



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

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

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

Informe final de servicio social por investigación para obtener el título de
Licenciado en Biología

**Análisis multicriterio para la identificación de áreas potenciales
de transmisión de rabia en humanos por el vampiro común
(*Desmodus rotundus*) en México**

QUE PRESENTA

Rojas-Mendez Marco Antonio

Matricula:

2202028477

Asesora:

Dra. Monroy-Dosta María del Carmen (28906)

1. Introducción

La rabia clásica (RABV) es una enfermedad zoonótica con una mortalidad alta, causada por un virus de la familia Rhabdoviridae, género *Lyssavirus*, que afecta a una amplia gama de mamíferos, incluyendo a los humanos, y se transmite mediante el contacto directo con la saliva de animales silvestres y/o domesticados infectados (Diario Oficial de la Federación, 2011; OPS, 2024).

En México, el vampiro común (*Desmodus rotundus*) es uno de los vectores principales de la RABV, ya que su alimentación hematófaga, basada en la sangre de animales domésticos y silvestres, favorece la transmisión del virus, representando un desafío para la salud pública y el sector ganadero en Latinoamérica (Moran *et al.*, 2015; SENASICA, 2020; Araúz *et al.*, 2021; Cárdenas-Canales *et al.*, 2022).

En un estudio previo (SENASICA, 2024) se utilizó el análisis multicriterio (AMC) como herramienta para determinar la presencia y dispersión de la enfermedad, además de identificar y categorizar las zonas de riesgo de contagio de rabia paralítica en bovinos en el país con resultados positivos, de tal manera, puede ser una metodología adecuada para definir las áreas potenciales de transmisión de la RABV en humanos por *D. rotundus*, para posteriormente implementar estrategias más efectivas de vigilancia y control de la enfermedad. Por lo que el presente estudio se enfoca en la aplicación del AMC para la identificación de áreas potenciales de transmisión de rabia hacia los humanos por *D. rotundus* en México, considerando distintas variables como el cambio de uso de suelo y vegetación, nicho ecológico de la especie y la cantidad de cabezas de ganado en México.

2. Planteamiento del problema y justificación.

La transmisión de RABV por mordida de perro, se erradicó en México desde el año 2005 (Morán-Rodríguez, 2023), sin embargo, se han registrado contagios causados por especies silvestres, tanto terrestres como aéreas (Loza-Rubio *et al.*, 2012), como ejemplo, SINAVE (2023), en su aviso epidemiológico “CONAVE/01/2023/Rabia Humana”, notificaron que se han tenido distintos casos de rabia en humanos transmitida por murciélagos entre los años 2022-2023.

La rabia es una enfermedad que se puede prevenir (Frantchez y Medina, 2018), por lo que se vuelve esencial la identificación de áreas de alto riesgo de transmisión para desarrollar estrategias efectivas de vigilancia y control. Los aspectos tales como el cambio de uso de suelo, y los cambios climáticos, pueden incidir en la presencia del vampiro común, así como en la propagación de RABV por estos organismos hacia las poblaciones humanas (Torres-Mejía *et al.*, 2021), denotando así, la falta de un enfoque integrado que considere distintos aspectos o factores que influyen en la presencia de estos murciélagos y como han limitado la efectividad de las intervenciones actuales para evitar la enfermedad.

3. Objetivos

3.1. General

- Identificar las áreas con mayor probabilidad de contraer rabia en humanos por el murciélago hematófago *Desmodus rotundus* en las entidades federativas de la República Mexicana.

3.2. Particulares

- Modelar el nicho ecológico de *Desmodus rotundus*.
- Identificar factores que influyen en la probabilidad de contraer rabia.
- Identificar las áreas con mayor probabilidad para la contracción de rabia por *D. rotundus* por medio de un AMC.

4. Antecedentes

4.1. Descripción biológica del virus que causa la rabia en humanos

El agente causal del RABV es un virus del género *Lyssavirus*, perteneciente a la familia Rhabdoviridae (Loza-Rubio *et al.*, 1998), este patógeno al igual que otros *Lyssavirus*, se caracteriza por ser un virus de ácido ribonucleico (RNA) monocatenario neurotrópico con sentido negativo, con una morfología en forma de bala, una nucleocápside fuertemente enrollada y cinco proteínas estructurales (Robertson *et al.*, 2012).

En el continente americano, solo una de las 17 especies del género *Lyssavirus* está presente (InDRE, 2023), y está clasificada como genotipo 1, serotipo 1 (Frantchez y Medina, 2018; Chuquista-Alcarraz, 2020).

