

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

**Patrón de mortalidad de murciélagos hibernantes por  
Síndrome de la Nariz Blanca en Norteamérica a través  
del tiempo**

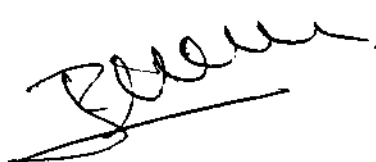
QUE PRESENTA EL ALUMNO (A)

**Aaron Alberto Romero Ruiz**

Matrícula

2143061029

ASESORES:



Dr. Rodrigo A. Medellín  
Legorreta  
Instituto de Ecología, UNAM



Dr. Jorge I. Servin Martinez  
UAM-Xochimilco  
ASESOR INTERNO  
NO. ECO. 32615

México, D.F.

Noviembre 2022

# Agradecimientos

Agradezco a **Dios** por permitirme concluir este escrito y por guiarme en cada decisión y camino que he tomado.

A mis padres **Alberto Romero** y **Gloria Ruiz** por darme la vida, enseñarme, guiarme para ser un mejor ser humano y una buena persona, por su apoyo en la decisión de mi carrera y por todo su amor brindado para que pueda salir adelante.

A mi hermana **Mariemmy Romero** por apoyarme y estar al pendiente de mi día a día tanto en la carrera como en el proceso de elaboración de este trabajo.

A mis abuelos **Gloria Marmolejo** y **Alfonso Ruiz** por su apoyo tanto moral como económico durante toda la carrera y posterior, por su cariño, amor y momentos de reflexión sobre el rumbo que tomaría mi vida.

A mis tías **Nancy Ruiz, Martha Romero, Mini Romero, Eunice Romero** y **Miriam Romero** por sus consejos, sabiduría, experiencia compartida y apoyo incondicional cuando más lo he necesitado y por estar al pendiente de lo que me preocupa.

A mis tíos **José Romero, Asael Romero** y **Pablo Romero** por su apoyo incondicional durante la carrera y por todos sus consejos y sabiduría transmitida.

Al **Dr. Rodrigo A. Medellín Legorreta** por su confianza en mi trabajo, su dirección, por permitirme trabajar y ser participe de su laboratorio y las actividades derivadas del mismo. Pero también por enseñarme y compartirme su amor tan contagioso hacia los murciélagos.

Al **Dr. Jorge I. Servín Martínez** por su sabiduría y conocimientos tanto en clase como a la hora de realizar esta investigación. Por hacerme comprender y ver el mundo como debe ser un biólogo hoy en día y por su ayuda en mi crecimiento tanto de investigación como de un mejor ser humano.

A la **Dra. Claudia N. Moreno Arzate** por su ayuda en la revisión constante de la estructura e información contenida en este trabajo, así como los conocimientos en SIG y R transmitidos para la realización de los análisis que aquí se utilizan.



# Índice

<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Marco Teórico</b> .....	5
2.1 Distribución Espacial.....	5
2.2 Ecología de las Enfermedades.....	6
2.3 Sistemas de Información Geográfica y Enfermedades.....	8
<b>3. Antecedentes</b> .....	10
3.1 Murciélagos de Norteamérica.....	10
3.2 Mortalidad por Síndrome de Nariz Blanca en Murciélagos.....	11
<b>4. Objetivo General</b> .....	14
4.1 Objetivos particulares.....	14
<b>5. Metodología</b> .....	14
5.1 Búsqueda de Información.....	14
5.2 Base de Datos.....	16
5.3 Visualización Espacial con Sistemas de Información Geográfica.....	16
5.4 Patrón Temporal.....	18
<b>6. Resultados</b> .....	18
6.1 Búsqueda de Información.....	18
6.2 Patrón Espacial con Sistemas de Información Geográfica.....	22
6.3 Patrón Temporal.....	31
<b>7. Discusión</b> .....	34
7.1 Información Pública.....	34
7.2 Patrón Espacial.....	38
7.3 Patrón Temporal.....	43
<b>8. Literatura Citada</b> .....	45

## 1. Introducción

La ecología, estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno, e incluye el estudio de la dinámica de las poblaciones, su distribución mundial, regional o local, y uso del hábitat (Ramírez, 2006). En la ecología de poblaciones se analizan los cambios a través del tiempo, considerando las tasas de natalidad, mortalidad, y dispersión de los organismos, atributos que son relevantes para los biólogos, conservacionistas y ecólogos que apoyan a las decisiones sobre el manejo de vida silvestre (Duncan y Hauser, 1975). La mortalidad es la medición de las muertes de los individuos de una población, y es la contraparte de la tasa de natalidad (Tarsi y Tuff, 2012). Los efectos positivos de la mortalidad en una población permiten que los recursos de un ecosistema se mantengan, y estos efectos pueden ser medidos mediante modelos (Schröder *et al.*, 2014). Las causas de mortalidad en los organismos de un ecosistema son variadas, entre las que se encuentra la depredación, exclusión competitiva, actividad humana (destrucción de hábitat, caza deportiva, etc.) y las enfermedades.

Particularmente las enfermedades en vida silvestre son consideradas una de las mayores causas de la pérdida de biodiversidad del mundo, convirtiéndose en una amenaza importante para diversas especies de vertebrados (Maher *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2014). Muchas enfermedades son originadas por organismos conocidos como patógenos, entre los que se encuentran bacterias, protistas, virus y hongos, que se establecen y desarrollan dentro de otros seres vivos, obteniendo los nutrientes del hospedero para su supervivencia (Smith y Smith, 2007). La probabilidad de que el hospedero desarrolle alguna afección secundaria a causa de los patógenos es grande y se puede deber a una alta abundancia de estos, por lo que se produce la enfermedad (Smith y Smith, 2007).

Identificar el efecto de las enfermedades sobre la vida silvestre requiere investigaciones a largo plazo, que permitan profundizar en el entendimiento de la coevolución de un parásito con su hospedero, así como sus interacciones (Tompkins *et al.*, 2010). De esta manera es posible observar y predecir el

comportamiento de las poblaciones del hospedero y del parásito, analizar la influencia del entorno, conocer sus características anatómicas (tamaño, forma, rangos de tolerancia, composición interna, etc.) y predecir los cambios de sus poblaciones que conlleven a decrementos masivos o extinciones locales durante el tiempo en que se realiza el estudio (Grenfell y Dobson, 1995).

En el periodo actual de globalización, el surgimiento de nuevas enfermedades ha sido mayor por causa de los cambios en las condiciones ambientales, debido a que dichos cambios favorecen o limitan la dispersión e introducción de los organismos a nuevas zonas (Williams *et al.*, 2002). Estos cambios también influyen en cómo un parasito puede tener una afinidad por ciertas especies en particular, como el caso del Síndrome de Nariz Blanca (SNB) en murciélagos hibernantes en Estados Unidos y Canadá. El Síndrome de la Nariz Blanca (SNB) es una enfermedad provocada por el hongo *Pseudogymnoascus destructans* que se desarrolla en ambientes fríos y crece en algunas partes expuestas de los murciélagos, normalmente la nariz, orejas y membranas alares, manifestándose en un crecimiento blanco similar a un algodón en las partes afectadas (Blehert *et al.*, 2009). El hongo no siempre es evidente a simple vista, y por lo general es difícil diagnosticarlo en murciélagos que se encuentran volando (Frick *et al.*, 2010). Su diagnóstico requiere la captura o visualización de estos organismos y verificar que haya crecimiento en los tejidos, mediante un índice de daño alar o con pruebas de ADN obtenido de muestras de tejido del organismo (Francl *et al.*, 2011).

Hasta el momento existen estudios publicados que modelaron la probabilidad de mortalidad de murciélagos hibernantes por SNB en Estados Unidos con base en características ambientales, sin definir con precisión un patrón espacial o temporal (Flory, 2010; Wilder *et al.*, 2011; Maher *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2014; Reynolds *et al.*, 2015). Es por ello, que en el presente estudio se determinará; cómo ha sido el patrón espacial y temporal de la mortalidad de murciélagos infectados con la enfermedad. También se describirá lo que se sabe tanto de la información pública como respecto a la mortalidad con base en los datos disponibles y con ayuda de

un sistema de información geográfica, que permita observar los lugares con una mayor y menor mortalidad, así como identificar las variaciones a través de los años desde que se registró la enfermedad en América.

## **2. Marco teórico.**

### **2.1 Distribución espacial**

La distribución de las especies (en una población o a nivel de comunidad) determina su ubicación espacial y tiene un límite llamado área de distribución geográfica dentro del cual se encuentran todas las poblaciones de una especie. Su distribución espacial varía acorde con su rango de tolerancia a las condiciones ambientales, donde pueden establecerse y desarrollarse. Las poblaciones están limitadas geográficamente por sus interacciones con otros individuos de la misma población o de otras poblaciones de organismos distribuidos en el mismo tiempo y espacio (Smith y Smith, 2007).

En relación con la distribución espacial se encuentra la abundancia, esta define el tamaño de una población dentro de un espacio geográfico. La abundancia depende de la densidad (número de individuos por unidad de área) y el área de distribución (posición en el espacio con respecto a otros individuos) (Smith y Smith, 2007).

Tanto la densidad de una población, como su distribución espacial tienen variaciones en el tiempo. Para identificar las variaciones de una población, se analiza la supervivencia, la mortalidad y la migración de los organismos en el espacio y tiempo (Smith y Smith, 2007). La cuantificación o estimación de las tasas de mortalidad y natalidad es por censos con diversas técnicas en diferentes temporalidades, y en ocasiones se registran sobrevivientes y el reclutamiento (Sheil y May, 1996). La información y conocimiento sobre la mortalidad de las poblaciones y comunidades a causa de las enfermedades se vuelve importante en la toma de decisiones para la conservación y recuperación de las especies, y en

específico, cuando son especies amenazadas o casi extintas regional o localmente (Brand, 2013).

## **2.2 Ecología de las Enfermedades**

Es conocido el papel que juegan las enfermedades como control poblacional en los seres vivos, sea hacia un grupo en particular (especificidad) o a varios organismos (Grenfell y Dobson, 1995). Sin embargo, nuestro conocimiento sobre el impacto de las enfermedades infecciosas en poblaciones de animales de vida silvestre aún es escaso y requiere de mayor investigación para conocer las dinámicas de las especies en relación con las enfermedades de vida silvestre (Smith y Smith, 2007).

En las interacciones del patógeno con su hospedero hay una coevolución en el tiempo, como resultado de las adaptaciones de una especie a otra. Para esto, es necesario que el patógeno se haya establecido y pueda reproducirse dentro del hospedero sin ser eliminado por el sistema inmunológico de este último. Si el hospedero logra eliminar al parásito evitando que se establezca, entonces se dice que ha desarrollado una resistencia (Hickman, 2008). Esta interacción implica que el patógeno, no mate a su hospedero antes de que pueda transmitirse o transportarse a un nuevo hospedero, a la par que se desarrollan adaptaciones de las defensas inmunológicas de los hospederos para combatir al patógeno (Rodríguez-Diego *et al.*, 2014).

En la coevolución entre el patógeno y su hospedero, el proceso de adaptación tiene un alto costo en la reproducción, supervivencia o crecimiento de ambos (Vander Wal *et al.* 2014). Esto puede ocasionar pocos nacimientos en la población, altas tasas de mortalidad, cambios en la conducta e incluso en la extinción local de la población afectada (Begon *et al.* 2006). El decremento de las poblaciones silvestres por las enfermedades es muy estudiado en laboratorios, pero son escasos los estudios que cuantifican estos efectos en plantas y animales en condiciones naturales (Smith y Smith, 2007).

A través del tiempo, algunas enfermedades han provocado grandes reducciones en las poblaciones de varias especies silvestres (Medina-Vogel, 2010). En anfibios se ha registrado el hongo quitrido (*Batrachochytrium dendrobatidis*) que ha afectado a las poblaciones de algunas especies de anfibios, ocasionando una mortalidad del 90% y en algunos casos, la extinción (Velásquez *et al.*, 2007). Por otro lado, el paludismo aviar ocasionado por el patógeno *Plasmodium relictum* afecta a las aves nativas de la familia (Drepanidinae) de Hawaii; cuya tasa de infección tiene una mortalidad del 70% al 80% y ya ha causado varias extinciones (Atkinson *et al.*, 2000).

Estudios e investigaciones del área de epidemiología han resaltado la importancia de las enfermedades infecciosas como un factor de mortalidad en poblaciones de mamíferos silvestres (Anderson y May, 1979). Tal es el caso de la peste (cuyo virus es *Yersinia pestis*) en los perritos de la pradera de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) cuya población decreció en un 65% (Pauli *et al.*, 2006). La enfermedad de desgaste crónico (CWD por sus siglas en inglés) causada por una proteína infecciosa no plegada correctamente llamada prion (PrP<sup>Sc</sup>), que afecta a ciervos y alces (Mathiason *et al.*, 2006) con tasas de mortalidad bajas en comparación con otras enfermedades. Por otro lado, el Virus del Oeste del Nilo (flavivirus) afecta a aves principalmente y con hospederos accidentales como equinos y el ser humano, ocasionando mortalidades altas en África (Campbell *et al.*, 2002).

Algunas especies de animales no son afectados por los patógenos con los que están en contacto y solo coexisten con éstos (Williams *et al.*, 2002). Los murciélagos, por ejemplo, tienen en su organismo bacterias, virus y hongos que no les ocasionan enfermedades o algún malestar que les impida cumplir con sus actividades (Mühldorfer, 2013).

### **2.3 Sistemas de Información Geográfica y Enfermedades**

Los sistemas de información geográfica son un conjunto de procedimientos que permiten capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (Alonso Sarría, 2006). Su aplicabilidad en el área ecológica y epidemiológica ha sido muy útil para evidenciar la distribución de poblaciones silvestres, analizar factores ambientales y su influencia en los organismos, observar patrones espaciales y temporales, e incluso, modelar nichos ecológicos y predecir la presencia de algún objeto de estudio en varios lugares en donde no se ha registrado antes (Lara *et al.*, 2006). Para observar una enfermedad geográficamente se debe identificar el patógeno, los lugares donde se ha registrado, los patrones de distribución espacial y los cambios en el tiempo, y los procesos de transmisión de la enfermedad junto con las condiciones ambientales que limitan o promueven su distribución (Rogers y Randolph, 2003).

Para estudiar y comprender los patrones de mortalidad espacialmente, y en específico por las enfermedades, es importante incluir una perspectiva geográfica. Esta permite visualizar los patrones espaciales, identificar agrupaciones de datos estadísticamente significativas en dicho espacio y realizar análisis temporales; combinando: técnicas de análisis espaciales de geografía o SIG (Sistemas de Información Geográfica) y estudios de mortalidad (Borden y Cutter, 2008). En los últimos años, el mapeo de las enfermedades se ha desarrollado rápidamente, permitiendo observar la relación que tienen con distintas características de las poblaciones y los factores ambientales en un sitio particular (Rushton, 2003). Los patrones espaciales de las enfermedades comprenden el análisis espacial de ciertos factores como los agentes causales, huéspedes o reservorios y sus relaciones con los entornos geográficos (físicos y biológicos) (Cromley, 2003; Parra-Henao, 2010).

Las enfermedades también pueden ser vistas desde un punto de vista temporal, es decir, como va cambiando a lo largo de periodos de tiempo establecidos

(Rogers y Randolph, 2003). Tanto los patrones temporales como espaciales vistos a través de la tecnología de los SIG proveen pistas sobre las causas de los procesos, asistir en el monitoreo, formulación de planes de prevención, control y toma de decisiones mediante la construcción y prueba de modelos predictivos (Parra-Henao, 2010).

La aplicación de los SIG en epidemiología se ha convertido en un método potencial para la detección de posibles zonas de contagio, la dispersión y avance de la enfermedad o patógeno (por fechas, familias o especies afectadas) el patrón de distribución histórico de las enfermedades, y la relación con ciertas variables ambientales en la vida silvestre (Glass *et al.*, 1995). Gibbs *et al.* (2006), estudiaron los factores (ambientales) que afectaban la distribución geográfica del Virus del Nilo Occidental en aves para el estado de Georgia en E.U., del 2002 al 2004, identificando por SIG el avance del virus por año en el estado. Por otro lado, Marsh *et al.* (1991), utilizaron un SIG para observar la propagación geográfica y las zonas potenciales de riesgo de infección, del virus de la pseudorabia en manadas de cerdos de granjas en el estado de Minnesota, EUA.

Olson *et al.* (2013) Compilaron los datos públicos y no publicados sobre la enfermedad causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* en los anfibios para mapear la distribución geográfica del hongo mediante SIG para observar los patrones espaciales por familias a nivel mundial. Basanta *et al.* (2019) modeló mediante registros de ocurrencias la distribución potencial del hongo *Batrachochytrium salamandrivorans* para México con buen resultado predictivo del nicho climático. Estos trabajos que utilizan SIG operan bajo dos escalas de resolución; la temporal y la espacial, importantes en el modelamiento de situaciones hipotéticas, debido a que son comparables con la realidad, pero para ello es necesario que la escala sea homogénea entre los datos que se va a comparar y que la resolución sea la adecuada (Bocco, 1998).



### **3. Antecedentes**

#### **3.1 Murciélagos en Norteamérica**

Muchas especies de murciélagos habitan en refugios subterráneos como cuevas, debido a la alta abundancia de estas formaciones naturales (Furey and Racey, 2016). Pero también pueden usar otros refugios hechos por el hombre como túneles, construcciones abandonadas y minas, siendo estas últimas los refugios más utilizados por la mayoría de las 45 especies de murciélagos en Estado Unidos (Tuttle y Taylor, 1998). La utilización de estos refugios puede variar en relación con el género, la condición reproductiva, tiempo del año y los hábitos alimenticios que tienen los murciélagos (Bogan, 2000). Existen fases críticas en el ciclo de vida de los murciélagos: dos de ellas son la maternidad y la hibernación. La primera es para todas las especies en la cual, durante el verano, tanto cuevas como minas son usadas como refugios de maternidad, que es el sitio donde los murciélagos tienen a sus crías y por tanto se convierten en sitios que deben ser protegidos de la perturbación humana (Sheffield *et al.*, 1992).

En el invierno, solo algunas especies que viven en climas templados tienden a migrar a latitudes más sureñas para permanecer activos durante un cierto tiempo, o hibernar en cuevas y minas (Altringham, 2011). A pesar de que los refugios de invierno (también llamados hibernacula) no son tan comunes, existen muchos sitios de hibernación identificados en gran parte del territorio Este de los Estados Unidos gracias a los muestreos realizados en invierno durante varios años (Weller *et al.*, 2018). La hibernación es un proceso que los murciélagos llevan a cabo durante los periodos más fríos del año, en el cual, reducen su metabolismo y su temperatura corporal para ahorrar energía previamente almacenada y sobrevivir a las condiciones climáticas extremas del invierno (Speakman y Rolland, 1999). Durante la hibernación, los murciélagos son vulnerables a depredadores o perturbaciones humanas en sus refugios, lo que puede ocasionar que se despierten prematuramente e incurran en un gasto de energía grande que necesitan para sobrevivir (Sheffield *et al.*, 1992). Sin embargo, recientemente las

poblaciones de algunas especies de murciélagos hibernantes en Norteamérica están siendo afectadas por un hongo patógeno conocido como *Pseudogymnoascus destructans*, que se manifiesta como una enfermedad llamada Síndrome de Nariz Blanca, y ha provocado un decremento en las abundancias de los murciélagos infectados desde 2006 (Lemieux-Labonte *et al.*, 2017).

