a más de 5 millones de murciélagos insectívoros

Los biólogos observaron por primera vez una mortalidad inusual y otros signos clínicos que sugerían el SNB en marzo de 2007, en cinco sitios subterráneos de hibernación de murciélagos (hibernácula) cerca de Albany, Nueva York. En enero de 2008 se inició una investigación multiinstitucional de la enfermedad. La presentación clínica macroscópica

del SNB, una sustancia blanca en el hocico, las orejas y las alas de los murciélagos, sugirió una causa fúngica. Se hizo un hallazgo clave cuando la microscopía reveló que los murciélagos fueron colonizados por un hongo con conidios únicos en forma de curva. Paralelamente, muestras de piel de murciélagos infectados cultivadas a 7°C, una temperatura consistente con la temperatura corporal de los murciélagos en hibernación, arrojaron aislamientos consistentes de este mismo hongo. una especie previamente desconocida que posteriormente se denominó *P. destructans*.

P. destructans en el resto del mundo

En otras partes del mundo, como por ejemplo en Europa, se ha detectado también esta enfermedad, pero sin asociarse a esta inusual mortalidad. Parece ser que los animales en estas localizaciones han ido adquiriendo una inmunidad o tolerancia a este patógeno, que no posee la población de murciélagos americana, y que por lo tanto se encuentra desprotegida (Drees, 2012).

El agente causal es un hongo tolerante al frío, incapaz de crecer a temperaturas superiores a los 20°C y próximo a especies saprófitas del género *Geomyces* que se aíslan comúnmente de suelos. Por este motivo, los animales son vulnerables cuando su temperatura corporal se reduce drásticamente durante los periodos de hibernación. En estas condiciones, esta especie se convierte en un patógeno agresivo, infectando inicialmente las capas más externas de la piel y llegando a invadir la dermis. De especial gravedad en estos casos es la afectación de las alas, ya que presentan un papel importante en el mantenimiento de la homeostasis en estos animales. Esta infección también les provoca frecuentes interrupciones en su letargo, que ocasionan la pérdida de las reservas de energía y les llega a producir la muerte (Drees, 2012).

Por el momento no se conoce el origen exacto de esta epizootia en Norteamérica. No obstante recientes estudios filogenéticos realizados con cepas de *P. destructans* de distintas zonas del mundo parecen indicar que las cepas aisladas en América puedan derivar de cepas europeas. En estos estudios, las cepas americanas forman un clado único, cercano a cepas europeas, y más alejado de cepas aisladas en Asia. Además, las cepas incluidas en este clado presentan poca variabilidad genética, lo cual hace suponer que son de reciente introducción en el continente americano. Estos hechos apoyarían la hipótesis del origen europeo del patógeno que está causando actualmente esta epizootia en Norteamérica (Drees, 2012).

Método:

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre *P. destructans*, así como de los hábitos alimenticios de distintos murciélagos que podrían ser afectados por este hongo y se realizó un análisis bibliográfico para determinar los posibles riesgos que este conlleva. Uso de buscadores tales como: Google scholar, latindex, scielo, etc.
Descriptores: Murciélagos, Hongos, *P. destructans*, Ecología, Polinizadores, Medio ambiente, Phyllostomidae.

Resultados y Discusión:

A continuación se muestra la distribución de *P. destructans* en el norte de USA, así como la distribución de varias especies de murciélagos de la región norte del continente, así como algunas especies con distribución en el norte de México.

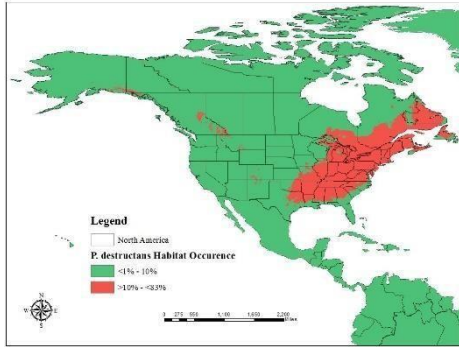


Figura 1:
Área de incidencia de *P. destructans* en el este de Estados Unidos (wikiwand.com).