### **3.2 Mortalidad por Síndrome de Nariz Blanca en Murciélagos**

El concepto de síndrome es “el conjunto de síntomas que ocurren juntos y caracterizan una enfermedad” y una enfermedad es la alteración del estado normal de salud (Contreras, 2007). Los síntomas del síndrome pueden variar con respecto al tiempo y pueden tener un origen desconocido, contrario a la enfermedad en la que sí se conoce su causa. Al principio, se desconocía qué provocaba a los murciélagos su comportamiento tan raro y presentaban ciertas características inusuales como manchas blancas en nariz y orejas, daños graves en las membranas alares, pérdida de masa corporal, entre otras. Posteriormente se reveló que la causa era un hongo que ocasionaba todas esas características que se veían en los quirópteros. Por tanto, el síndrome relacionado con este hongo y que se describe en la literatura son características que pertenecen a la Enfermedad de la Nariz Blanca propiamente.

La primera vez que la enfermedad del Síndrome de Nariz Blanca (WNS por sus siglas en inglés) apareció en Estados Unidos, fue en la cueva Howe, 52 km al oeste de Albany en Nueva York el 16 de febrero de 2006 (Blehert *et al.*, 2009). No se sabe exactamente cómo este hongo llegó a Norteamérica, pero la teoría más aceptada hoy en día es por causa del ser humano que trasladó la espora accidentalmente desde Europa (White Nose Syndrome Response Team, 2019). Desde entonces, las poblaciones de algunos murciélagos norteamericanos que hibernan han disminuido (Verant *et al.*, 2014). Esta enfermedad está considerada una amenaza para algunas especies de quirópteros que hibernan, y se ha ido dispersando en todo el Este de E.U. y Canadá (Alves *et al.*, 2014).

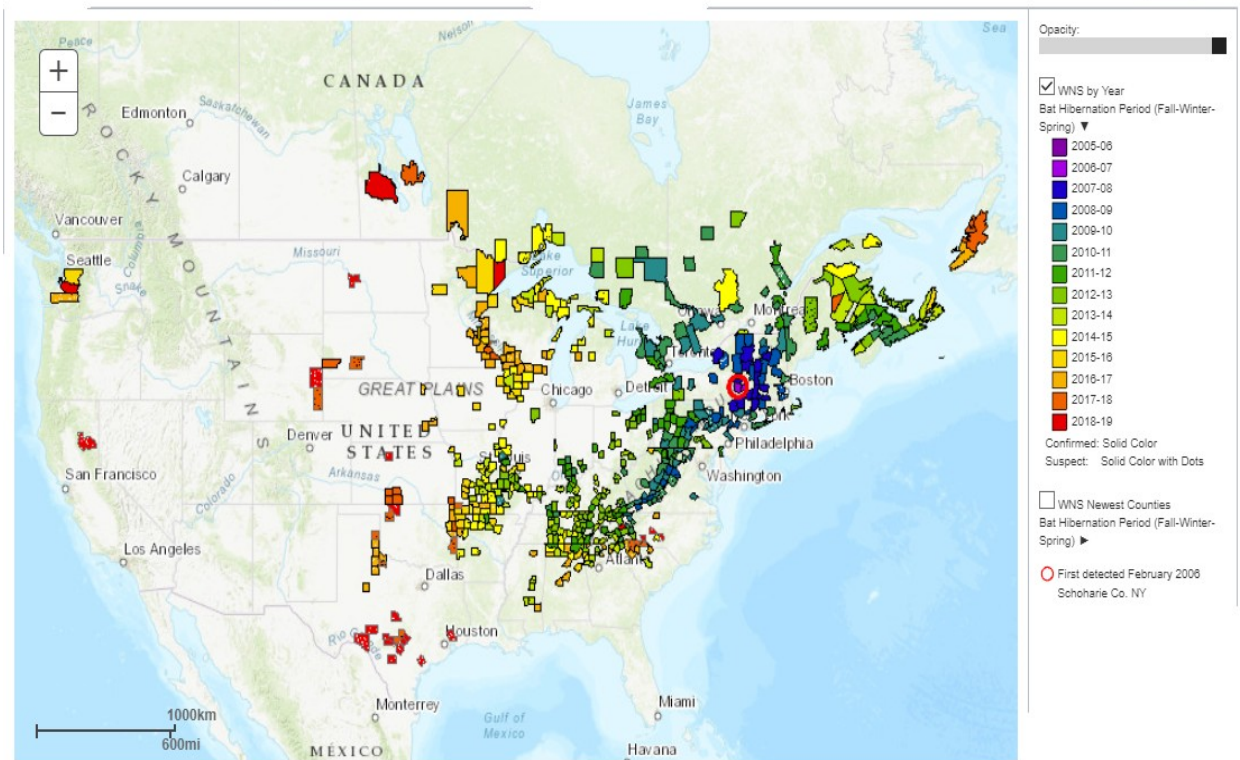


Figura 1. Mapa de distribución actual del hongo *P. destructans* en E.U. (White Nose Syndrome Response Team, 2019)

El Síndrome de la Nariz Blanca (SNB) es una enfermedad provocada por el hongo *Pseudogymnoascus destructans* que se desarrolla en ambientes fríos y crece en los en algunas partes de los murciélagos, normalmente la nariz, orejas y membranas alares, manifestándose en un crecimiento blanco similar a un algodón en las partes afectadas. El hongo no siempre es evidente a simple vista, y por lo general es difícil diagnosticarlo en murciélagos que se encuentran volando (Frick *et al.*, 2010). Su diagnóstico requiere la captura de estos organismos y verificar que haya crecimiento en los tejidos, mediante un índice de daño alar o con pruebas de ADN obtenido de muestras de tejido del organismo (Francl *et al.*, 2011).

El contagio más frecuente del hongo es por contacto directo entre los murciélagos cuando forman agrupaciones para hibernar (Lorch *et al.*, 2011), pero también es posible que contraigan la espora de superficies contaminadas como las paredes

de las cuevas donde perchan. Hasta el momento se han registrado 12 especies, pertenecientes a 3 géneros y 1 familia que hibernan en Estados Unidos de América con síntomas del Síndrome de Nariz Blanca, acorde con White Nose Syndrome Response Team (2019) son:

Cuadro 1. Especies diagnosticadas con la enfermedad

Familia	Género	Especie	Hábitat	Alimentación
<b>Vespertilionidae</b>	Eptesicus	<i>E. fuscus</i>	Cuevas, minas, puentes y algunos constructos artificiales	Insectívoro
	Myotis	<i>M. velifer</i>		
		<i>M. leibii</i> *		
		<i>M. grisescens</i> ***		
		<i>M. sodalis</i> **		
		<i>M. lucifugus</i> *		
		<i>M. volans</i>		
		<i>M. septentrionalis</i> **		
		<i>M. evotis</i>		
		<i>M. austroriparius</i>		
		<i>M. yumanensis</i>		
	Perimyotis	<i>P. subflavus</i> ***		

\* En peligro acorde con la IUCN

\*\* Amenazado o casi amenazado acorde con la IUCN

\*\*\* Vulnerable acorde con la IUCN

La manifestación de la enfermedad del SNB ocurre 120 días después del contacto con el hongo (Lorch *et al.*, 2011) y durante el periodo de hibernación, provocando la mortalidad como una consecuencia de la interrupción de la hibernación en el invierno. Los murciélagos que desarrollan la enfermedad tienden a despertar de la hibernación múltiples veces antes de la primavera, y pueden morir por deshidratación, hambre y por las bajas temperaturas del ambiente (Reeder *et al.*, 2012). Se ha registrado que no todos los murciélagos que portan, o tienen las esporas del hongo desarrollan los síntomas de la enfermedad.

## **4. Objetivo general**

Determinar el patrón de distribución espacio-temporal de la mortalidad causada por el Síndrome de Nariz Blanca (SNB) en los murciélagos hibernantes de Norteamérica (Canadá, EUA y México).

### **4.1 Objetivos particulares**

- Describir la disposición de la información pública de la mortalidad (cambios poblacionales) en murciélagos por causa del Síndrome de Nariz Blanca
- Conocer y analizar la distribución temporal de la mortalidad de las especies afectadas.
- Conocer y analizar la distribución espacial de la mortalidad de los murciélagos afectados.

## **5. Metodología**

### **5.1 Búsqueda de información**

Para la obtención de los datos de mortalidad en murciélagos por causa de *P. destructans*, se revisó la página oficial del Equipo de Respuesta del Síndrome de Nariz Blanca en Estados Unidos (White Nose Syndrome Response Team, 2019). Se buscó información relacionada a la mortalidad tanto en las publicaciones disponibles como en el texto de la página. Se revisaron los resúmenes de los simposios que se han realizado desde el 2009 hasta el 2019 con el fin de identificar cualquier información relacionada con la mortalidad por ENB, y se localizaron aquellos que contenían información sobre decrementos poblacionales por la enfermedad. El título de los trabajos identificados fue copiado en el buscador de Google para verificar si se encontraban disponibles y de acceso al público.

Posteriormente se buscaron artículos publicados en buscadores como “Google Academic”, “Proquest” y “EBSCO” de la “BIDI UNAM” hasta agotar la mayor información disponible en estos buscadores. La búsqueda se realizó de febrero a diciembre del 2019. Las palabras clave que se ingresaron en los buscadores fueron: “White Nose Syndrome”, “*Pseudogymnoascus destructans*”, “*Geomyces destructans*”, “United States bats and WNS”, “Bat mortality by WNS”, “Bat deaths by WNS”, “Bat population declines by WNS”, “WNS and mortality”, “Bat mortality and WNS”, “Bat population and declines and WNS”, etc. Partiendo de palabras generales a palabras del tema particular de interés. No se utilizaron palabras en español porque la búsqueda mostró más literatura publicada en idioma inglés por provenir de E.U. y Europa.

Aquellos artículos cuyo título contenían algunas de las palabras clave fueron descargados para corroborar que contaban con la siguiente información:

- Estado donde se llevó a cabo el muestreo
- Condado donde se llevó a cabo el muestreo
- Abundancia absoluta de las especies muestreadas por sitio o fecha
- Año(s) de muestreo
- Porcentaje de cambio de la población de una especie por fecha. En caso de no estar directamente en el artículo, estos se buscaron en los materiales complementarios o anexos.

Para los análisis temporales y espaciales no se tomaron en cuenta los artículos con datos de mortalidad experimentales, donde los organismos fueron infectados en laboratorio. De igual forma, no se consideraron los artículos que realizaron monitoreos previos a la llegada de la enfermedad. Los que no observaron ni cuantificaron la mortalidad o cambios poblaciones asociados a la enfermedad tampoco fueron considerados para los análisis.

Adicionalmente, se consideraron reportes de monitoreos provenientes de instituciones y grupos de trabajo especializados con murciélagos como Tennessee Bat Working Group, en los que monitorearon poblaciones afectas por la enfermedad. También se enviaron correos electrónicos a algunos de los autores y

coautores de los artículos revisados, solo en el caso de ciertos artículos cuya información no quedaba muy clara o se requerían datos puntuales. Finalmente, la información seleccionada fue organizada en una base de datos.

## 5.2 Base de datos

Toda la información y datos obtenidos de los artículos se organizó en una base de datos mediante el programa Excel 2010. Los campos de la tabla incluyeron: el estado, condado y localidad o sitio específico donde se realizó el estudio (si se mencionaba), años de muestreo, número de individuos observados inicial y final, tasa de cambio entre el no. de individuos inicial y final, porcentaje que representa esa tasa de cambio y las especies. Este penúltimo campo se consideró como mortalidad porcentual la cual fue el número porcentual que disminuyó la población. En caso de no contar con el porcentaje de cambio, con los datos de número de individuos inicial y final, se calculó la tasa de cambio mediante la fórmula de regla de tres, como se escribe a continuación:

$$Tasadecambio(\%) = \frac{Y1 - Y2 * 100}{Y1}$$

Donde:

- Y1 es el número de individuos muestreados en el primer año
- Y2 el número de individuos muestreados en el segundo año
- Tasa de cambio (%) es el porcentaje de cambio (mortalidad o incremento) de los individuos o poblaciones

## 5.3 Visualización espacial con Sistemas de información Geográfica

Para visualizar la mortalidad de manera espacial, se separó la información por especies y se convirtió a un archivo de texto separado por comas (.csv). Se observó una inconsistencia de los datos en los artículos, porque no todos los artículos mencionan las coordenadas del sitio específico (cueva o refugio)

muestreado. Esto puede ser consecuencia de la Ley Federal para la Protección de los Recursos de las Cuevas (1988) que establece una prohibición sobre la publicación de cualquier información relacionada con la locación exacta de las cuevas significantes para evitar la destrucción, alteración o daño a ellas. Por lo que se manejó a nivel de condado. Se buscaron las coordenadas del centroide de los condados mencionados en los artículos mediante la página GeoHack (<https://en.wikipedia.org/wiki/Template:GeoTemplate/sandbox>).

Se elaboraron mapas burbuja de la distribución de la mortalidad por fecha para cada especie mediante el software Rstudio (R core team, 2020). Para su elaboración, primero se descargaron los estados y los condados o provincias en formato ESRI Shapefile (\*.shp) de los Estados Unidos de América en datum WGS84. Se utilizaron los datos de porcentaje, por cada estado y por cada condado. Esto se realizó para los datos de mortalidad porcentual y netos. Adicionalmente, con la información anterior se realizaron mapas de un análisis de interpolación (uno con los datos de mortalidad porcentual y el otro con la mortalidad neta) por medio del método de Distancias Inversas Ponderadas (IDW por sus siglas en inglés). Este es un procedimiento matemático utilizado para estimar el valor de un atributo, en este caso, la mortalidad por SNB, en una localidad o 'celda' a partir de valores conocidos de otros puntos en el mismo espacio geográfico donde no se han realizado mediciones del atributo que se desea conocer (Santos *et al.*, 2011) y su fórmula es (O'Sullivan y Unwin, 2003):

$$e_c = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n P_{mc} e_m$$

Donde:

- $e_c$  es la elevación calculada para la celda  $c$  utilizando  $n$  muestras de elevación
- $e_m$  es el valor de las muestras de elevación
- $P_{mc}$  es el peso (o influencia) entre 0 y 1 asignado a cada muestra de elevación



## **5.4 Patrón Temporal**

Mucha de la información recopilada englobaba datos de conteos visuales o acústicos en periodos de 2 o más años, en lugar de hacerlo anualmente. Por ello, para observar si existía un patrón temporal, primero se filtró en la información obtenida que los datos de conteos coincidieran con las fechas en las que se confirma que llegó la enfermedad en cada uno de los condados acorde con la página web (White Nose Syndrome Response Team, 2019). Se decidió utilizar el método de análisis de serie temporal en R tal como hicieron Hayden *et al.* (2017), el cual consiste en una colección de observaciones de una variable tomadas de forma secuencial y ordenada en el tiempo que pueden tener periodicidad anual, semestral, trimestral, mensual, etc., según los periodos de tiempo en los que están recogidos los datos que la componen. Y que si bien, este método es muy utilizado en ciencias de economía y administración, también puede proporcionar información relevante para el comportamiento temporal de la mortalidad por SNB.

Posteriormente se organizó por fechas del registro de mortalidad más antiguo al más reciente en los diferentes condados para visualizar la cantidad de datos que se obtuvieron con los filtros en la base (Anexo 3). Los datos que se graficaron fueron: Especie, Fecha (año) y Mortalidad (No. de muertos), estos últimos se sumaron de cada condado que pertenecía al mismo estado y eran en la misma fecha. Se manejó a nivel Estado debido a que algunos condados comparten el mismo nombre pero pertenecen a estados diferentes y no sería posible distinguir la pertenencia.

## **6. Resultados**

### **6.1 Búsqueda de información**

La información recabada de los simposios (Fig. 2) mediante resúmenes de los trabajos que realizaron o presentaciones orales acerca de la mortalidad no mostró mayores detalles de los datos que se requerían para la base de datos (Anexo 1).

Es resaltable el hecho que desde que se registró la llegada de la enfermedad en el 2006 y hasta el año 2009 no hay reportes o artículos públicos que hayan trabajado con datos de la mortalidad en el invierno dentro del rango de esos años.

En 2009 se da lugar el primer simposio relacionado exclusivamente a la enfermedad donde se organizó el equipo de trabajo, los objetivos de los simposios y la división de tareas por parte de los diferentes grupos de científicos. A partir del 2010 se encontraron resúmenes que hablaban sobre la mortalidad y el decremento de las poblaciones, sin embargo, no se manejaron números, solo palabras como “mortalidad masiva”, “decrementos en las poblaciones” y “mortalidad asociada al SNB”. El primer trabajo que menciona mortalidad por SNB fue una presentación oral del proyecto a desarrollar titulado “*A Potential Model Framework to Investigate Disease Progression*” (Amelon y Belsare, 2010). Otra presentación oral titulada “*Impacts of White-Nose Syndrome on Population Viability of Little Brown Myotis (Myotis lucifugus) in North America*” por Frick *et al.* (2010), mencionan porcentajes de mortalidad del 30 al 90% para la especie *M. lucifugus* sin mencionar números reales en los sitios donde el SNB se ha detectado.

En el 2011 se estimaba que al menos un millón de murciélagos habían muerto por causa de la enfermedad. En el año del 2012 se estimó en uno de los resúmenes que al menos 5.5 millones de murciélagos murieron por el SNB, no obstante, en las fechas posteriores no se especifican más datos en resúmenes o presentaciones orales.

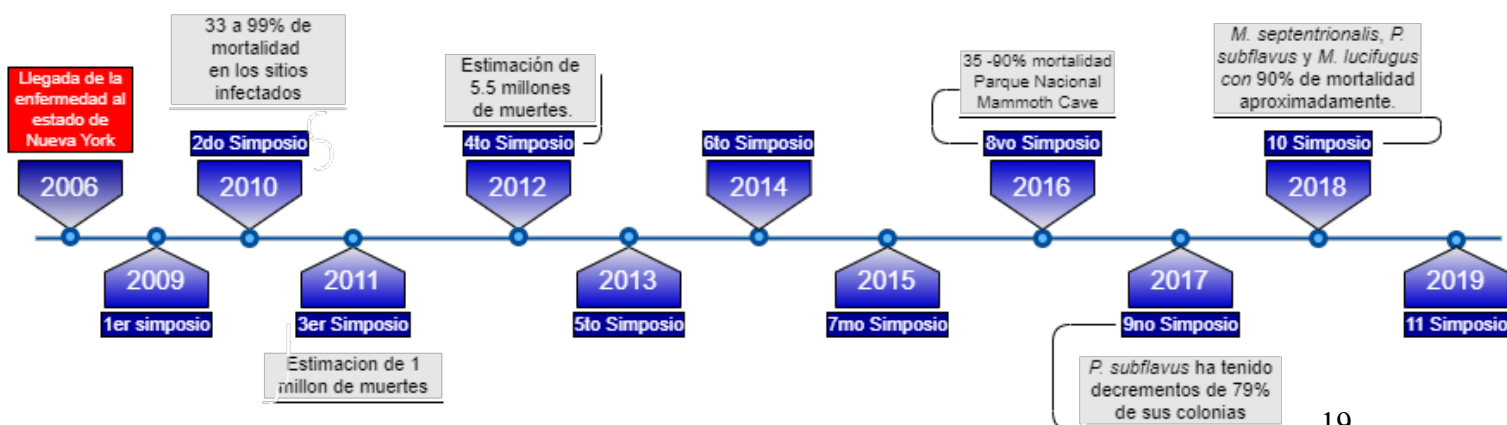


Figura 2. Simposios anuales que se encuentran en la página oficial. De los cuales también se especifican los datos que se obtuvieron respecto a la mortalidad para observar el inicio de la fecha en que se registraron las mortalidades en las reuniones anuales.

Durante el tiempo de búsqueda exhaustiva en los buscadores, se registraron una gran cantidad de artículos revisados (n=5670) en los cuales no están presentes los artículos repetidos que ya habían sido revisados en uno u otro buscador. En total se enviaron 21 correos electrónicos, de los cuales contestaron seis, y solo uno compartió una base de datos con conteos visuales de los organismos en un periodo anterior a la enfermedad para algunos sitios.

Los registros de mortalidad (Fig.3) se obtuvieron de un total de nueve artículos científicos, ocho reportes del grupo de trabajo especializado en murciélagos de Tennessee, una base de datos de muestreo proporcionada a través de correo electrónico y una presentación en formato PDF de un simposio (Anexo 2). En total se obtuvieron registros para siete especies que acorde con la página oficial (White Nose Syndrome Response Team, 2019) tienen la enfermedad, las cuales son: *Eptesicus fuscus* (EPFU), *Myotis grisescens* (MYGR), *Myotis leibii* (MYLE), *Myotis lucifugus* (MYLU), *Myotis septentrionalis* (MYSE), *Myotis sodalis* (MYSO) y *Perimyotis subflavus* (PESU). Las otras posibles especies (*Lasiurus noctivagans*, *Lasiurus borealis*, *Lasiurus cinereus* y *Corynorhinus rafinesquii*) que se registraron en la información recopilada no se consideraron en este trabajo por no tener constancia de desarrollar la enfermedad acorde con White Nose Syndrome Response Team (2019).

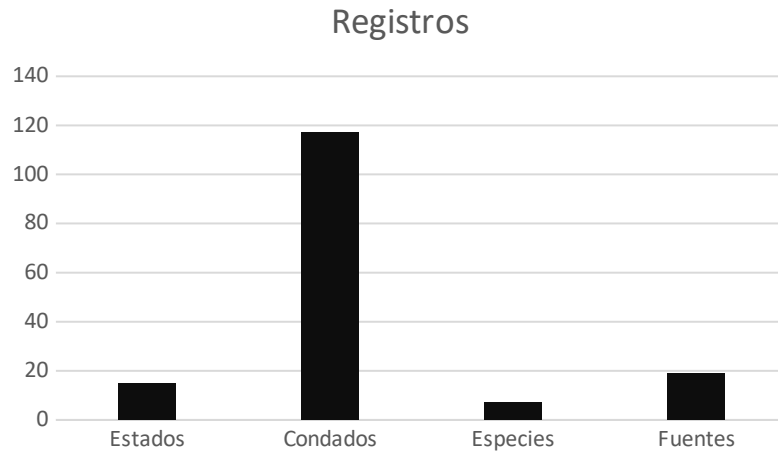


Figura 3. Registros de cuantos estados, condados y especies se encontraron y utilizaron para los datos de mortalidad del presente trabajo, así como el número de fuentes.

El mayor registro de datos encontrado en la literatura fue para *Myotis sodalis* ( $n=216$ ) y *Perimyotis subflavus* ( $n=177$ ) seguido por *Eptesicus fuscus* ( $n=120$ ) y *Myotis lucifugus* ( $n=113$ ). Por el contrario, no hubo tantos datos de mortalidad para la especie *Myotis leibii* ( $n=27$ ), y para las especies *Myotis septentrionalis* ( $n=40$ ) y *Myotis grisescens* ( $n=49$ ) a pesar de no tener tantos registros como las otras especies, los datos obtenidos fueron enriquecedores para la visualización espacial de la mortalidad (Fig. 4).

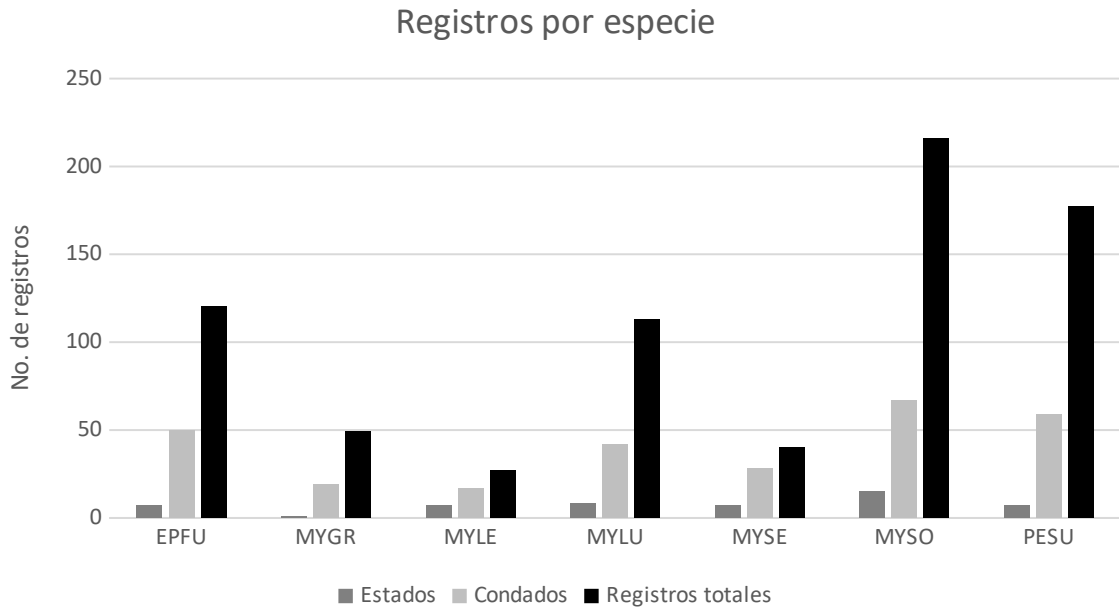


Figura 4. Registros totales, por estado y condado de cada especie de murciélago en los artículos (EPFU=*Eptesicus fuscus*, MYGR=*Myotis grisescens*, MYLE=*Myotis leibii*, MYLU=*Myotis lucifugus*, MYSE=*Myotis septentrionalis*, MYSO=*Myotis sodalis*, PESU=*Perimyotis subflavus*). Los registros totales (negro) corresponden al número de registros de esa especie en todos los artículos, correspondientes a diferentes fechas (que pueden ser dentro del mismo artículo, i.e. se registraron 4 datos de *P. subflavus* en el condado de Knox, Tennessee y 7 en el condado de Meigs, Tennessee, en 2009 y 2010 respectivamente dentro del mismo artículo), los estados (gris oscuro) y condados (gris claro) son los totales y no repetidos, registrados en todos los artículos.

## 6.2 Patrón Espacial con Sistemas de Información Geográfica

La distribución de datos de mortalidad (no las mortalidades más altas) para todas las especies sin importar el año, muestran una tendencia de estar siguiendo la cordillera de las montañas Apalaches y teniendo mayores registros en el estado de Tennessee (Fig. 5) sin embargo, no son los únicos registros encontrados, ya que hay registros en otros estados que no están cerca de los Apalaches. Los registros de las montañas Apalaches se podrían encontrar cerca de algunos Parques Nacionales como Chattahoochee National Forest, Mount Mitchell con una elevación de 2037 msnm dentro del Pisgah National Forest, Jefferson National Forest, entre otros. El resto de los sitios con mortalidad están distribuidos

azarosamente. Cabe resaltar que Fort Drum en Nueva York ha sido una zona más estudiada debido a que dentro de los terrenos de una base militar activa hay registros de mortalidad en colonias (una de maternidad) cercanas.

El gráfico de burbujas de la visualización espacial de la mortalidad porcentual por especie (Fig. 6) muestra una tendencia del avance de la mortalidad en dirección hacia el sur desde el punto de inicio que es Nueva York, y que también ha sido visible en otros estudios de expansión de la enfermedad. Para la especie *E. fuscus* (Fig. 6A) se observa alta mortalidad porcentual en 2010 en el noroeste de EU. Y a medida que avanza al sureste en ciertos condados mantiene altos porcentajes de mortalidad y los más bajos son en los mismos condados o diferentes, pero en fechas más recientes. Para *M. grisescens* (Fig. 6B) se observa que todos los datos son del estado de Tennessee y que la fecha en la iniciaron las tasas de mortalidad fue en 2013 en 2 condados. Además, la distribución de la mortalidad no indica una tendencia clara de ir de norte a sur como otras especies y el año 2017 tiene más datos espaciales dentro de Tennessee.

*M. leibii* (Fig. 6C) tuvo altos porcentajes de mortalidad en el punto de origen y porcentajes medios en diferentes lugares durante fechas tempranas (2009 y 2010) no obstante, solo se tienen 11 datos de esta especie y se encuentran muy dispersos como para poder definir una tendencia a simple vista. Con relación a *M. lucifugus* (Fig. 6D) se observa que desde el noreste ha tenido altas tasas de mortalidad y ha permanecido esa tendencia a medida que se dirige hacia el sur, teniendo varios puntos que se solapan con mortalidades porcentuales cada vez menores conforme avanzan los años. La mortalidad de *M. septentrionalis* (Fig. 6E) sigue una tendencia similar a otras especies en cuanto a distribución y tasas altas de porcentajes durante las primeras fechas y medias a bajas durante los últimos años, principalmente en el estado de Tennessee.

Para *M. sodalis* (Fig. 6F) se tuvo mejor representación de los datos en cuanto a registros, reflejándose en la distribución de la mortalidad porcentual, abarcando estados no solo del noreste (Nueva York, Vermont) y del sureste (Carolina del

Norte), sino también del centro de E.U. como Missouri y Arkansas, teniendo tasas de mortalidad alta en algunos condados, como medias a bajas en otros que se encuentran cerca durante las fechas de 2009 y 2010. Sin embargo, en el estado de Tennessee las tasas de mortalidad han sido muy variantes y las fechas más actuales han tenido bajos porcentajes. Finalmente, *P. subflavus* (Fig. 6G) a manera general muestra una tendencia similar a las demás especies en la distribución de la mortalidad, pero a diferencia del resto, la mayor concentración de los registros está en el estado de Tennessee, agrupados en la mayoría de los condados. Las fechas de la mortalidad para este estado son relativamente recientes (2015 a 2019) y no hay tantos registros en otros estados.

En el análisis espacial con el método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada de la mortalidad porcentual (Fig. 7) para cada especie se pueden observar algunos datos interesantes. Para *E. fuscus* (Fig. 7A) la mayoría de los datos de mortalidad oscilan entre el 50% y 70% en la parte central del mapa. Sin embargo, se pueden observar pequeños parches en Nueva York, Nueva Jersey y Pensilvania donde la mortalidad ha sido del 90% y en otros cercanos a Tennessee y Virginia del oeste donde ha sido de 70% u 80%. Respecto a *M. grisescens* (Fig. 7B) se observa que cuatro datos proporcionan un valor de 90% de mortalidad y los sitios de hibernación en el área circundante pudieran tener tasas de mortalidad de al menos 80% junto con la parte noreste. Solo tres datos proporcionan valores de mortalidad bajos y medios para la parte central-oeste del país y tres en el estado de Tennessee, pero no lo suficientemente potente como para que el análisis extendiera el área de interpolación.

La especie *M. leibii* (Fig. 7C) tuvo su mayor tasa de mortalidad porcentual en Nueva York durante los primeros años en que llegó la enfermedad. A medida que avanza hacia el sur, los datos muestran que el rango de mortalidad era de 30% en algunos puntos a 70% en otros, principalmente en Tennessee. Por otro lado, se observa algo distinto en *M. lucifugus* (Fig. 7D) cuyos registros de mortalidad indican una tasa de porcentajes alta (90%-100%) en los estados de Nueva York, Nuevo Hampshire, Pensilvania y uno en Carolina. Las áreas circundantes a estos

puntos muestran posibles tasas de mortalidad de al menos 70% a 80%. En Tennessee se concentran varios puntos con tasas de mortalidad de 40% a 70% con tres puntos dispersos en la zona noreste.

Para *M. septentrionalis* (Fig. 7E) hay una clara división en los porcentajes de mortalidad entre el noreste y el sureste. La parte norte tiene varios puntos cuyas tasas de mortalidad porcentual son del 90% al 100% por lo que el área interpolada con esos valores es extensa. Mientras que, hacia el sur centro, los porcentajes varían entre 30% y 60% con excepción de un punto en Alabama que tiene un porcentaje de 95%. El murciélago de indiana (*M. sodalis*; Fig. 7F) muestra datos distribuidos por varios estados, pero la mayoría representan un porcentaje del 20% al 60% por lo que el área interpolada es extensa y solo unos cuantos datos dispersos con una mortalidad porcentual del 90% principalmente visible en el noreste de E.U. Finalmente la especie *P. subflavus* (Fig. 7G) muestra una tendencia similar a otras especies, en la que las mayores tasas de mortalidad porcentual se encuentran en el noreste y uno solo en ese lugar con una mortalidad del casi 15%, lo que resulta en un punto aislado en Pensilvania y en el área que lo rodea. Mientras que el resto de los registros muestran una mortalidad entre 50% y 75% principalmente en Tennessee con algunos registros aislados de mortalidades de 80%.

En los análisis de los valores netos de mortalidad (no. de muertes) se observan algunos datos que contrastan con los mapas de la figura 7. Para *E. fuscus* (Fig. 8A) el 99% de los registros tienen una tasa de mortalidad neta de 200 o incluso 400 individuos con excepción de un punto en el estado de Virginia del Oeste que tiene una mortalidad de 1,600 a 1,800 individuos y por tanto las zonas aledañas a este registro tendrían tasas de mortalidad similares. En cuanto a *M. grisescens* (Fig. 8B) el total de los datos fueron de Tennessee y muestran mortalidades de 50,000 individuos en la mayoría de los condados registrados, con excepción de 2 condados donde se registra una mortalidad de 100,000 a 250,000 individuos aproximadamente. Que es de los mayores registros de agrupación de murciélagos que se encontraron en este trabajo.



Respecto a *M. leibii* (Fig. 8C) los registros de mortalidad indican que en la mayoría de los sitios han sido 20 o 60 individuos los que han tenido afectaciones por la enfermedad, y solo un condado en Virginia del Oeste ha tenido los mayores datos de mortalidad, sin superar los 200 individuos. Sin embargo, el análisis muestra un área hacia el noroeste de este registro en el que las tasas de mortalidad serían de 100 a 120 individuos en los sitios de hibernación. Por otro lado, *M. lucifugus* (Fig. 8D) con los datos obtenidos se puede observar que el número de individuos afectados por la enfermedad ha sido de 1,000 a 3,000 en la mayoría de los condados registrados. Dos puntos muestran mortalidades de 5,000 a 10,000 en los estados de Nueva Jersey y Nueva York, teniendo una gran área interpolada en la que los sitios circundantes podrían afectarse con tasas de mortalidad similares.

La especie *M. septentrionalis* (Fig. 8E) en todos los registros con excepción de uno, muestra una mortalidad de 200 individuos aproximadamente. El único punto con registros altos de mortalidad ha sido de 1,400 a 1,600 individuos en el estado de Nueva York con un gradiente de área que muestra que las zonas más cercanas a este registro son susceptibles a tener las mismas tasas de mortalidad. Para *M. sodalis* (Fig. 8F) se observa que la mayoría de los registros tienen mortalidades de 2,000 individuos con algunos puntos dispersos de mortalidad que van de 4,000 a 16,000 individuos. La mayor mortalidad registrada fue precisamente en el estado de Indiana, sin embargo, el resto de los sitios no se vieron tan afectados como este condado. Finalmente, *P. subflavus* (Fig. 8G) muestra que la mayoría de los datos registran mortalidades de los 100 a los 300 individuos en varios estados, resultando en parches dispersos en el mapa. De 3 a 4 puntos registran las mayores mortalidades de al menos 700 individuos, principalmente en el estado de Tennessee, pero también en el estado de Virginia. Sin embargo, el área interpolada de estos registros no es muy grande, debido al valor de mortalidad de otros registros cercanos a estos puntos.

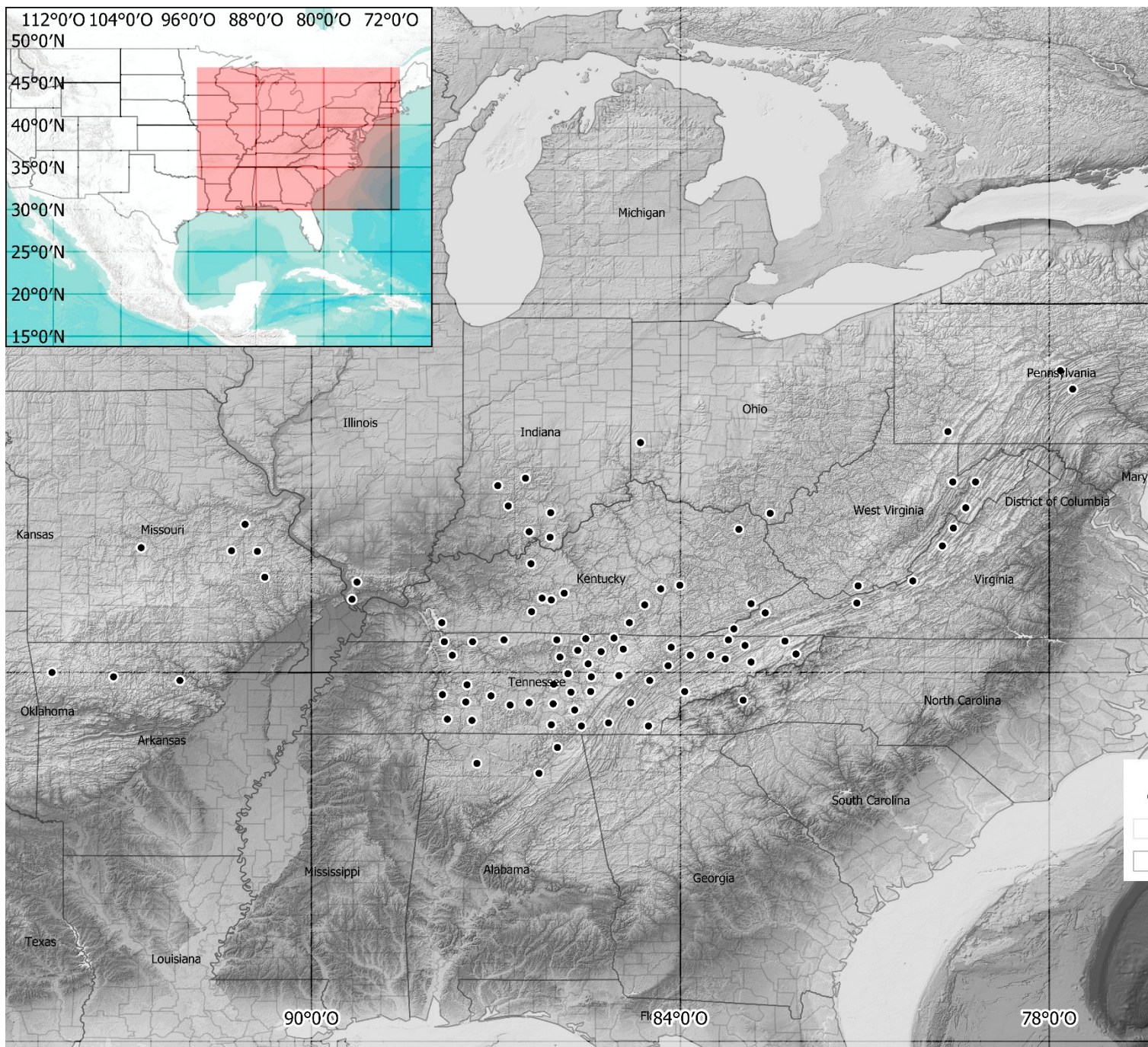


Figura 5. Centroides de los condados dónde se registra mortalidad por SNB en E.U. y Ca