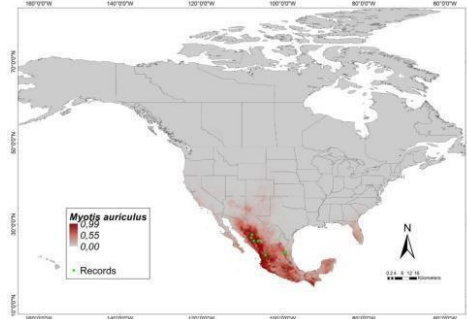


Figura 2:
Distribución de *M. auriculus* (wikiwand.com).

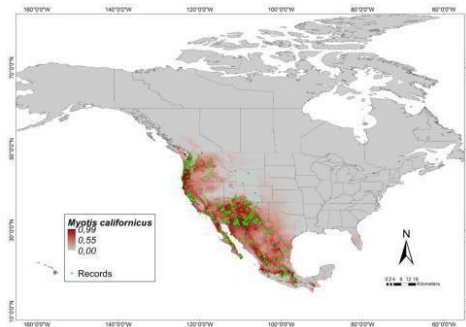


Figura 3:
Distribución de *M. californicus* (wikiwand.com).

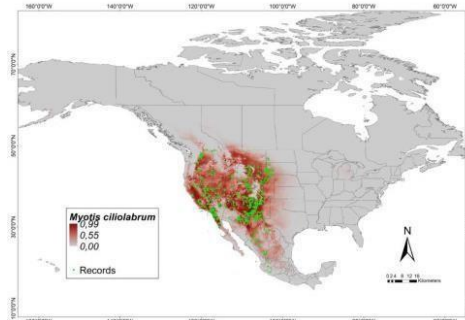


Figura 4:
Distribución de *M. ciliolabrum* (wikiwand.com).

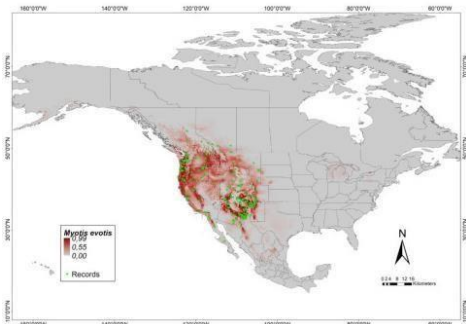


Figura 5:
Distribución de *M. evotis* (wikiwand.com).

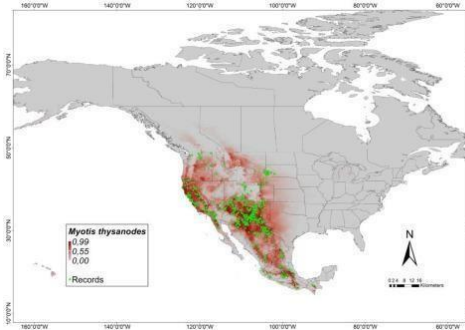


Figura 6:
Distribución de *M. thysanodes* (wikiwand.com).

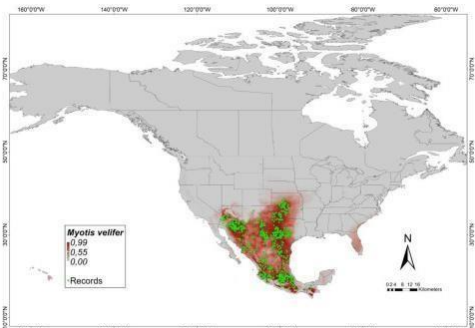


Figura 7:
Distribución de *M. velifer* (wikiwand.com).

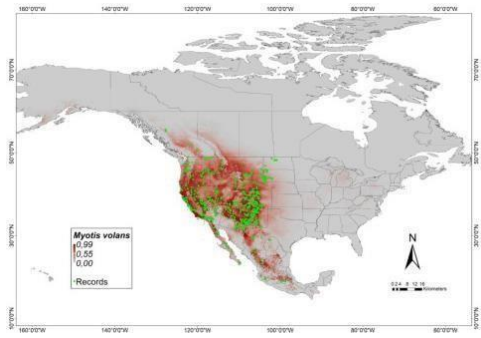


Figura 8:

Distribución de *M. volans* (wikiwand.com).

Figura 13:
Distribución de *L. blossevillii* (wikiwand.com).

Figura 14:
Distribución de *L. cinereus* (wikiwand.com).

Figura 9:
Distribución de *M. yumanensis* (wikiwand.com).