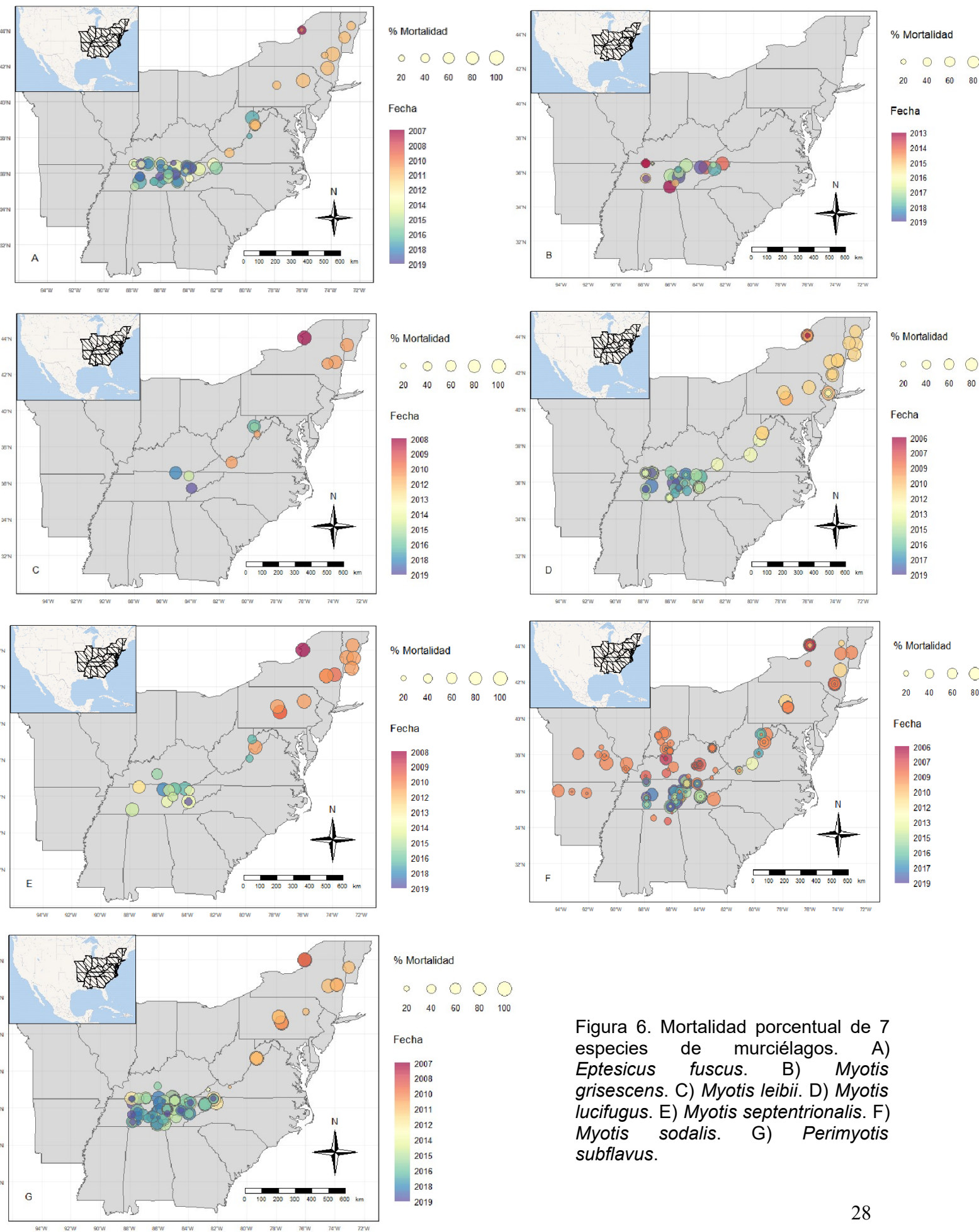


Figura 6. Mortalidad porcentual de 7 especies de murciélagos. A) *Eptesicus fuscus*. B) *Myotis grisescens*. C) *Myotis leibii*. D) *Myotis lucifugus*. E) *Myotis septentrionalis*. F) *Myotis sodalis*. G) *Perimyotis subflavus*.

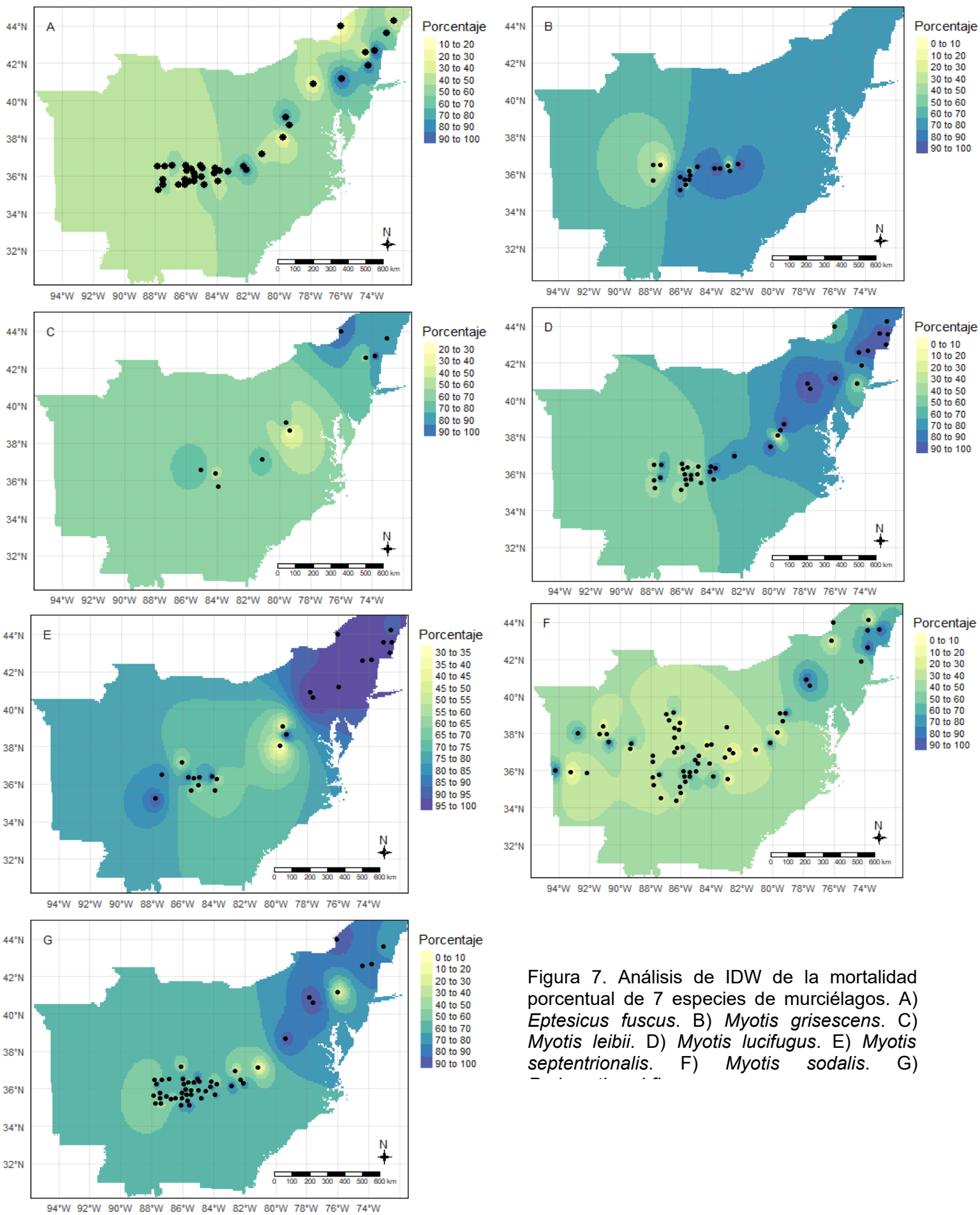


Figura 7. Análisis de IDW de la mortalidad porcentual de 7 especies de murciélagos. A) *Eptesicus fuscus*. B) *Myotis grisescens*. C) *Myotis leibii*. D) *Myotis lucifugus*. E) *Myotis septentrionalis*. F) *Myotis sodalis*. G) *Myotis* (unlabeled).

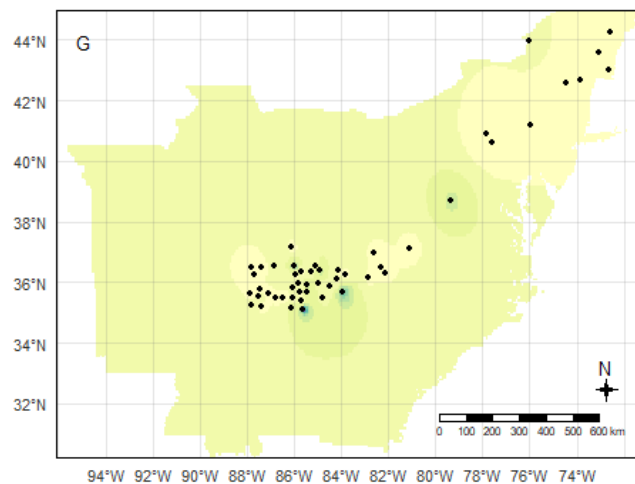
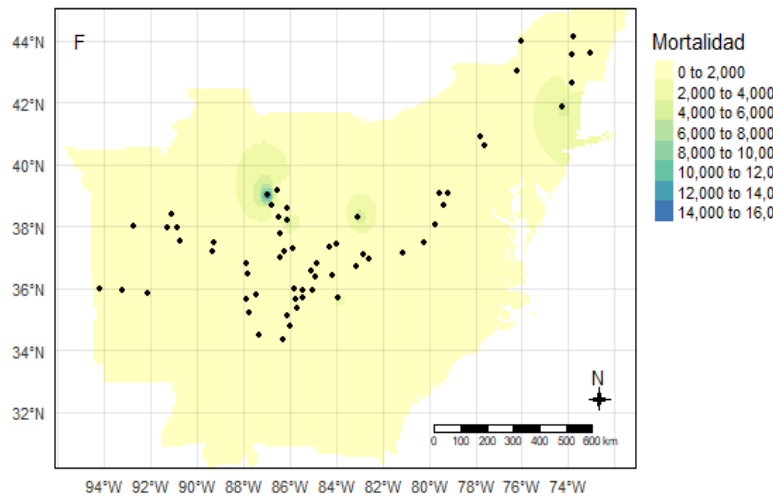
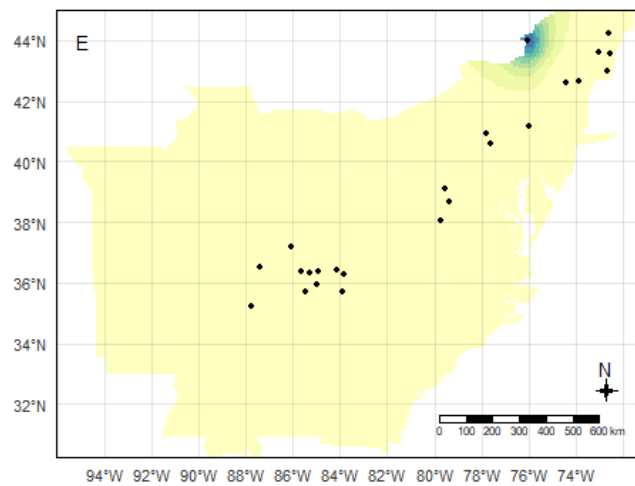
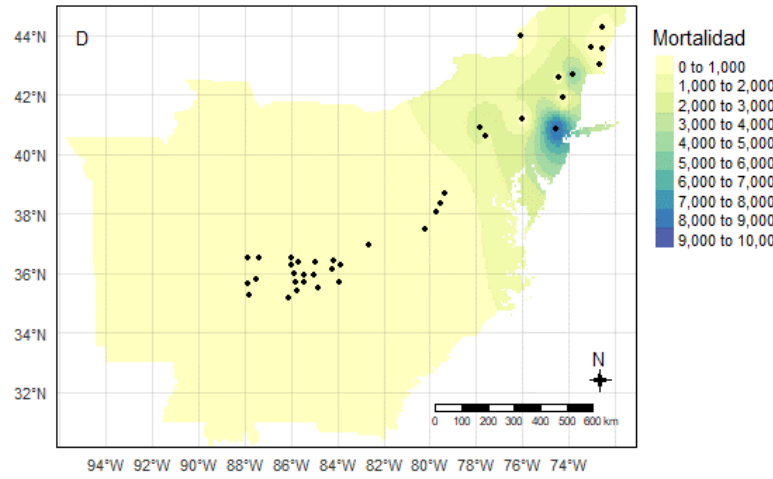
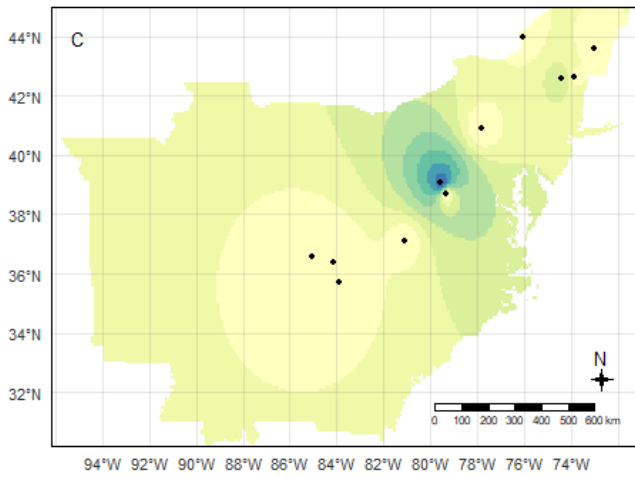
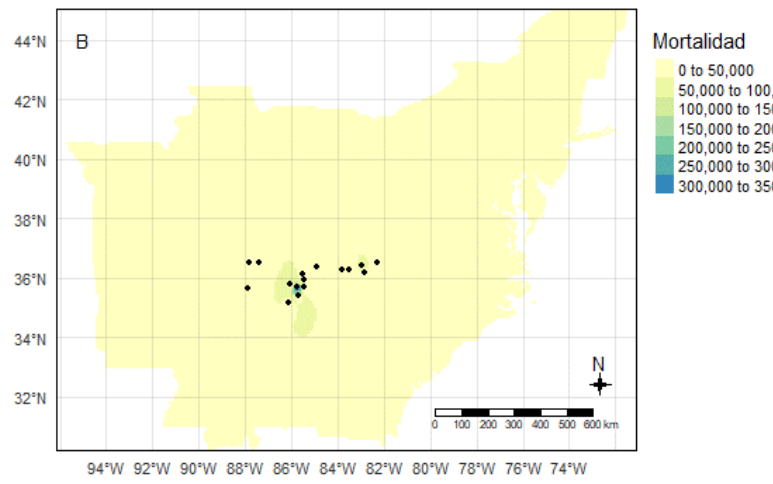
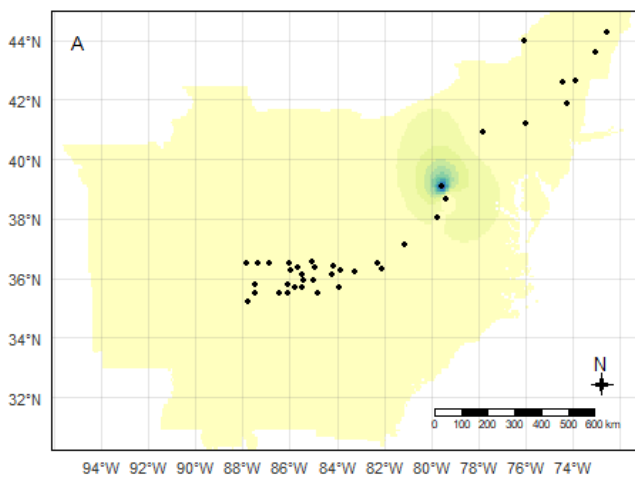


Figura 8. Analisis de IDW de la mortalidad neta de 7 especies de murciélagos. A) *Eptesicus fuscus*. B) *Myotis grisescens*. C) *Myotis leibii*. D) *Myotis lucifugus*. E) *Myotis septentrionalis*. F) *Myotis sodalis*. G) *Perimyotis subflavus*.

### 6.3 Patrón Temporal

La representación de los datos temporales en la serie de tiempo (Fig. 9) de manera general mostró una tendencia para algunas especies en toda su distribución, mientras que en otras la falta de datos (Anexo 2; Cuadro 1) generan una ruptura en la continuidad del gráfico. Para *E. fuscus* (Fig. 9A) se observan tres grupos de datos no continuos; el primero en las primeras fechas por debajo de los 500 individuos, el segundo grupo muestra números bajos en los siguientes años y durante 2013 al 2016 se mantiene sin una variación abrupta y para el 2017 sube al punto más alto en varios condados y vuelve a decrecer en 2018. *Myotis grisescens* (Fig. 9B) muestra una continuidad en los datos, del 2013 al 2015 se mantienen bajos números de mortalidad y va subiendo gradualmente en los siguientes años, teniendo dos picos de mortalidad alta, uno en 2016 y el otro en 2018 que es el mayor número de individuos afectados por esta enfermedad.

La especie *M. leibii* (Fig. 9C) al igual que *E. fuscus* muestra tres conjuntos de datos; el más bajo fue en 2008 con menos de 50 individuos, el otro grupo muestra un decremento en la mortalidad de 250 individuos a 140 aproximadamente. El tercer grupo es el más continuo y muestra un incremento gradual de 2015 a 2017 y bajando abruptamente en 2018. Respecto a *M. lucifugus* (Fig. 9D) es otra especie que muestra datos continuos comenzando en 2009 y para el 2010 tuvo un pico de mortalidad de más de 200,000 individuos y bajando dichas tasas en los años subsecuentes, manteniendo una aparente estabilidad a partir del 2012 con bajas mortalidades.

Con relación a *M. septentrionalis* (Fig. 9E) se observan dos grupos de datos, el primero es un registro de la mortalidad más alto durante 2008, posteriormente hay fechas sin datos y en 2010 se vuelve a obtener un registro que aumenta al siguiente año y disminuye radicalmente en los años subsecuentes (2012-2018) para mantenerse por debajo de los 400 individuos en los condados registrados. El murciélago de Indiana (*M. Sodalis*; Fig. 9F) muestra dos grupos de datos; el

primero aumenta progresivamente durante los primeros años, teniendo su pico más alto en 2009 con una mortalidad de 80,000 individuos aproximadamente que han sido afectados por la enfermedad. El segundo grupo comienza en 2013 con números bajos, subiendo un poco en 2014 y manteniéndose en números muy bajos durante los siguientes años. Por último, *P. subflavus* (Fig. 9G) al igual que otras especies, muestra dos grupos separados por una ausencia de datos, donde el primero es durante 2007 y 2008 que va en decrecimiento de la mortalidad, manteniéndose en números bajos. El segundo grupo es más continuo y comienza con una mortalidad de 1000 individuos aproximadamente, aumentando en el siguiente año y para el 2012 vuelve a tener números bajos. A partir de esta fecha aumenta progresivamente hasta alcanzar su pico más alto en 2015 con más de 5000 individuos y disminuyendo en los siguientes años.

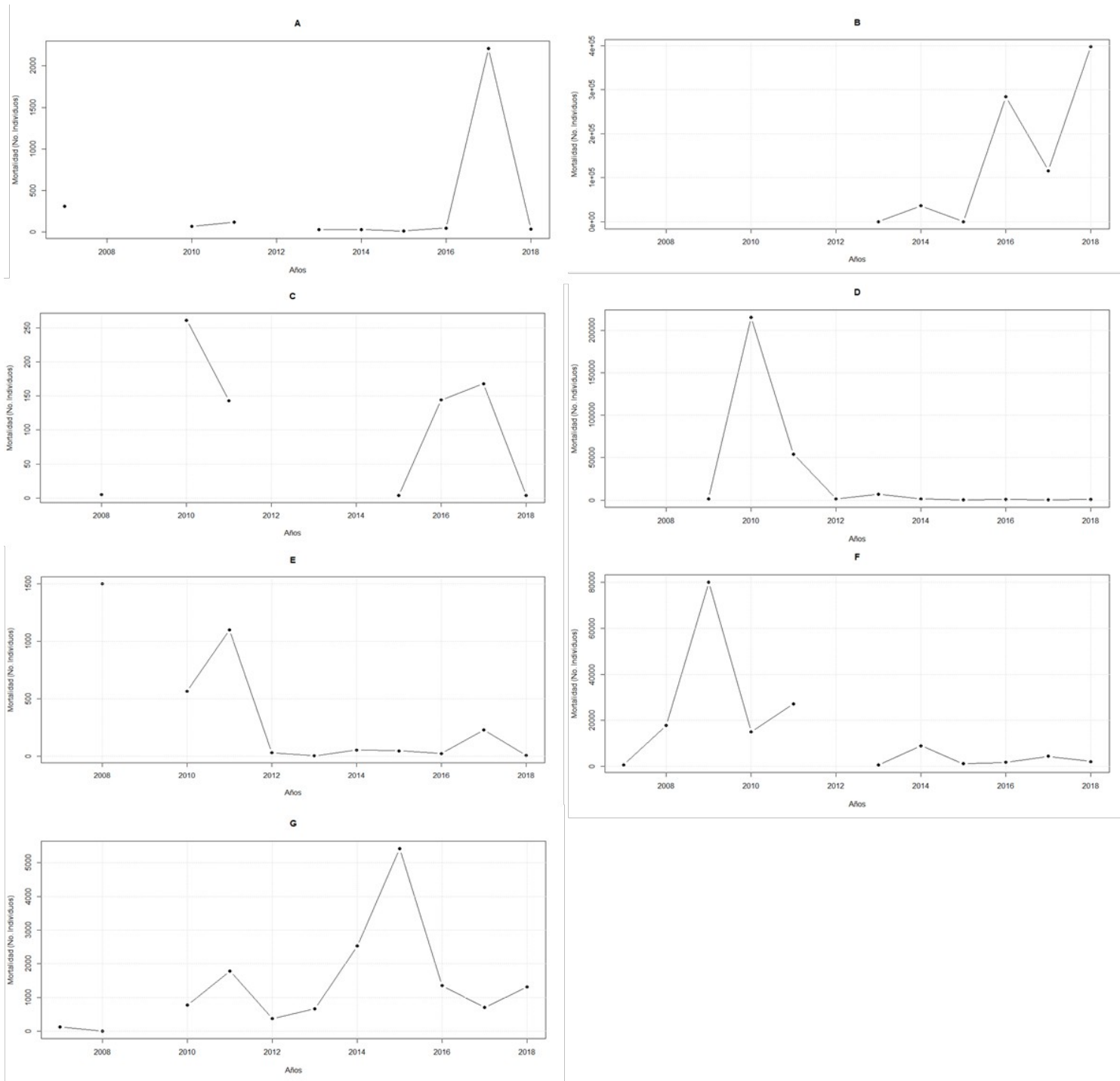


Figura 9. Mortalidad (No. de muertes) para 7 especies de murciélagos. A) *Eptesicus fuscus*. B) *Myotis grisescens*. C) *Myotis leibii*. D) *Myotis lucifugus*. E) *Myotis septentrionalis*. F) *Myotis sodalis*. G) *Perimyotis subflavus*. En toda su distribución en E.U. en el eje Y se muestran los números de individuos muertos acorde con los registros obtenidos.



## **7. Discusión**

La enfermedad del Síndrome de la Nariz Blanca ha provocado un decremento de miles de murciélagos hibernantes en Estados Unidos y Canadá a partir del 2006 , fecha en que se detectó en el continente americano, y ha sido estudiada , analizada y predecida de muchas formas. En este trabajo se observó un patrón espacial de la mortalidad acorde con el avance de la infección del hongo (de norte a sur) con los datos agrupados en las montañas Apalaches, y con mayores tasas de mortalidad en los estados del norte y disminuyendo progresivamente conforme se acercan a los estados más sureños. Mientras que, al observar el patrón de distribución de los datos crudos, se observó un patrón inverso (de sur a norte) con las mayores tasas de mortalidad en el estado de Tennessee y algunos estados circundantes.

### **7.1 Información Pública**

La información de mortalidad encontrada varía en cuanto a los muestreos que realizaron los artículos principalmente, pero también en cuanto resultados de tendencia poblacional acorde con sus resultados. Un aspecto relevante es que algunos de los artículos empleados (Anexo 2) no tenían las bases de datos de los muestreos que realizaron y los datos se encontraban en las tablas de manera resumida o promediada, limitando así el rango de datos disponibles. Por lo que se pidieron por correo dichas bases de datos a algunos autores, sin obtener una respuesta favorable.

Por otro lado, es importante resaltar que las coordenadas específicas de los sitios donde la enfermedad se ha registrado están protegidas por la Ley Federal para la Protección de los Recursos de las Cuevas (1988) que, aunado a la llegada de la enfermedad, reforzó la restricción de dichos datos para evitar la entrada al público y dispersar más el patógeno a otros sitios que no hayan sido infectados. Esto se reflejó en la inexactitud de la precisión de la información con respecto a las

interpolaciones, debido a que las coordenadas exactas podrían haber generado un mejor análisis espacial de las mortalidades en los sitios y de esa manera disminuir el error de distancias de interpolación entre sitios para mostrar (o no mostrar) lugares en los cuales pudo no haber una mortalidad representativa.

Es importante resaltar que para que se desarrolle el SNB por la presencia del hongo, son necesarias condiciones ambientales particulares y así se presente la enfermedad. Se encontró en la literatura que actualmente la confirmación del hongo en el sitio requiere obligatoriamente que se realice un análisis de PCR, ya que, acorde con la información de Lorch *et al.* (2014) se menciona la existencia de un hongo no letal del género *Trichophyton* diferente a *Pseudogymnoascus destructans* que se manifiesta de manera similar a la enfermedad en la piel de los organismos, parecido a la dermatitis en los humanos. La principal diferencia entre ambos es la mortalidad en el periodo de hibernación del organismo, *Trichophyton sp.* Es un hongo que ha convivido con estos organismos desde hace mucho tiempo y no produce mayores alteraciones en el individuo, mientras que Pd es un hongo reciente y que si afecta a las poblaciones cuando hibernan, sin embargo, a la luz UV de las lámparas ocupadas metodológicamente para la detección de Pd se pueden ver exactamente iguales, por lo que es necesaria una biopsia alar para poder diferenciarlos mediante PCR e histopatología. Por esta razón la visualización de las características como manchas blancas en la membrana de las alas o en el pelaje en el individuo podrían ser complementos, pero no determinantes para la presencia del hongo *P. destructans*.

Es de consideración el hecho de varios artículos (Francl *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2014; Johnson *et al.*, 2014; Grieneisen *et al.*, 2015, entre otros) mencionan que, hasta el momento “el Síndrome de la Nariz Blanca ha causado de un millón a seis millones aproximadamente desde 2006 que llegó la enfermedad a Nueva York, hasta la fecha”. Sin embargo, durante la investigación se observó un vacío de información de tres años (2006-2009) y se mencionan las primeras cifras de mortalidad a partir de 2009-2010. Posteriormente durante dos años (2010-2012)

las cifras de murciélagos muertos por SNB aumentaron se incrementaron de un millón de muertes aproximadamente a 5.5 millones de muertes. A partir de ese año las cifras de mortalidad se mantuvieron estables o no fueron modificadas o actualizadas, como tampoco mencionadas en algún resumen o cartel en los simposios

Un aspecto importante es que los artículos públicos recopilados en este trabajo con datos de mortalidad proporcionan el 20% de los datos de mortalidad, contrastando con los 6 millones de muertes que se ha manejado en los medios científicos oficiales. Esto puede deberse a que el resto de los datos recopilados sobre la mortalidad, estén bajo resguardo de las entidades que realizaron los estudios sin que estén de manera pública o se pueda acceder a ellos. La información sobre la mortalidad que no se logró obtener fue porque se tenían que solicitar a algunas instituciones gubernamentales y no se intentó realizar dicha solicitud por cuestiones de tiempo con base en las respuestas de los correos que no fueron favorables, o porque los autores que manejaban los datos para sus objetivos especificaban los datos como “No publicados”.

En los artículos recopilados se observaron registros de incrementos poblacionales, sin embargo, no se consideró pertinente agregarlos a la tabla a causa de que los números son muy elevados a comparación con los datos de mortalidad (i.e. En el primer año de muestreo se encontraron 7 individuos de cierta especie en tal condado con el SNB confirmado en el sitio, y al siguiente año, se encuentran 52, por tanto la tasa de cambio estaría por sobre el 100% de incremento de la población para esa especie). Sin embargo, estos incrementos no son confirmaciones de que la población creció por reproducción, debido a que pudieron ser migraciones de nuevos individuos a la colonia, o que no fueron detectados en el muestreo anterior, pero si en el siguiente.

Se encontró que las especies *Myotis lucifugus*, *Eptesicus fuscus*, *Perimyotis subflavus* y *Myotis sodalis* fueron las que más reportadas la mayoría de los

artículos, y con tasas de mortalidad media-alta esto se debe probablemente a la gran abundancia de sus poblaciones antes de la llegada de la enfermedad y a su amplia distribución, aunado al hecho de que pueden compartir espacios dentro de la misma hibernácula dependiendo del tamaño de esta. Por otro lado, hubo algunas especies que no se han registrado con mortalidad, como *Myotis yumanensis*, *Myotis velifer*, *Myotis volans*, entre otros, que acorde con White Nose Syndrome Response Team (2019) han desarrollado síntomas de la enfermedad en el transcurso de estos años, pero no fueron encontradas o mencionadas en los artículos. Probablemente debido a que son especies sureñas, que los métodos utilizados como los monitoreos acústicos o la visualización de los individuos perchados a grandes alturas no permitieron la identificación adecuada o la mortalidad no fue confirmada en la hibernácula o en el sitio de muestreo, pero si colectado al menos una vez para la confirmación de la enfermedad.

A pesar de que la búsqueda de información fue exhaustiva, los datos disponibles a través de portales públicos sobre la mortalidad resultaron ser menos de los esperados en un principio. Es por ello que uno de los mayores retos de la ecología hablando exclusivamente de las enfermedades en vida silvestre es la afirmación o seguridad de los registros de mortalidad en poblaciones tan grandes como las de los murciélagos, y se recomienda reforzar la estandarización de una metodología en el monitoreo de las poblaciones afectadas por la enfermedad, de manera que sea seguro que dichos decrementos sean confirmados que la causa es la enfermedad y no otra ajena. Así mismo, es aconsejable continuar trabajando en la conservación de estos organismos mediante los monitoreos durante el invierno cuando llevan a cabo sus procesos de hibernación, debido a la susceptibilidad que tienen ante esta enfermedad y observar el comportamiento a nivel de poblaciones e incluso de comunidades tanto de los murciélagos como del hongo, en colaboración con centros de investigación, instituciones gubernamentales y universidades.

## 7.2 Patrón espacial

Los análisis espaciales de la mortalidad y la mortalidad porcentual elaborados en este escrito permitieron observar como la mortalidad por el Síndrome de Nariz blanca ha seguido un patrón que concuerda a grandes rasgos con la dispersión de la infección del hongo.

Acorde con el mapa de dispersión de la enfermedad de la página web (White Nose Syndrome Response Team, 2019), hay 379 condados confirmados con la enfermedad, de los cuales solo se pueden observar una pequeña parte en la distribución de los registros de mortalidad (Figura 5), porque en la presente investigación solo se encontró información disponible para 117 condados, la mayoría pertenecientes al estado de Tennessee. Sin embargo, a pesar de la poca representación de datos, los sitios donde se ha registrado mortalidad siguen el mismo patrón hacia el sur, abarcando zonas que los modelos predictivos de distribución potencial de la enfermedad como el de Alves *et al.* (2014) mostraban que eran susceptibles a tener el SNB, aumentando las probabilidades de mortalidad en esos sitios.

Lo anterior muestra que los sitios o localidades son pocos y, dado que dentro de los estados (incluso los condados) pueden existir varias hibernaculas, podría haber más que hayan sido infectados y que hayan tenido mortalidad pero que pudieron ser omitidos o no publicados en los artículos aquí utilizados por su desconocimiento o difícil acceso a dichas cuevas, tal como lo menciona Weller *et al.* (2018) quienes solicitaron muestreos de invierno históricos a 11 estados para conocer lo que se sabía acerca de los sitios de hibernación, encontrando 2,888 estructuras que se registran como hibernáculos, siendo las minas las que predominan seguidos de las cuevas desde 1994 al 2017. Sin embargo, en muchos sitios que ellos encontraron registros, faltaban coordenadas o tipos de estructura y, por tanto, no los consideraron en su trabajo, esto puede dar indicio de la

posibilidad que existan más sitios de hibernación de los cuales no se hayan podido registrar.

Aunado a lo anterior, las poblaciones al encontrarse dentro de las áreas naturales protegidas, es muy probable que tengan un buen grado de conservación y riqueza que permitan a las colonias ser numerosas. Gonzales (2018) analizó la representatividad de las especies de murciélagos en el Sistema de Parques Nacionales (NPS) de Estados Unidos encontrando que en latitudes entre 30° y 50° hay mayor diversidad de especies, así como el tamaño del área que 17 especies están protegidas en al menos 10 parques nacionales. Por tanto, esto puede aumentar el riesgo de contagio entre murciélagos y, por ende, mayor dispersión hacia otras zonas y mayores mortalidades a comparación de sitios como minas o refugios que se encuentren cerca de la población donde no haya tantos individuos.

Los datos obtenidos sobre la mortalidad de manera porcentual muestran la agrupación espacial y que también resulta ser cronológica con respecto a la distribución del hongo, debido que, al llegar la enfermedad a la parte Noreste, se esperaría que reflejara mayores tasas de mortalidad disminuyendo conforme avanzaba hacia la parte centro y sureste del país. Esto es consistente con los resultados obtenidos por Wilder *et al.* (2011) quienes modelaron predictivamente los factores de riesgo asociados a la mortalidad en 43 sitios desde Nueva York hasta Massachusetts. Ellos encontraron que la distancia al origen, distancia al origen por año y el tamaño de la colonia fueron las variables que influyeron más en el modelo, con un mayor riesgo de contagio las poblaciones aledañas al sitio de origen lo cual concuerda con algunos mapas de interpolación de ciertas especies en este trabajo. Sin embargo, a través de los años desde su llegada, el alejamiento del punto de origen no representó seguridad para evitar el contagio al resto de las poblaciones. Concordando con este trabajo en que los factores de riesgo asociados a mortalidad por el SNB son consistentes con la expansión epizootica del lugar dónde llegada al continente de la enfermedad.

Similar a lo anterior, Flory *et al.* (2012) con un modelo de las variables ambientales asociadas a la mortalidad por el SNB, encontró un patrón predictivo en los estados de Maine hasta Virginia, Tennessee y Kentucky, cuyas variables ambientales de uso de suelo/tipo de suelo, frecuencia de precipitación, rango de temperatura anual y elevación fueron las que predecían bien las presencias de la mortalidad en ese momento. Su modelo predice la distribución espacial de mortalidad similar al análisis de mortalidad porcentual en este trabajo, teniendo altas mortalidades para ciertos condados de Nueva York y Vermont, en el norte, pero con bajas tasas de mortalidad en los estados del sur para algunas especies. Sin embargo, cuando se analizan los datos de la mortalidad (no. de muertes) Tennessee es el que presenta más valores de mortalidad en contraste con los estados del noreste, siendo el único estado con datos similares a las predicciones de Flory *et al.* (2012), donde en los estados sureños la mortalidad en proporción de área es mayor.

Algunas especies han sido afectadas más que otras, en el caso de *Eptesicus fuscus* Craig *et al.* (2014) encontraron que esta especie puede ser más resistente a la enfermedad que otras especies de menor tamaño como *M. lucifugus*, ya que esta última desgasta su reserva de grasa con mayor rapidez que *E. fuscus*. Esto podría explicar la mortalidad encontrada en este trabajo para ambas especies, pues en los análisis de interpolación se observó que *E. fuscus* tiene menores tasas de mortalidad en muchos sitios a comparación de *M. lucifugus*. En el caso de *M. sodalis*, Thogmartin *et al.* (2012) encontraron que ha tenido grandes decrecimientos (más de 50,000 individuos por año) en sus poblaciones más abundantes en fechas tempranas de la enfermedad (2007), que se encuentran en hibernaculas amplias y grandes. A su vez, se ha observado que han tenido algunos incrementos en el número de individuos en otros refugios de igual capacidad de poblaciones. Lo cual, discrepa con lo encontrado en este trabajo, puesto que las mortalidades indican que no han sido tan severas y tan grandes como el estudio indica. Aunado a ello, los autores solo estudiaron desde 1983 hasta el año 2009 las tendencias poblacionales, en contraste con este trabajo que abarcó años más recientes de muestreos en las poblaciones para esta especie.

Se ha asociado la presencia de mortalidad en los diferentes sitios principalmente a tres factores: 1) Altas elevaciones dado que las cuevas y minas pueden encontrarse en montañas, o sobre cerros y sitios elevados sobre los cuales se presentan las condiciones de temperatura (2-14°C Blehert *et al.* [2011]) y humedad que determinan el crecimiento óptimo del hongo *Pseudogymnoascus destructans*, cuyo desarrollo ocasiona la enfermedad; 2) Heterogeneidad topográfica, que incluye la vegetación, producto de las condiciones climáticas y que tiene relación con la cantidad de individuos en determinados sitios; 3) inviernos secos y fríos (en contexto de la temporalidad), que en la parte norte suelen ser más largos o duraderos, ocasionando que los murciélagos estén en hibernación mayor cantidad de tiempo a comparación de otras zonas más sureñas.

El análisis de los valores netos de mortalidad muestra un patrón de manera inversa con respecto al porcentual, con una mayor mortalidad para la parte centro y sureste de Estados Unidos y la menor mortalidad para la parte noreste, esto puede deberse se debe principalmente a dos razones: la primera es a la tasa de cambio de la mortalidad porcentual que eleva los valores de porcentaje (p.ej. si se tienen 60 individuos en una fecha y a la siguiente fecha de muestreo son 10, el porcentaje resultaría en un 90% de mortalidad. Estos 50 murciélagos que murieron durante el invierno no son una cantidad alta en comparación con otros sitios con más de 1000 individuos, pero es un número considerable si el tamaño máximo de la colonia para ese sitio en particular es de esa cantidad aproximadamente). El factor denso-dependiente de las poblaciones influye en la mortalidad, puesto que durante la hibernación dichas especies tienden a formar grupos para reducir el coste energético de la hibernación, pudiendo haber uno o más grupos de cientos o miles de individuos dentro de una misma hibernácula. Esto es posible ya que muchos de los sitios son lo suficientemente grandes para mantener numerosas poblaciones y, por ende, aumentar la tasa de infección de la enfermedad tal como lo consideraron Wilder *et al.* (2011) respecto al tamaño de la colonia como un



factor de riesgo que aumentaría el contagio y la mortalidad entre más grandes fueran las colonias en sitios.

La segunda razón por la cual se presenta un patrón inverso para algunas especies en el análisis de los valores netos de mortalidad con respecto al análisis de la mortalidad porcentual es por la alta representatividad de los datos por parte de Tennessee, que anualmente publicaba los reportes de muestreo en las hibernáculas, el número de murciélagos contados en cada sitio y la especie a la que pertenecían, en contraste con el resto de los estados cuya información no se encontraba disponible ni publicada tan desglosada.

Las mortalidades generales para todas las especies observadas en este trabajo con excepción de *M. lucifugus*, concuerdan en con el escenario “pesimista” del modelo propuesto por Alves *et al.* (2014) donde predecía que más del 25% de la población total de las especies susceptibles a la enfermedad se perderían, y sería necesario el cambio de categoría de la IUCN a una más grave si continúa la mortalidad masiva. Particularmente, *M. leibii*, *M. septentrionalis*, *M. grisescens* y *M. sodalis*, han tenido más del 40% de mortalidad en los sitios, con muchos o pocos individuos

Esta variación en los datos porcentual y no porcentuales fue constante en los artículos (Anexo 2), ocasionada por las diferentes metodologías y métodos ocupadas por los autores. Se observó que en la mayoría de los artículos se utilizaron monitoreos acústicos para estimar la variación poblacional en diferentes tiempos y varios puntos de muestreo, no siempre en los lugares cercanos a las hibernáculas. Este método puede ser poco preciso para monitorear la mortalidad por una enfermedad y, en este caso, asegurar que ese cambio en la población de murciélagos fue por el Síndrome de Nariz Blanca, ya que los cadáveres no fueron recuperados, vistos o registrados en foto o de alguna otra manera, pudiendo también ser una variación poblacional de retraso en la migración, mortalidad por

depredación, por senectud, o por alguna otra causa ajena al Síndrome de Nariz Blanca.