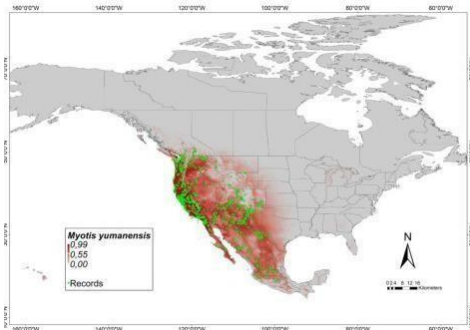


Figura 10:
Distribución de *A. pallidus* (wikiwand.com).

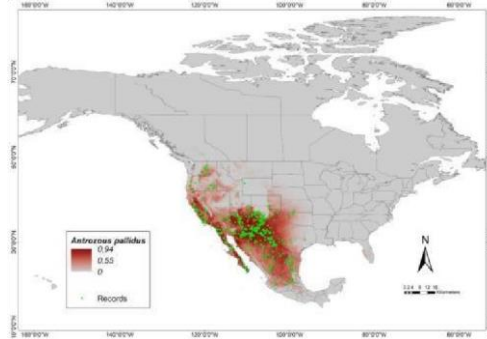


Figura 11:
Distribución de *C. towsendii* (wikiwand.com).

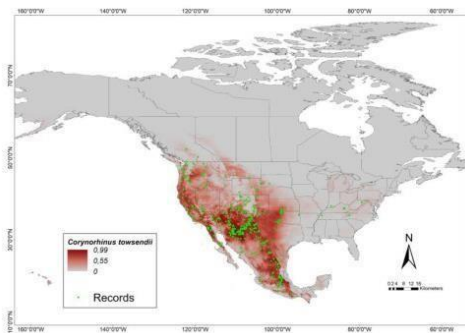
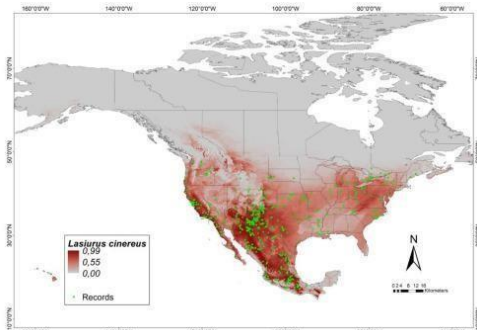
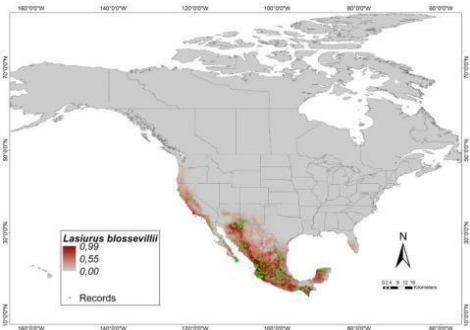
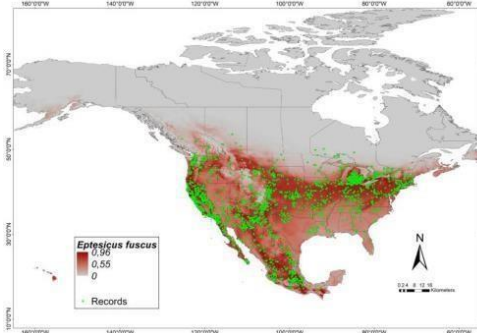


Figura 12:
Distribución de *E. fuscus* (wikiwand.com).



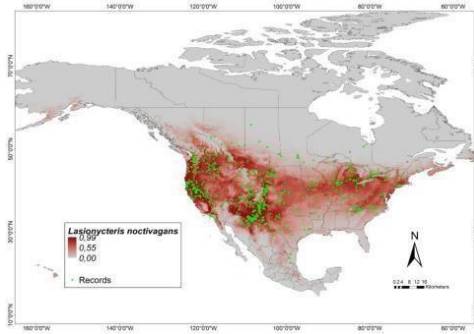


Figura 15:

Distribución de *M. noctivagus* (wikiwand.com).