Fueron pocos los estudios y reportes gubernamentales (Anexo 2) con una metodología de conteo directo en las hibernáculas o sitios donde son conocidas las colonias hibernantes y con la presencia del hongo confirmada. Estos estudios proporcionaron información detallada que permitió solidificar y limpiar la base de datos para el mapeo de la información en SIG. No obstante, cabe resaltar que algunos de los sitios de muestreos variaron entre años, por lo que no en todos los reportes se encuentran los mismos sitios.

En conclusión, el análisis espacial realizado permitió la observación de como la mortalidad por la enfermedad cumpliendo el objetivo definido. Aunado a ello, la mortalidad porcentual espacialmente tiene un patrón similar a la dispersión del hongo que va del norte a las partes sureñas y que el patrón de los datos no porcentuales muestra una mejor representación en la parte sur a comparación del norte. Y, para obtener estos patrones, los monitoreos puntuales son relevantes y funcionales para observar tendencias poblacionales que permitan observar decrementos e incrementos de manera general.

### **7.3 Patrón temporal**

La temporalidad de la mortalidad no tuvo un patrón continuo para ciertas especies por la ausencia de datos, pero si fue posible la observación de una posible tendencia. Esto es probablemente a causa de que el cambio poblacional puede deberse a otros factores ajenos a la enfermedad, ya que algunos estudios fueron llevados a cabo antes de la llegada de la enfermedad como un monitoreo previo en las hibernáculas y no continuaron con el estudio en el año posterior a la llegada del síndrome al condado o sitio, si no 2 o 3 años después. Esto limitó la proyección hacia un patrón en el tiempo debido a la poca cantidad de datos temporales al momento de limpiar la base de datos y filtrarla para dicho fin,

quitando aquellos datos cuyos muestreos eran de más de un año anterior a la llegada de la enfermedad en los condados. Es posible obtener patrones con pocos estudios siempre y cuando proporcionen datos suficientes, sean precisos y sigan una metodología común (Halpern y Warner, 2002). Sin embargo, el principal factor que aquí produce variabilidad es que no todos los sitios tienen registros desde que la enfermedad llegó hasta la fecha, posiblemente se deba a que los estudios por parte de instituciones no gubernamentales realizaron uno o dos muestreos en esa área y no se volvió a evaluar hasta después de un tiempo considerable.

Como conclusión de la temporalidad, aunque los datos encontrados no permitieron un buen análisis, las series de tiempo son herramientas que pueden ayudar a predecir el comportamiento de la mortalidad con base en los eventos pasados, y poder determinar las acciones o medidas a tomar para resolver la situación y evitar pérdidas de más organismos.

## 8. Literatura Citada

- Alonso Sarría, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Cátedra del Departamento de Geografía. Universidad de Murcia. España.
- Altringham, J. D. (2011) *Bats: from evolution to conservation*, 2nd ed. Oxford University Press, New York
- Alves, D. M., Terribile, L. C., y Brito, D. (2014). The potential impact of white-nose syndrome on the conservation status of North American bats. *PloS one*, 9(9), e107395.
- Anderson, R. M. y May, R. M. (1979). Population biology of infectious diseases: Part I. *Nature*, 280(5721), 361.
- Arnett, E. B., Huso, M. M., Schirmacher, M. R., y Hayes, J. P. (2011). Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), 209-214.
- Atkinson, C. T., Dusek, R. J., Woods, K. L., y Iko, W. M. (2000). Pathogenicity of avian malaria in experimentally-infected Hawaii Amakihi. *Journal of wildlife diseases*, 36(2), 197-201.
- Begon, M., Townsend, C. R., y Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems*. 4 ed. Blackwell Publishing. Oxford, United Kingdom. 738 p.
- Blehert, D. S., Hicks, A. C., Behr, M., Meteyer, C. U., Berlowski-Zier, B. M., Buckles, E. L. y Okoniewski, J. C. (2009). Bat white-nose syndrome: an emerging fungal pathogen? *Science*, 323(5911), 227-227.
- Blehert, D. S., y Meteyer, C. U. (2011). Bat white-nose syndrome in North America. In *Fungal Diseases: An Emerging Threat to Human, Animal, and Plant Health: Workshop Summary* (p. 167). National Academies Press.
- Bogan, M. A. (2000). Western bats and mining. In: *Proceedings of Bat Conservation and Mining: a technical interactive forum held November* (pp. 14-16).
- Borden, K. A., y Cutter, S. L. (2008). Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States. *International journal of health geographics*, 7(1), 64.

- Bocco, G. (1998). Naturaleza y sociedad. Escalas de espacio y tiempo. *Ciencias*, (051).
- Brand C. J. (2013). Wildlife mortality investigation and disease research: contributions of the USGS National Wildlife Health Center to endangered species management and recovery. *EcoHealth*, 10(4), 446–454. <https://doi.org/10.1007/s10393-013-0897-4>
- Campbell, G. L., Marfin, A. A., Lanciotti, R. S. y Gubler, D. J. (2002). West Nile virus. *The Lancet infectious diseases*, 2(9), 519-529.
- Clark, D. R. (1988). How sensitive are bats to insecticides? *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006), 16(4), 399-403.
- Coleman, J., Ballmann, A., Benedict, L., Britzke, E., Castle, K., Cottrell, W., y Hicks, A. (2011). A national plan for assisting states, federal agencies, and tribes in managing white-nose syndrome in bats.
- Cromley, E. K. (2003). GIS and disease. *Annual review of public health*, 24(1), 7-24.
- Duncan O. y Hauser P. (1975) El estudio de la población. Centro Latinoamericano de Demografía, Santiago de Chile.
- Flory, A. R. (2010). Potential environmental factors associated with the newly emerging bat White-Nose Syndrome in the northeastern United States: an exploratory modeling approach and case-control study. Doctoral dissertation, Colorado State University. Libraries.
- Flory, A. R., Kumar, S., Stohlgren, T. J., y Cryan, P. M. (2012). Environmental conditions associated with bat white-nose syndrome mortality in the northeastern United States. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 680-689.
- Francl, K. E., Sparks, D. W., Brack Jr, V., y Timpone, J. (2011). White-nose syndrome and wing damage index scores among summer bats in the northeastern United States. *Journal of wildlife diseases*, 47(1), 41-48.
- Frank C. L., Ingala M. R., Ravenelle R. E., Dougherty-Howard K., Wicks S. O., Herzog C., Rudd R. J. (2016). The Effects of Cutaneous Fatty Acids on the Growth of *Pseudogymnoascus destructans*, the Etiological Agent of White-Nose Syndrome (WNS). *PLoS ONE*, 11(4): e0153535.

- Frick, W. F., Pollock, J. F., Hicks, A. C., Langwig, K. E., Reynolds, D. S., Turner, G. G., y Kunz, T. H. (2010). An emerging disease causes regional population collapse of a common North American bat species. *Science*, 329(5992), 679-682.
- Geluso, K., Altenbach, J., y Wilson, D. (1976). Bat mortality: pesticide poisoning and migratory stress. *Science*, 194(4261), 184–186.
- Gibbs, S. E., Wimberly, M. C., Madden, M., Masour, J., Yabsley, M. J., y Stallknecht, D. E. (2006). Factors affecting the geographic distribution of West Nile virus in Georgia, USA: 2002–2004. *Vector-Borne y Zoonotic Diseases*, 6(1), 73-82.
- Glass, G. E., Schwartz, B. S., Morgan III, J. M., Johnson, D. T., Noy, P. M., y Israel, E. (1995). Environmental risk factors for Lyme disease identified with geographic information systems. *American journal of public health*, 85(7), 944-948.
- González, A. R. (2006). Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 271 p.
- Gonzales, F. (2018). Riqueza de Murciélagos en Parques Nacionales de USA. Recuperado el 20 mayo 2020 de [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/418869\\_ef98212d9b0948c5ae430de9499f4ffd.html#/](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/418869_ef98212d9b0948c5ae430de9499f4ffd.html#/)
- Grenfell, B., y Dobson, A. (Eds.). (1995). Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations (Publications of the Newton Institute). *Cambridge University Press*. Cambridge, United Kingdom. 510 p.
- Grieneisen, L. E., Brownlee-Bouboulis, S. A., Johnson, J. S., y Reeder, D. M. (2015). Sex and hibernaculum temperature predict survivorship in white-nose syndrome affected little brown myotis (*Myotis lucifugus*). *Royal Society Open Science*, 2(2), 140470.
- Halpern, B.S. and Warner, R.R. (2002). Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecology Letters*, 5: 361-366.

- Hudson, P. J., Rizzoli, A. P., Grenfell, B. T., Heesterbeek, J. A. P., & Dobson, A. P. (2002). *Ecology of wildlife diseases*.
- Johnson, J. S., Reeder, D. M., McMichael III, J. W., Meierhofer, M. B., Stern, D. W., Lumadue, Sigler, L. E., Winters, H. D., Vodzak, M. E., Kurta, A., Kath, J. A. y Field, K. A. (2014). Host, pathogen, and environmental characteristics predict white-nose syndrome mortality in captive little brown myotis (*Myotis lucifugus*). *PLoS One*, 9(11), e112502.
- Lara, E. L., Simeón, C. P. y Navarro, J. G. M. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*, 11, 16.
- Lemieux-Labonté, V., Simard, A., Willis, C. K., y Lapointe, F. J. (2017). Enrichment of beneficial bacteria in the skin microbiota of bats persisting with white-nose syndrome. *Microbiome*, 5(1), 115.
- Lorch, J. M., Meteyer, C. U., Behr, M. J., Boyles, J. G., Cryan, P. M., Hicks, A. C., y Blehert, D. S. (2011). Experimental infection of bats with *Geomyces destructans* causes white-nose syndrome. *Nature*, 480(7377), 376.
- Lorch, J., Minnis, A., Meteyer, C., Redell, J., White, J., Kaarakka, H., Muller, L., *et al.* (2014). The fungus *Trichophyton redellii* sp. Nov. Causes skin infections that resemble white-nose syndrome of hibernating bats. *Journal of wildlife diseases*. 51.
- Maher, S. P., Kramer, A. M., Pulliam, J. T., Zokan, M. A., Bowden, S. E., Barton, H. D., y Drake, J. M. (2012). Spread of white-nose syndrome on a network regulated by geography and climate. *Nature communications*, 3, 1306.
- Marsh, W. E., Damrongwatanapokin, T., Larntz, K., y Morrison, R. B. (1991). The use of a geographic information system in an epidemiological study of pseudorabies (Aujeszky's disease) in Minnesota swine herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 11(3-4), 249-254.
- Mathiason, C. K., Powers, J. G., Dahmes, S. J., Osborn, D. A., Miller, K. V., Warren, R. J., y Wild, M. A. (2006). Infectious prions in the saliva and blood of deer with chronic wasting disease. *Science*, 314(5796), 133-136.

- Medina-Vogel, G. (2010). Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(1), 11-24.
- Mühldorfer, K. (2013). Bats and bacterial pathogens: a review. *Zoonoses and public health*, 60(1), 93-103.
- Olson, D. H., Aanensen, D. M., Ronnenberg, K. L., Powell, C. I., Walker, S. F., Bielby, J., y Fisher, M. C. (2013). Mapping the global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis*, the amphibian chytrid fungus. *PLoS one*, 8(2), e56802.
- O'shea, T. J., Cryan, P. M., Hayman, D. T., Plowright, R. K., y Streicker, D. G. (2016). Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review*, 46(3), 175-190.
- O'Sullivan, D., y Unwin, D. J. (2003). *Geographic Information Analysis*. 2 ed. Wiley, Nueva Jersey, USA. 432 p.
- Parra-Henao G. Sistemas de información geográfica y sensores remotos. Aplicaciones en enfermedades transmitidas por vectores. *Rev CES Med* 2010;24(2):75-90
- Pauli, J. N., Buskirk, S. W., Williams, E. S., y Edwards, W. H. (2006). A plague epizootic in the black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*). *Journal of wildlife diseases*, 42(1), 74-80.
- Peterson, A. T. (2006 a). Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerging Infectious Diseases*, 12(12), 1822.
- Peterson, A. T. (2006 b). Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*, 3:59-72.
- Powers, K. E., Reynolds, R. J., Orndorff, W., Ford, W. M., y Hobson, C. S. (2015). Post-White-nose syndrome trends in Virginia's cave bats, 2008-2013. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 7(4), 113-123.
- QGIS Equipo de Desarrollo. (2019). Sistema de Información Geográfica QGIS. Proyecto de Fundación Geoespacial de código abierto. <https://www.qgis.org/es/site/>



- R Core team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de <https://www.r-project.org/>
- Ramírez, G. A. (2006). ECOLOGÍA. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 273 p.
- Reeder, D. M., Frank, C. L., Turner, G. G., Meteyer, C. U., Kurta, A., Britzke, E. R. y Jacob, R. (2012). Frequent arousal from hibernation linked to severity of infection and mortality in bats with white-nose syndrome. *PLoS One*, 7(6), e38920.
- Reichard, J. D. y Kunz, T. H. (2009). White-nose syndrome inflicts lasting injuries to the wings of little brown myotis (*Myotis lucifugus*). *Acta Chiropterologica*, 11(2), 457-464.
- Reynolds, H. T., Ingersoll, T., y Barton, H. A. (2015). Modeling the environmental growth of *Pseudogymnoascus destructans* and its impact on the white-nose syndrome epidemic. *Journal of Wildlife Diseases*, 51(2), 318-331.
- Rodríguez Diego, J. G., Pedroso Reyes, M., Olivares, J. L., Sánchez-Castilleja, Y. M., y Arece García, J. (2014). La interacción hospedero-parásito. Una visión evolutiva. *Revista de Salud Animal*, 36(1), 1-6.
- Rogers, D. J., y Randolph, S. E. (2003). Studying the global distribution of infectious diseases using GIS and RS. *Nature Reviews Microbiology*, 1(3), 231.
- Rushton, G. (2003). Public health, GIS, and spatial analytic tools. *Annual review of public health*, 24(1), 43-56.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M. J., Green, M., Rodrigues, L., y Hedenström, A. (2010). Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2), 261-274.
- Santos, A., Vargas-Luna, A., Obregón-Neira, N., y Cárdenas, E. (2011). Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia. *Dyna*. 78. 151-159.

- Sheffield, S. R., Shaw, J. H., Heidt, G. A., y McClenaghan, L. R. (1992). Guidelines for the Protection of Bat Roosts. *Journal of Mammalogy*, 73(3), 707–710. <https://doi.org/10.2307/1382051>
- Sheil, D., y May, R. (1996). Mortality and Recruitment Rate Evaluations in Heterogeneous Tropical Forests. *Journal of Ecology*, 84(1), 91-100.
- Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). Ecología. 6 ed. Traducido al español por Sánjose, R. E. *Pearson Educación*. Madrid, España. 776 p.
- Tarsi, K. & Tuff, T. (2012) Introduction to Population Demographics. *Nature Education Knowledge*, 3(11):3.
- Tompkins, D. M., Dunn, A. M., Smith, M. J., & Telfer, S. (2010). Wildlife diseases: from individuals to ecosystems. *Journal of Animal Ecology*, 80(1), 19–38.
- Turner, G. G., D. M. Reeder, y J. T. H. Coleman. (2011). A five-year assessment of mortality and geographic spread of white-nose syndrome in North American bats and a look to the future. *Bat Research News*, 52(2): 13–27.
- Vander Wal, E., Garant, D., Calmé, S., Chapman, C.A., Festa-Bianchet, M., Millien, V., Rioux-Paquette, S. y Pelletier, F. (2014), Applying evolutionary concepts to wildlife disease ecology and management. *Evolutionary Applications*, 7: 856-868.
- Velásquez, B. E., Castro, F., Bolívar, W., y Herrera, M. I. (2007). Infection by the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in anurans from Cordillera Occidental in Colombia/Infección por el hongo quitrido *Batrachochytrium dendrobatidis* en anuros de la Cordillera Occidental de Colombia. *Herpetotropicos: Tropical Amphibians & Reptiles*, 4(2), 65-71.
- Verant, M. L., Meteyer, C. U., Speakman, J. R., Cryan, P. M., Lorch, J. M., y Blehert, D. S. (2014). White-nose syndrome initiates a cascade of physiologic disturbances in the hibernating bat host. *BMC Physiology*, 14(1).
- Weller, T.J., Rodhouse, T.J., Neubaum, D.J., Ormsbee, P.C., Dixon, R.D., Popp, D.L., *et al.* (2018) A review of bat hibernacula across the western

United States: Implications for white-nose syndrome surveillance and management. *PLoS ONE*, 13(10)

- White Nose Syndrome Response Team. (2019). White-Nose Syndrome. [En línea]. Disponible en <https://www.whitenosesyndrome.org/static-page/bats-affected-by-wns> (Consultado el día 19 de Septiembre 2019)
- Wilder, A. P., Frick, W. F., Langwig, K. E., y Kunz, T. H. (2011). Risk factors associated with mortality from white-nose syndrome among hibernating bat colonies. *Biology Letters*, 7(6), 950-953.
- Williams, E. S., Yuill, T., Artois, M., Fischer, J. y Haigh, S. A. (2002). Emerging infectious diseases in wildlife. *Revue scientifique et technique-Office international des Epizooties*, 21(1), 139.

## Anexo 1

Trabajos de los simposios que mencionan la palabra “mortality” o “declines” para conocer lo que se sabía de la mortalidad por fecha. La “(P)” indica que era un proyecto desarrollado en fechas anteriores pero presentando resultados preliminares en ese año.

#	Año*	Autores	Título	Información	Oral
1	2010	Amelon y Belsare	A Potential Model Framework to Investigate Disease Progression	Dicen que se han observado áreas con mortalidad debido al SNB	X (P)
2		Baker <i>et al.</i>	The GateKeeper Beam-break System in Kentucky	Sistema que hace conteos por infrarrojos de la entrada y salida de murciélagos en la cueva apto para medir la mortalidad en invierno y fecundidad en verano	
3		Cryan	Update on White-nose Syndrome (WNS) Research and Response Activities at the USGS Fort Collins Science Center	Evaluaron el papel potencial del desequilibrio homeostático como una aproximación de causa de mortalidad durante el invierno	X
4		Craig <i>et al.</i>	The Relationship between Dietary Fatty Acids and WNS Susceptibility at Both the Species and Population Levels	La mortalidad asociada con el SNB es debido al agotamiento de las reservas de grasa	X
5		Frick <i>et al.</i>	Impacts of White-Nose Syndrome on Population Viability of Little Brown Myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ) in North America	El SNB causa mortalidad masiva, que va desde el 30 al 99% en los sitios donde se ha detectado	X
6		Fuller <i>et al.</i>	A Wing and a Prayer: Little Brown Myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ) Recover from Wing Injuries Associated with White-Nose Syndrome	Probaron la hipótesis de que la reducción del daño alar asociado al SNB reduciría la mortalidad	
7		Hicks <i>et al.</i>	Investigations into the Environmental Transmission of WNS to Hibernating <i>Myotis lucifugus</i>	Realizaron un experimento infectando a murciélagos a propósito <i>in situ</i> y en ese momento no concluían análisis para definir cuantas muertes fueron atribuibles al SNB debido a que hubo muertes que no concordaban con los síntomas.	X (P)
8		Kunz <i>et al.</i>	A Remote Internet-based Video System for Assessing Colony Size and Seasonal Dynamics of Little Brown Myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ) Affected by White-nose Syndrome	Mediante un sistema de video remoto censaron una colonia de murciélagos los cuales tuvieron un decremento del 70% asociado a la mortalidad por el SNB del 2008 al 2009	X (P)

9		Langwing <i>et al.</i>	Declines of Six Hibernating Bat Species from White-Nose Syndrome in the Northeastern United States	El SNB ocasiona mortalidades en un rango del 70 al 100% en los sitios de hibernación	X
10		Miller-Butterworth	Genetic Approaches to Understanding the Spread of White-nose Syndrome in Little Brown Bats ( <i>Myotis lucifugus</i> )	A manera de introducción indica que se ha registrado entre el 75 a 100% de mortalidad en colonias afectadas siendo <i>M. lucifugus</i> la especie con mayores mortalidades documentada	X (P)
11		Puechmaille	The Potential Threat of White-nose Syndrome to European Bats: An Action Plan	La presencia de Pd en Europa sin efectos como los de EU ha ocasionado la formulación de algunas hipótesis y una de ellas es que Pd no es el agente principal de la mortalidad, sino solo un agente oportunista	X
12		Robbins y Windmiller	Amphibian Chytridiomycosis: Epidemiologic and Conservation Parallels to White-Nose Syndrome in Bats	Hacen una comparación entre Pd y Bd donde se les asocia con mortalidades del 100% estacionalmente e influenciadas por la temperatura ambiental	X
13		Secord <i>et al.</i>	Potential Role of Emerging Contaminants in White-nose Syndrome of Bats	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
14		Von Linden <i>et al.</i>	Winter Surveys and Their Effect on Bat Mortality at WNS Hibernacula	Revisaron los muestreos hechos anteriormente en 35 hibernáculos para compararlos con las tendencias después de la llegada de la enfermedad y encontraron mortalidades asociadas al SNB del 34 al 97%.	X
15		Watrous <i>et al.</i>	Evaluating Changes in Bat Activity and Species Composition from White-nose Syndrome at Fixed Acoustic Monitoring Locations in Vermont	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
16		Wibbelt	<i>Geomyces destructans</i> in Europe	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
17		Wilder <i>et al.</i>	An Assessment of Population Genetic Structure in the Little Brown Myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ) to Predict the Spread of White-nose Syndrome	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X (P)
18	2011	Amelon <i>et al.</i>	Conservation Implications of WNS to an Endangered Species: Indiana bat ( <i>Myotis sodalis</i> )	Indican que poblaciones de murciélagos han experimentado mortalidades substanciales por la enfermedad, y su trabajo consistió en ver el impacto de la enfermedad en la especie <i>Myotis sodalis</i> mediante el tamaño poblacional y la diversidad genética.	X

19	Barker <i>et al.</i>	Surveillance for White-Nose Syndrome in Canada	En 2010 dicen que no encontraron mortalidades significativas en las poblaciones, sin embargo, en marzo del 2011 en una hibernácula grande en el condado de Albert, la mortalidad se aproximó al 90% de la población.	X(P)
20	Blehert <i>et al.</i>	An Update on Bat White-Nose Syndrome Fungal Infectivity and Environmental Diversity Studies	Dicen que la enfermedad es caracterizada por un crecimiento fúngico en la piel de los organismos y por la alta mortalidad en los murciélagos hibernantes. Pero su trabajo no habla más al respecto debido a que no es su objetivo.	X
21	Coleman y Phifer	Current Status of the Research and Management of Bat White-Nose Syndrome	Informan las locaciones del hongo, y que las tasas de mortalidad variaron entre especies y entre sitios y que los decrementos han sido del 92% en los 2 o 3 años desde que los sitios fueron registrados como infectados.	X
22	Darling <i>et al.</i>	Assessing Impacts of White-Nose Syndrome on Vermont Bat Populations	Los muestreos indican que las poblaciones de <i>M. lucifugus</i> y <i>M. septentrionalis</i> han declinado un 76% y 97% respectivamente. Por lo que dicen que los niveles de mortalidad podrían ser mayores a los observados durante los conteos de las hibernáculas.	
23	Dobony <i>et al.</i>	Little Brown Myotis Persist Despite Exposure to White-Nose Syndrome	Monitorearon una colonia de maternidad de <i>M. lucifugus</i> y atribuyen los declives en las poblaciones a la enfermedad del SNB	X
24	Feller y Limpert	Spread of White-Nose Syndrome across Bat Hibernacula in Maryland	Durante el muestreo de marzo 2011 documentaron una tasa de mortalidad del 99% en la cueva del condado de Allegany, con respecto al muestreo de marzo de 2010.	
25	Kitchell y Wight	Community Ecology of Bats on the Maternity Range: A Comparison Pre- and Post-White-Nose Syndrome	Solo indican que el tamaño de las colonias de la especie <i>M. sodalis</i> ha mostrado un decremento potencial durante 2006-2010.	
26	Kunz <i>et al.</i>	Over One Million Bats Have Died from White-Nose Syndrome: Why Should We Care?	Dice que cerca de un millón de murciélagos han muerto por causa del SNB y explica algunas razones de por qué debería importar la pérdida de tantos individuos de las poblaciones de murciélagos.	X
27	Moore <i>et al.</i>	Can Inter-Species Differences in Immunological Responses to <i>Geomyces destructans</i> Predict Who Will Survive WNS?	A manera de introducción indica que las variaciones en las respuestas de las especies al SNB es un factor importante en la variación en las tasas de mortalidad asociadas a la enfermedad, pero no habla más acerca del tema.	X(P)
28	Pannkuk <i>et al.</i>	Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight Mass Spectrometric Analysis of	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	

		Bat Integument Biomolecules and <i>Geomyces</i> Enzymes		
29	Puechmaille y Wibbelt	Distribution and Dynamics of <i>Geomyces destructans</i> across Europe	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U y que en Europa no hubo mortalidades altas. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X(P)
30	Reynolds	The Value of Long-Term Banding for White-Nose Syndrome Surveillance and Research	Dicen en su introducción que las altas tasas de mortalidad no tienen precedentes en E.U. y que el monitoreo de las colonias de maternidad puede ser un importante "centinela" para conocer como el incremento en la mortalidad en las hibernáculos afectan las colonias reproductivas en verano. Pero no hablan más del tema en el trabajo.	X
31	Schirmarcher <i>et al.</i>	Bat Activity Patterns from Two Winters at White-Nose Syndrome Infected Hibernacula across Eastern Pennsylvania	Examinaron mediante detector acústico los patrones de actividad de los murciélagos en 6 hibernáculos en Pennsylvania por 2 inviernos, y los datos sugieren que la mortalidad en los sitios infectados está relacionada con que los organismos se infectan en un tiempo temprano del periodo de hibernación.	
32	Vanderwolf <i>et al.</i>	The Pre-White-Nose Syndrome Mycological Flora Associated with Cave Hibernating Bats in New Brunswick, Canada	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U y que en Europa no hubo mortalidades altas. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
33	Turner <i>et al.</i>	Northeast State WNS Update	Redactan que existe una considerable variación en las tasas de mortalidad durante el primer año de la infección del SNB durante el muestreo en las hibernáculos, detectando decrementos del 88% en las poblaciones de 6 especies de murciélagos confirmados que son susceptibles a la enfermedad e indican por especie cual ha sido el porcentaje de la mortalidad.	X
34	Warnecke <i>et al.</i>	Testing the Dehydration Hypothesis: Preliminary Results from Bats Inoculated with <i>Geomyces destructans</i>	En la introducción indican que la causa de mortalidad no es bien conocida, y exponen sus hipótesis, pero no indican nada más acerca de este tema en el trabajo.	
35	Wilder <i>et al.</i>	Risk Factors Associated with White-Nose Syndrome among Hibernating Bat Colonies	Usaron anualmente los datos de presencia-ausencia de la mortalidad relacionada con el SNB entre las colonias de murciélagos para determinar las características que influyen el riesgo de la colonia de tener el SNB. Pero no dan los datos en este resumen del simposio.	X
36	Willis <i>et al.</i>	University of Winnipeg Update: Thermal Refugia,	Solo mencionan que sus resultados pueden iluminar el origen del hongo en Norteamérica	X

			Landscape-Scale Movements of Bats and Preliminary Results of Inoculation Trials	y los mecanismos fisiológicos que están detrás de la mortalidad que afecta a los murciélagos.	
37	2012	Dobony <i>et al.</i>	White-Nose Syndrome: Lessons learned at Fort Drum Military Installation	Monitorearon una colonia de maternidad de <i>M. lucifugus</i> en Fort Drum e indican que han tenido decesos en los números de la colonia atribuidos al SNB	X
38		Johnson y Sanders	Using long-term mist-netting to assess the impact of white-nose syndrome on summer bat populations	Utilizaron redes para capturar murciélagos y generar datos del 2003-2011 para analizar y evaluar los cambios en las comunidades de murciélagos antes y después de la llegada del SNB. Resultando en decesos significativos para 3 especies de murciélagos en West Virginia.	
39		Musante <i>et al.</i>	Individual variation in immune responses in a species only moderately affected by WNS: Characterizing the primary humoral immune response to a novel antigen in big brown bats, <i>Eptesicus fuscus</i>	A manera de introducción dice que debido al rápido declive en los números poblacionales asociados al SNB, se ha vuelto una prioridad entender quien vive y quien muere. Pero no dice nada más al respecto en el trabajo.	
40		Rodhouse <i>et al.</i>	Assessing status and trend of bat populations at broad geographic scales with dynamic distribution models	Analizaron datos acústicos y de captura registros de <i>M. lucifugus</i> para desarrollar un modelo de distribución dinámico y tendencias en patrones de ocurrencias. Pero no menciona números en este trabajo.	
41		Thogmartin <i>et al.</i>	Small population consequences of white-nose syndrome: A sensitivity analysis	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
42		Turner <i>et al.</i>	Metabolic and hygric aspects of <i>Geomyces destructans</i> infection in experimentally inoculated <i>Myotis lucifugus</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
43		Verant <i>et al.</i>	Temperature-dependent variation in growth of <i>Geomyces destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
44		Amelon <i>et al.</i>	Population viability analysis of an endangered species: Indiana bat ( <i>Myotis sodalis</i> )	Establecieron una condición de referencia estable para poblaciones antes de procesar escenarios en todo el rango y tasas de mortalidad a través de 4 subpoblaciones con altas mortalidades en la región noreste y poblaciones del sur y oeste. No maneja ningún dato numérico en todo el texto.	X
45		Blehert <i>et al.</i>	An overview of ongoing bat white-nose syndrome research at the U.S.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se	X



		Geological Survey – National Wildlife Health Center	habla más del tema en el trabajo.	
46	Hicks <i>et al.</i>	Banding begins to determine if WNS survivors occur in the Northeast	En su tiempo se desarrollaba un proyecto para bandear a los murciélagos y ver la tasa de recuperación de bandas y la tasa de morbilidad y mortalidad por medio de bandas. Pero no hay datos numéricos de la mortalidad en el texto.	
47	Horacek <i>et al.</i>	Ecology of geomycosis in Central Europe	Solo indica que a pesar de que se ha encontrado la misma especie de hongo en Europa central, no han sucedido eventos de mortalidades masivas como en E.U.	X
48	Langwing <i>et al.</i>	Seasonal Patterns in Infection Prevalence of <i>Geomyces destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
49	Leighton	Surveillance for White Nose Syndrome in Canada	Un sitio en Ontario fue detectado con tasas de mortalidad substanciales (cientos de murciélagos muertos). Por otro lado, se reportó una mortalidad masiva en New Brunswick siendo 6000 individuos en 2010 antes de la llegada del SNB al sitio, 300 individuos en 2011 y 5 en primavera del 2012	X
50	Martin <i>et al.</i>	From phylogeography to multispecies genetic landscapes: A case study of <i>Perimyotis subflavus</i> and an argument for collaboration	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
51	Pikula <i>et al.</i>	White-nose syndrome diagnosis in Europe	Solo indica que a pesar de que se ha encontrado la misma especie de hongo en Europa central, no han sucedido eventos de mortalidades masivas como en E.U.	
52	Moran	Use of echolocation call recording techniques to monitor bat populations in Connecticut in the wake of white-nose syndrome	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U., y que en enero de dicho año el USFWS anunció que entre 5.7 y 6.7 millones de murciélagos habían muerto como resultado del SNB.	
53	Osorio <i>et al.</i>	Potential vaccine for white-nose syndrome and other bat diseases	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
54	Puechmaille y Rebelo	Predicting the potential distribution of <i>Geomyces destructans</i> in North America and Eurasia using ecological niche modelling	Debido a la mortalidad masiva asociada al SNB, fue de importancia desarrollar áreas adecuadas predictivas para el hongo usando el modelado de nicho ecológico y su distribución potencial en Norteamérica y Asia.	X
55	Vanderwolf	Ectomycota associated	El SNB fue detectado en la cueva de Berryton	X

		<i>et al.</i>	with hibernating bats in Eastern Canadian caves after the emergence of white-nose syndrome	en una provincia canadiense en marzo del 2011 con una mortalidad del 90% pero el objetivo principal del trabajo fue ver si el hongo causante del SNB interactúa con la comunidad fúngica nativa de la microflora de los murciélagos.	
56		Vonhof <i>et al.</i>	Using phylogeography to understand the spread of white-nose syndrome in <i>Myotis lucifugus</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
57		Wibbelt	To be or not be breached-do we need to re-asses our understanding of Gd lesions?	A manera de introducción indica que el SNB ha causado la muerte de millones de murciélagos insectívoros que hibernan en Norteamérica y una de las características de la enfermedad es la mortalidad masiva. Pero no da más información sobre el tema.	X
58	2013	Cornelison	Bacterially mediated contact-independent antagonism of <i>Geomyces destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha sido el responsable de la mortalidad de 5.7 millones de murciélagos en Norteamérica desde el 2006. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
59		Fricck <i>et al.</i>	<i>Geomyces destructans</i> Infection across North America	Observaron la prevalencia del hongo para proveer métodos de detección temprana antes del desarrollo de los síntomas de la enfermedad y que provocan la mortalidad. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
60		Fuller <i>et al.</i>	Understanding the critical recovery phase of white nose syndrome	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
61		Hayman <i>et al.</i>	Environmental conditions inside winter hibernation sites predict white-nose syndrome mortality in bats	Indican que incorporar las variables ambientales adecuadas junto con las características de las hibernáculas a los modelos es crítico para predecir la mortalidad en murciélagos por el SNB. Pero no indican datos numéricos.	X
62		Hicks <i>et al.</i>	Band Retention and Band-related Mortality in the Little Brown Bat, <i>Myotis lucifugus</i>	Colocaron bandas en los murciélagos para determinar la tasa de retención y pérdida relacionada con la morbilidad y mortalidad de los individuos. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
63		Hoyt <i>et al.</i>	Beneficial bacteria on bats inhibit the growth of <i>Geomyces destructans</i>	Su trabajo muestra que las bacterias encontradas naturalmente en la piel de los individuos pueden inhibir el crecimiento del hongo del SNB y podría ser usada como control para reducir la mortalidad. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
64		Johnson <i>et al.</i>	The Effect of Temperature and Infectious Dose on White-nose Syndrome in Captive <i>Myotis lucifugus</i>	Experimentaron con murciélagos en cautiverio, inyectándolos con dosis fúngicas y dejándolos en hibernación para saber la	X

				influencia de la temperatura en el proceso de infección y por consiguiente en la mortalidad resultante, sin embargo, no habla de datos poblacionales en el escrito.	
65		Johnson <i>et al.</i>	A spatio-temporal assessment of WNS effects on summer and winter bat populations in West Virginia	WVDNR y MNF han estado monitoreando las poblaciones de murciélagos durante verano e invierno, indican que desde la llegada del SNB a West Virginia las poblaciones han sufrido decrementos en todo el estado, pero no hay datos en el escrito sobre las tendencias poblacionales.	X
66		Leighton	The Canadian Response to White-nose Syndrome	Se da un informe de cómo ha sido el progreso de la expansión del SNB en Canadá y que ha provocado mortalidades substanciales, no obstante, no hay datos numéricos en el escrito del simposio.	X
67		Lorch <i>et al.</i>	A newly described non-lethal skin infection of hibernating bats can be mistaken for white-nose syndrome	Encontraron un hongo que produce características físicas visibles similares al SNB, pero sin ocasionar mortalidad y no se considera una amenaza para las poblaciones.	X
68		Puechmaille y Rebelo	Modelling <i>Geomyces destructans</i> Distribution in North America and Eurasia Using Ecological Niche Modelling: What Can we Learn?	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
69		Robbins <i>et al.</i>	<i>Anti-Geomyces destructans</i> Drug Candidates: Comparative In Vitro assays for Antifungal Activity	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
70		Vonhof <i>et al.</i>	Does chitosan combat growth of <i>Geomyces destructans</i> and prevent White Nose Syndrome? An experimental test	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
71		Bernard <i>et al.</i>	Changes in Winter Activity of Bats in the Great Smoky Mountains National Park, Tennessee, Due to White-nose Syndrome	Evaluaron posibles cambios en el comportamiento de murciélagos durante la hibernación en invierno después de la llegada del SNB en Tennessee, hipotetizando que las cuevas infectadas a menores latitudes mostrarán un retraso en la mortalidad de los individuos.	
72		Elliott <i>et al.</i>	Tracking the Arrival and Spread of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> and White-nose Syndrome in Missouri	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
73	2014	Amelon <i>et al.</i>	In vivo evaluation of fungistatic volatile compounds from native	Experimentaron con diferentes tratamientos en murciélagos para determinar los efectos en el progreso de la enfermedad y la	X

		soil bacteria <i>Rhodococcus rhodochrous</i> DAP96253 for inhibition of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> in bats.	supervivencia de los murciélagos, e hipotetizaron que no tendrían efectos en las tasas de condición, actividad o mortalidad en las colonias de murciélagos no infectados. Pero no menciona nada de la mortalidad en el escrito.	
74	Bernard <i>et al.</i>	Surveillance for the presence of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> on captured bats in the Southeastern United States	Indican en la introducción que el SNB ha sido responsable de la mortalidad masiva en murciélagos hibernantes, pero su objetivo fue solo determinar el efecto de la enfermedad en murciélagos activos que capturaron afuera de la hibernácula. No mencionan datos de mortalidad.	X
75	Britzke <i>et al.</i>	Hibernating ecology of gray bats ( <i>Myotis grisescens</i> ) at white-nose syndrome infected hibernacula	Indica que, aunque el SNB ha sido reportado en el rango de distribución del murciélago <i>M. grisescens</i> por alrededor de 3 años, no han registrado grandes decrementos en dicha especie. Pero no da más datos de mortalidad.	X
76	Dobony	Observed WNS resiliency in little brown bats at Fort Drum Military Installation, NY?	Monitorearon una colonia de maternidad en Fort Drum entre 2006 y 2014. Descubrieron las mortalidades asociadas al SNB en 2009, y los números declinaron drásticamente, pero mencionan que la colonia se estabilizó en 2010 y ha ido fluctuando con el tiempo.	X
77	Francis	Responding to threats of white-nose syndrome in Canada	Desarrollan planes y protocolos para evitar y/o minimizar el riesgo de la mortalidad por turbinas eólicas, debido a las altas tasas de pérdida que han sufrido los murciélagos a causa de la enfermedad. Pero no menciona nada más acerca del tema.	X
78	Hoyt <i>et al.</i>	Heterogeneity in contact rates leads to explosive amplification of white-nose syndrome in bats	A manera de introducción indica que el SNB ha ocasionado la muerte de millones de murciélagos. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
79	Johnson <i>et al.</i>	Immune responses to <i>Pseudogymnoascus destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha ocasionado la muerte de millones de murciélagos. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
80	Kilpatrick <i>et al.</i>	Mechanisms allowing persistence of remnant populations and actions to restore them	Indica que los conteos en múltiples hibernáculas de la especie <i>M. lucifugus</i> se han estabilizado en New York, mientras que han declinado a 0 o casi cero en muchos otros sitios	X
81	Park y Stephen	Canada's response to white-nose syndrome: Plans, infrastructure, actions	Dicen que en el 2013-2014 la enfermedad fue detectada en nuevos condados en Canadá junto con decrementos substanciales en las poblaciones de sus murciélagos que fueron afectadas previamente. Pero no hay datos numéricos.	X
82	Puechmaille	Distribution and ecology of <i>Geomyces destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB	X

			in Eurasia and its relationship with bats	ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
83		Seawall <i>et al.</i>	Demographic and physiological responses by populations of surviving little brown bats <i>Myotis lucifugus</i> to white-nose syndrome	Contabilizaron los murciélagos en hibernáculos, midieron la condición corporal pre-hibernación y evaluaron el tiempo de infección durante la misma. Durante un tiempo para ver los cambios temporales, concluyendo que la especie <i>M. lucifugus</i> ha declinado en sus colonias más lento desde el primer invierno que llegó la enfermedad, pero no maneja datos numéricos.	X
84		Turner <i>et al.</i>	Examination of survivors: Responses of exposed colonies of little brown bats ( <i>Myotis lucifugus</i> ) across time	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
85		Wilder <i>et al.</i>	Population genomics of little brown myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ) reveal adaptive genetic diversity and varied connectivity of populations across North America	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
86		Carey y Boyles	Compensatory Pulmonary Gas Exchange is an Unlikely Mechanism of WNS-related Dehydration	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
87		Kilpatrick <i>et al.</i>	Strategies for reducing the impact of white-nose syndrome on North American bats	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
88	2015	Maslo	Host Response to WNS Likely Drives Potential Impacts of Treatment	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
89		Vonhof <i>et al.</i>	Testing the Efficacy of Chitosan to combat growth of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> on Experimentally-Infected Little Brown Bats.	A manera de introducción especifican que hay una urgente necesidad de desarrollar mecanismos y estrategias para reducir la mortalidad	
90	2016	Carter <i>et al.</i>	Testing the Efficacy of Chitosan to combat growth of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> on Experimentally-Infected Little Brown Bats	Mencionan que es necesario que se desarrollen mecanismos, estrategias y herramientas para reducir la mortalidad, pero no mencionan nada más del tema al respecto.	X
91		Frick <i>et al.</i>	Invasion and establishment of WNS across North America:	Midieron las tasas de infección del hongo en 7 especies de murciélagos y encontraron que la prevalencia rápidamente se acercó al 100%	X