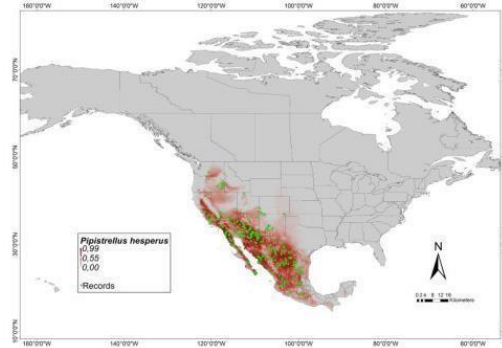


Figura 16:

Distribución de *P. hesperus* (wikiwand.com).

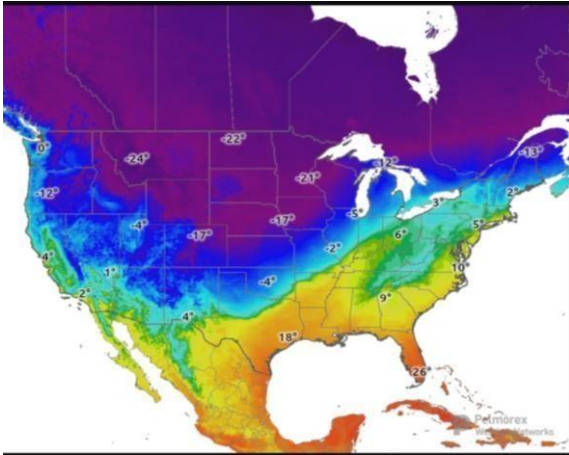
Puede observarse -como varias especies de murciélagos se encuentran distribuidos en las zonas donde se ha encontrado evidencia de *P. destructans* (Figura 1), lo que sugiere una gran probabilidad de contagio así como de propagación del hongo por otras partes de Estados Unidos y el resto de Norteamérica.

Entre las especies que se pueden ver afectadas, encontramos a: *M. velifer*, *E. fuscus*, *L. cinereus* y *M. noctivagus* (figuras 7, 12, 14 y 15). Sin embargo, no puede ser descartada la posibilidad de que otras especies que habitan en la región oeste del continente se vean afectadas por el S.N.B. debido a que estos comparten áreas de distribución con las especies ya mencionadas (figuras 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13 y 16).

Las diferentes especies de murciélagos que habitan en las regiones afectadas o que comparten hábitat con organismos posiblemente afectados, podrían contraer fácilmente el SNB y a su vez, llévalo a nuevas zonas y expandir el contagio.

Pseudogymnoascus destructans es un organismo capaz de sobrevivir a condiciones de clima relativamente bajo y sin un hospedero durante un periodo de tiempo prolongado. Los murciélagos que lleguen a habitar un espacio contaminado por este hongo, pueden contraer el S.N.B. a pesar de que no haya habido ningún organismo contaminado durante un periodo largo de tiempo en la zona; esto es preocupante pues permite la fácil distribución del hongo por las regiones donde antes ya hubo algún caso de *P. destructans*.

P. destructans se desarrolla en la zona este de Estados Unidos donde hay una temperatura relativamente baja, sin embargo, estas condiciones se extienden hasta el norte de México con una variación aproximada de 10°C lo cual puede permitir a este patógeno avanzar hacia el sur sin mucha dificultad (figura 17)



Figura

17

Rango de temperaturas de Norteamérica (wikiwand.com).

Varios autores como Ugalde (2019), Medellín (2021), Jensen (2016), destacan el peligro que representa *P. destructans* para las comunidades de murciélagos en América. Este peligro radica principalmente en la potencial afectación de diversos murciélagos y a la gran capacidad de este hongo para resistir los factores climáticos, así como de sobrevivir sin necesidad de un hospedero por un periodo de tiempo prolongado.

P. destructans es un patógeno potencialmente letal para los murciélagos de distintas especies y zonas de América debido a que afecta directamente las mucosas respiratorias de estos organismos y a su vez su capacidad de realizar un intercambio de gases adecuado.

Este importante poder detectar el patógeno *P. destructans* pues no solo daña a los murciélagos infectados, sino que puede ser un importante agente de pérdida de biodiversidad al afectar la distribución de semillas. Esto conlleva a una potencial pérdida de organismos de los géneros *Annona* y *Juglans* principalmente.

La forma más fácil de identificar al patógeno es visualmente por medio de las manchas blancas típicas de SNB. Esto podría llevarse a cabo utilizando redes de captura con el objetivo de llevar un seguimiento de la presencia del patógeno en diversas áreas. Esa manera es la mas fácil pero debe hacerse una confirmación ya sea por cultivo o molecular porque afortunadamente aun no es común aunque si es grave

El potencial infeccioso de *P. destructans* podría ocasionar una severa pérdida de biodiversidad en Mexico pues esto podría ocasionar que algunas plantas pierdan un importante método de dispersión de semillas, pero también al reducir el número de individuos de las especies previamente mencionadas, podría darse un aumento en la población de otros organismos debido a la apertura de nichos biológicos consecuencia de la pérdida de estos individuos.

Conclusiones:

La presencia de agentes patógenos invasores como *P. destructans* son potencialmente letales no solo para los organismos hospederos, sino también para el ecosistema donde estos se desarrollan.

Es de suma importancia poder reconocer e identificar los patógenos que infectan a los organismos de un ecosistema con el fin de protegerlos.

Al ser un organismo invasor, *P. destructans* resulta ser particularmente dañino para los ecosistemas donde se aloja, debido a la escasa resistencia de los murciélagos a la infección fúngica.

Bibliografía:

- M. Ayelen Lutz , M. Mónica Díaz , Mariano L. Merino y Roberto F. Jensen. (2016). Las especies del género myotis (chiroptera: vespertilionidae) en el bajo delta del paraná y la pampa ondulada, argentina. 2021, de Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos
- Rodrigo A. Medellín. (1993). Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo Mexicano. 2021, de Universidad Nacional Autónoma de México
- Emanuel Martínez Ugalde. (2019). Caracterización del microbioma fúngico de salamandras cavernícolas de México. 2021, de centro de investigación y estudios avanzados del instituto politécnico nacional. Unidad de genómica avanzada
- Flerning, T. H. 1988. Toe short-tailed fruit bat. University of Chicago Press, Chicago, Ill., 365 pp.
- Alvarez, T., P. Domínguez y J. Arroyo-Cabrales. 1984. Mamíferos de La Angostura, región central de Chiapas. Cuadernos de Trabajo, Instituto Nacional de Antropología e Historia
- Blehert DS (2012) Fungal Disease and the Developing Story of Bat White-nose Syndrome..
- Drees, Kevin & Lorch, Jeffrey & Puechmaille, Sebastien & Parise, Katy & Wibbelt, Gudrun & Hoyt, Joseph & Sun, Keping & Jargalsaikhan, Ariunbold & Dalannast, Munkhnast & Palmer, Jonathan & Lindner, Daniel & Kilpatrick, A. & Pearson, Talima & Keim, Paul & Blehert, David & Foster, Jeffrey. (2017). Phylogenetics of a Fungal Invasion: Origins and Widespread Dispersal of White-Nose Syndrome.
- Medellín, R.A. and Gaona, O. (1999), Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico. Biotropica, 31: 478-485.
- Drizo R. y Dominguez C.A. 1995. Plant-herbivore interactions in Mesoamerica tropical dry forests. En: Bullock S.H., Medina E. y Mooney H.A. Eds. Seasonally dry tropical forests, pp. 304-325, Cambridge University Press, Cambridge. □
- Guariguata, Manuel & Ostertag, Rebecca. (2002). Sucesión secundaria.
- Meyer, C.F.J., Fründ, J., Lizano, W.P. and Kalko, E.K.V. (2008), Ecological correlates of vulnerability to fragmentation in Neotropical bats. Journal of Applied Ecology
- Carrillo-Araujo M, Taş N, Alcántara-Hernández RJ, Gaona O, Schondube JE, Medellín RA, Jansson JK and Falcón LI (2015) Phyllostomid bat microbiome composition is associated to host phylogeny and feeding strategies. Front. Microbiol.
- Fleming, T. H. (1988). The Short-tailed Fruit Bat. A Study in Plant-animal Interactions. Wildlife Behavior and Ecology Series. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Herbst, L. H., and Gables, C. (2013). The role of nitrogen from fruit pulp in the nutrition of the frugivorous bat *Carollia perspicillata*.
- Lee, Y. K., and Mazmanian, S. K. (2010). Has the microbiota played a critical role in the evolution of the adaptive immune system?
- Ochman, H., Worobey, M., Kuo, C.-H., Ndjango, J.-B. N., Peeters, M., Hahn, B. H., et al. (2010). Evolutionary relationships of wild hominids recapitulated by gut microbial communities.