		Implications for surveillance, management, and recovery efforts	al cabo de 2 años posteriores a la infección en 6 especies y 2 de ellas tuvieron decrementos substanciales de sus poblaciones a comparación de las demás que persistieron.	
92	Gagnon <i>et al.</i>	Bat behavioral responses to white-nose syndrome and implications for resistance and tolerance.	En la introducción mencionan la palabra mortalidad masiva y con su estudio de comportamiento en invierno esperan ver que relación tiene con la mortalidad masiva, pero no mencionan nada más del tema al respecto.	
93	Hoyt <i>et al.</i>	Sociality and the transmission of white-nose syndrome.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
94	Ingersoll <i>et al.</i>	Effects of white-nose syndrome on regional population patterns of three hibernating bat species.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
95	Johnson <i>et al.</i>	Changes in summer bat populations in West Virginia Post-WNS and the persistence of the northern long-eared bat.	Indica que las especies han experimentado decrementos en sus poblaciones desde la llegada de la enfermedad al estado, en su trabajo evaluaron datos de capturas por red en verano colectados en West Virginia del 2006-2015 para ver la diferencia en las poblaciones de los murciélagos, encontrando alta significancia en los decrementos de las poblaciones en ciertas especies.	X
96	Kyle	A Multi-Year WNS Mitigation Project at Black Diamond Tunnel, Georgia.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
97	Kilpatrick <i>et al.</i>	Field trial of two treatments to protect little brown bats from white-nose syndrome.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
98	Lilley <i>et al.</i>	Host response determines persistence in a post – white-nose syndrome landscape.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
99	Loeb <i>et al.</i>	Understanding the Vulnerability of Tri-Colored Bats to White-nose Syndrome in the South: Torpor Patterns and Hibernacula Conditions	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. en casi un 80% de su población total Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
100	Lorch <i>et al.</i>	Fungal skin communities in hibernating bat species that are susceptible and resistant to white-nose syndrome.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
101	Powers <i>et al.</i>	Effects of white-nose syndrome on reproduction	Indican que la mortalidad de la especie <i>M. lucifugus</i> asociada al SNB está muy bien	

			in <i>Myotis lucifugus</i>	documentada, sin embargo, en todo el escrito no mencionan nada más al respecto	
102		Salomon <i>et al.</i>	Characterization of <i>Pseudogymnoascus</i> isolates from a Minnesota hibernaculum and their antagonism against <i>P. destructans</i> , the cause of White-nose Syndrome in bats	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
103		Thomas	Recent Winter Bat Numbers at Mammoth Cave National Park: Pre/Post White-nose Syndrome Arival.	Muestrearon cuevas en el parque nacional Mammoth Cave durante 5 inviernos (3 antes del SNB y 2 posterior a la llegada de la enfermedad), resultando en incrementos de las poblaciones de <i>E. fuscus</i> y decrementos en las poblaciones de <i>M. lucifugus</i> (92.1%), <i>E. fuscus</i> tuvo un decremento de 35.7%, <i>M. sodalis</i> con 39.0%, <i>P. subflavus</i> 62.7%. Aunque los decrementos observados no fueron necesariamente un resultado directo del SNB.	
104		Vanderwolf <i>et al.</i>	Viable <i>Pseudogymnoascus destructans</i> in the cave environment- updates from Eastern Canada	Encontraron que el rendimiento de Pd viable de las paredes de hibernácula disminuyó de 2012 a 2015, ya que la población de murciélagos en hibernación disminuyó debido a la mortalidad WNS, pero los patrones variaron entre la hibernácula y, en general, no fueron estadísticamente diferentes.	X
105		Willis <i>et al.</i>	To spray or not to spray: Evaluating potential ecological costs and benefits of alternative management approaches for WNS.	A manera de introducción especifican que hay una urgente necesidad de desarrollar mecanismos y estrategias para reducir la mortalidad	X
106	2017	Amelon <i>et al.</i>	Validation of a Field-portable, Hand-held qPCR System for Detecting <i>Pseudogymnoascus destructans</i> , the Causative Agent of White-Nose Syndrome in Bats.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. en un 95-100%. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
107		Frank <i>et al.</i>	The Effects of Epidermal Wax Esters on the Growth of <i>Pseudogymnoascus destructans</i> .	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
108		Frank <i>et al.</i>	The Effects of Epidermal Fatty Acid Profiles and 1-oleoglycerol on the Susceptibility of Hibernating Bats to <i>Pseudogymnoascus destructans</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X

109	Gignoux <i>et al.</i>	Are Bat Populations Infected with White-Nose Syndrome Undergoing Rapid Natural Selection?	Indican que la estabilización en los decrementos demográficos de la especie <i>M. lucifugus</i> sugieren que las poblaciones podrían estar desarrollando resistencia al SNB. Pero no proporciona información acerca de la mortalidad	X
110	Langwing <i>et al.</i>	Local Transmission and Spread of White-Nose Syndrome in the Midwestern U.S	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
111	Maslo <i>et al.</i>	Predicting the Dynamics of Bat Populations Experiencing Opposing Patterns in Annual Survival	Enuncian que <i>M. lucifugus</i> han experimentado decrementos masivos en sus poblaciones, y muestrearon mediante captura-recaptura durante 5 años las poblaciones de 2 especies para observar patrones de actividad, resultando en que la tasa de supervivencia de <i>M. lucifugus</i> incremento de 0.59 a 0.74 mientras que la de <i>M. sodalis</i> decreció de 0.79 a 0.75.	X
112	Overton <i>et al.</i>	Prokaryotic Microbiome Studies on <i>Myotis lucifugus</i> Populations (skin associates in naïve, survivors, and mass mortality phase, along with guano associated at maternity sites)	Menciona la palabra mortalidad en el escrito, pero no da datos numéricos en dicho trabajo debido a que no fue su objetivo.	X
113	Seawall <i>et al.</i>	Effects of Age and Colony Experience on Bat Responses to White-Nose Syndrome	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
114	Sirajuddin	Torpor Patterns of Tricolored Bats in White-Nose Syndrome Positive and Negative Sites	<i>P. subflavus</i> ha experimentado más del 80% de mortalidad en sus poblaciones.	X
115	Verant <i>et al.</i>	Development of Cutaneous Invasive <i>Ascomycosis</i> (White-Nose Syndrome) in <i>Tadarida brasiliensis</i> Experimentally Inoculated with <i>Pseudogymnoascus destructans</i> .	Menciona la palabra mortalidad en el escrito, pero no da datos numéricos en dicho trabajo debido a que no fue su objetivo.	X
116	Vonhof <i>et al.</i>	Chitosan: An Effective Treatment for WNS?	Menciona la palabra mortalidad en el escrito, pero no da datos numéricos en dicho trabajo debido a que no fue su objetivo.	X
117	Gagnon <i>et al.</i>	Bat Behavioral Responses to White-Nose Syndrome and Implications for Resistance and Tolerance	A manera de introducción indica que el SNB ha diezclado las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
118	Hooper <i>et al.</i>	White-Nose Syndrome Infection Intensity in	Indican que la acumulación de daño alar probablemente influencia la mortalidad en los	



			Palaearctic and Nearctic Bats.	individuos afectados. Pero no da datos de mortalidad.	
119		Hoyt <i>et al.</i>	The Effectiveness of Environmental Decontamination at Reducing the Impacts of White-Nose Syndrome.	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
120		Loeb <i>et al.</i>	Will the South's Bats Rise Again? The Devastating Effects of White-Nose Syndrome in South Carolina	Su objetivo fue documentarlos decrementos de los murciélagos en Sumter National Forest en South Carolina, encontrando que <i>P. subflavus</i> decreció de 321 en 2014 a 148 en 2015 y a 67 en 2016 (79.1%) y que una gran colonia de <i>M. lucifugus</i> cerca de uno de sus sitios de muestreo había desaparecido completamente. Concluyendo que la enfermedad tuvo grandes impactos en la comunidad de murciélagos del estado.	
121	2018	Cornelison <i>et al.</i>	WNS Mitigation Efforts at Black Diamond Tunnel, Georgia	Implementaron una estrategia de tratamiento en Black Diamond Tunnel en Georgia para mitigar los decrementos que han tenido las poblaciones por el SNB, se han reportado decrementos de hasta el 95% para la especie <i>P. subflavus</i> desde la detección del hongo en 2013.	X
122		Gagnon <i>et al.</i>	Bat behavioral responses to white-nose syndrome and implications for resistance and tolerance	Años después de la infección de la enfermedad, dicen en su introducción que las colonias siguen sobreviviendo a pesar de los episodios de mortalidad masiva. Pero no menciona nada más respecto al tema en el escrito.	X
123		Ineson y Foster	Little brown bat population dynamics in New England	En 2016 y 2017 capturaron cerca de 1200 murciélagos en 7 colonias que, combinados con datos históricos, los resultados sugirieron una estabilización o incremento anual en el tamaño de la colonia.	X
124		Langwing <i>et al.</i>	Linking individual data to population impacts of WNS	Usaron datos de individuos bandeados en múltiples sitios para examinar los efectos de la temperatura en el descanso sobre la carga fúngica y la misma sobre la supervivencia, sin embargo, no dan datos de mortalidad.	X
125		Maslo	Signatures of a soft selective sweep in remnant populations of <i>Myotis lucifugus</i>	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	X
126		Moore <i>et al.</i>	Using wing biopsies and mass spectrometry-based proteomics to investigate characteristics of resistance to white-nose syndrome at the barrier to infection	Indican que las características en la defensa inmune pueden explicar la diferencia de la enfermedad para infectar y la diferencia en la mortalidad entre las especies infectadas.	X
127		Rodriguez <i>et</i>	The Regional Hub Model	Trabajaron con modelos de ocupación para	X

		<i>al.</i>	as a Catalyst for Collaborative Bat Research and Monitoring: An Example from the Pacific Northwest	detectar decrementos en las poblaciones, y se sospecha que tanto el SNB como la expansión de la generación de poder eólico, 2 especies son vulnerables, <i>M. lucifugus</i> y <i>L. cinereus</i> , encontrado pequeños decrementos en <i>L. cinereus</i> , pero no en <i>M. lucifugus</i> . Pero no dan datos numéricos.	
128		Seawall <i>et al.</i>	White-nose syndrome severely affects juvenile bats	A manera de introducción indica que el SNB puede causar la mortalidad de la especie <i>M. septentrionalis</i> y extinción local de la misma. Y las investigaciones realizadas sugieren que las poblaciones costeras parecen estar persistiendo a pesar de las infecciones.	X
129		Hasse <i>et al.</i>	Incorporating Evaporative Water Loss into Models of Hibernation Energetics and Implications for White-Nose Syndrome	Concluyen que las diferencias en la mortalidad de las especies se deben a la diferencia en la pérdida de agua por evaporación. Pero no menciona más datos al respecto	
130		Hoff <i>et al.</i>	Persistence of Remnant <i>Myotis septentrionalis</i> Island Populations Despite Exposure to White-nose Syndrome	A manera de introducción indica que el SNB puede causar la mortalidad de la especie <i>M. septentrionalis</i> y extinción local de la misma. Y las investigaciones realizadas sugieren que las poblaciones costeras parecen estar persistiendo a pesar de las infecciones.	
131		Kurta y Smith	Effects of White-nose Syndrome on Bats in Michigan	El hongo fue detectado por primera vez en Michigan en 2014, durante los inviernos del 2016-2018 determinaron la población antes y después de la llegada de la enfermedad. Encontrando que el total de la población cayó en un 83%; 24 sitios registrados la población declinó hasta en 90%. <i>M. lucifugus</i> decreció en 78%, <i>M. septentrionalis</i> un 96%, y <i>P. subflavus</i> un 94%.	
132		Thomas	Changes in summer bat capture rates at Mammoth Cave National Park: Pre/Post white-nose syndrome arrival	En el parque nacional Mammoth Cave los datos de captura de las especies demuestran que <i>M. septentrionalis</i> decrecieron en un 82.5-99.1%, siendo los cambios en esas poblaciones similares a otros trabajos realizados en el parque y otros estados.	
133		Verant y Burnett	Bat Conservation and White-nose Syndrome Response in National Parks	A manera de introducción indica que el SNB puede causar la mortalidad de la especie <i>M. septentrionalis</i> y extinción local de la misma. Y las investigaciones realizadas sugieren que las poblaciones costeras parecen estar persistiendo a pesar de las infecciones.	
134		Womack <i>et al.</i>	White-nose Syndrome Surveillance in Missouri	Mencionan que han observado decrementos en las poblaciones afectadas por la enfermedad, pero no dan datos numéricos sobre la mortalidad.	
135	2019	Hoyt <i>et al.</i>	Managing the environmental reservoir to	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos	

			reduce white-nose syndrome impacts	hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	
136		Cornelison <i>et al.</i>	A Multi-Year WNS Mitigation Project at Black Diamond Tunnel, Georgia	A manera de introducción indica que el SNB ha diezmando las poblaciones de murciélagos hibernantes en el Noreste de E.U. Pero no se habla más del tema en el trabajo.	

## Anexo 2

Artículos y reportes encontrados con la información requerida y utilizada para los análisis.

Autor	Año	Título	Tipo
Brooks	2011	Declines in summer bat activity in central New England 4 years following the initial detection of white-nose syndrome	Artículo
Dobony <i>et al.</i>	2011	Little Brown Myotis Persist Despite Exposure to White-Nose Syndrome	Artículo
Ford <i>et al.</i>	2011	Patterns of Acoustical Activity of Bats Prior to and Following White-Nose Syndrome Occurrence	Artículo
Samoray, Steve	2011	2011 White-nose Syndrome Monitoring and Bat Population Survey of Hibernacula in Tennessee	Reporte
Turner <i>et al.</i>	2011	A Five-year Assessment of Mortality and Geographic Spread of White-Nose Syndrome in North American Bats, with a Look at the Future. Update of White-Nose Syndrome in Bats.	Artículo
Dobony <i>et al.</i>	2012	White Nose Syndrome Lessons learned at Fort Drum Military Installation, New York.	Poster
Forbes	2012	Little brown myotis ( <i>Myotis lucifugus</i> ): technical summary for emergency assessment 2012	Reporte
Francl <i>et al.</i>	2012	Capture and Reproductive Trends in Summer Bat Communities in West Virginia: Assessing the Impact of White-Nose Syndrome	Artículo
Holliday, Cory	2012	2012 White-Nose Syndrome Disease Surveillance and Bat Population Monitoring Report	Reporte
Flock, Brian	2013	2013 Tennessee Bat Population Monitoring and White Nose Syndrome Surveillance	Reporte
Flock, Brian	2014	2014 Bat Population Monitoring and White Nose Syndrome Surveillance	Reporte

Flock, Brian	2015	Bat Hibernacula Survey and WNS Monitoring 2015	Reporte
Maslo <i>et al.</i>	2015	Conservation implications of ameliorating survival of little brown bats with white-nose syndrome	Artículo
Powers <i>et al.</i>	2015	Post-White-Nose-Syndrome trends in Virginia's Cave bats	Artículo
Campbell, Josh	2016	Tennessee Winter Bat Population and White-nose Syndrome Monitoring Report for 2014-2015 and 2015-2016	Reporte
Bernard y McCracken	2016	Winter behavior of bats and the progression of white-nose syndrome in the southeastern United States	Artículo
Campbell, Josh	2017	Tennessee Winter Bat Population and White-nose Syndrome Monitoring Report for 2016-2017	Reporte
Langwing <i>et al.</i>	2017	Resistance in persisting bat populations after white-nose syndrome invasion	Artículo
Pettit y O'Keefe	2017	Impacts of White-Nose Syndrome Observed During Long-Term Monitoring of a Midwestern Bat Community	Artículo
Campbell, Josh	2018	Tennessee Winter Bat Population and White-nose Syndrome Monitoring Report for 2017-2018	Reporte
Dobony y Johnson	2018	Observed Resiliency of Little Brown Myotis to Long-Term White-Nose Syndrome Exposure	Artículo
Thalken <i>et al.</i>	2018	Shifts in Assemblage of Foraging Bats at Mammoth Cave National Park following Arrival of White-nose Syndrome	Artículo
Thalken y Lacki	2018	Tree roosts of northern long-eared bats following white-nose syndrome	Artículo
Campbell, Josh	2019	Tennessee Winter Bat Population and White-nose Syndrome Monitoring Report for 2018-2019	Reporte
Cheng <i>et al.</i>	2019	Higher fat stores contribute to persistence of little brown bat populations with white-nose syndrome	Artículo
Muthersbaugh <i>et al.</i>	2019	Activity patterns of cave-dwelling bat species during pre-hibernation swarming and post-hibernation emergence in the central Appalachians	Artículo

### Anexo 3

Valores netos de mortalidad (No. De muertes) usados para la serie de tiempo por estado.

Fecha s	Eptesicus fuscus	Myotis grisescen s	Myotis leibii	Myotis lucifugus	Myotis septentrionali s	Myotis sodalis	Perimyoti s subflavus
2007	306					683	126
2008			5		1502	17771	2
2009				1672		80071	
2010	63		261	215277	565	14924	773
2011	118		143	53887	1102	27204	1786
2012				1219	31		372
2013	24	96		6722	4	654	667
2014	26	36354		1266	53	9000	2525
2015	10	6	4	537	47	1174	5421
2016	44	283461	144	833	23	1795	1350
2017	2211	115968	168	420	228	4398	707
2018	30	397677	4	1031	7	2145	1318