4.2. Descripción de la rabia como enfermedad y sus reservorios

La RABV puede afectar a todos los mamíferos, sean silvestres o domésticos y de igual manera, a los humanos (Diario Oficial de la Federación, 2011; OPS, 2024). Algunos de los animales silvestres más comunes que son reservorios naturales del virus de la rabia (RABV) son zorrillos (*Spilogale leucurus*), zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*), murciélagos tanto hematófagos (*D. rotundus*) como no hematófagos (*Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus cinereus*) (Velasco-Villa *et al.*, 2005; Velasco Villa *et al.*, 2006), Sánchez *et al.*, (2019) menciona que por medio de anticuerpos monoclonales se establecieron 11 variantes antigénicas de RABV en América, de estas, las variantes 3, 4, 5, 6, 9 y 11 tienen como reservorios a los murciélagos, las variantes 8 y 10, corresponden a los zorrillos, y la variante 7 a la zorra gris, mientras que las variantes 1 y 2 corresponden al perro doméstico como reservorio principal (Tabla 1) (MinSalud, 2012).

Tabla 1. Variantes del virus de la rabia identificado en el ámbito mundial (MinSalud, 2012).

Variantes del virus de la rabia	Reservorios
V1	Perros domésticos y ferales, mangostas y coyotes.
V2	Perros domésticos.
V3	Murciélagos hematófagos (<i>D. rotundus</i>).
V4	Murciélago de cola libre (<i>T. brasiliensis</i>).
V5	Murciélago hematófago.
V6	Murciélago canoso (<i>L. cinereus</i>).
V7	Zorra gris (<i>U. argentus</i>)
V8	Zorrillos (<i>Mephitis mephitis</i> y <i>S. leputorius</i>)
V9	Murciélagos (<i>Artibeus jamaicensis</i> y <i>T. brasiliensis</i>).
V10	Zorrillos (<i>S. leputorius</i>)
V11	Murciélagos hematófagos.

Sin embargo, hay países que aún presentan un problema latente de rabia en fauna doméstica como lo son perros y gatos e inclusive en animales de interés económico como el ganado bovino (Moran *et al.*, 2015; SENASICA, 2020).

Tal como comenta Gómez-Chávez (2014), aunque el patógeno *Lyssavirus* puede causar RABV a distintas especies, a menudo no logra sobrevivir durante el proceso de infección de un individuo a otro en especies a las que no están adaptados; pues existen variantes virales específicas tanto en animales domésticos como silvestres, y esta especificidad viral es la razón por la cual los casos en animales susceptibles, pero no reservorios, son esporádicos y no pueden generar enzootias en su propia especie (Poblete-Olguín, 2017). Esta enfermedad, presenta una encefalomielitis de tipo aguda que casi siempre resulta mortal después de la aparición de los primeros signos clínicos, estando presente en todos los continentes, sin incluir a la Antártida, siendo Asia y África los continentes con mayor tasa de mortalidad (InDRE, 2023).

El diagnóstico preliminar de RABV se basa en dos aspectos clave: la detección de síntomas clínicos característicos y en la obtención de datos para determinar la identificación del organismo agresor (Torres-Castro *et al.*, 2023). Es fundamental destacar que los signos clínicos pueden variar considerablemente y, en muchos casos, no corresponden a los patrones sintomáticos habituales de la enfermedad (Fooks *et al.*, 2017; Torres-Castro *et al.*, 2023). Dentro del periodo neurológico existen dos variedades según López-Moreno (2022), rabia encefálica (furiosa) y rabia paralítica (muda), las cuales presentan distintas caracterizaciones sintomáticas:

- 1) **Rabia encefálica (furiosa)**, la cual se presenta en el 80% de los casos, se caracteriza por la aparición de hidrofobia, agitación e hiperactividad, confusión, aerofobia e inestabilidad o disfunción autonómica (Shay-Anne *et al.*, 2020), que incluye síntomas como pupilas dilatadas o contraídas, piloerección, hipersalivación, hiperhidrosis, priapismo y eyaculaciones espontáneas, siendo las convulsiones y opistótonos menos comunes (López-Moreno, 2022; Silva-Serra y Osorio-Abarzúa, 2023).
- 2) **Rabia paralítica (muda)**, caracterizándose por un estado somnoliento, tetraplejía e insuficiencia respiratoria (Silva-Serra y Osorio-Abarzúa, 2023), los principales animales afectados con esta variante son los animales de cría como ganado bovino, equino, caprino y ovinos (Villanueva-Páez y Mogollón-Vergara, 2023).

Según Pawan en lo mencionado por de Diego y Valotta (1979), en *D. rotundus*, la rabia puede manifestarse de diversas maneras: rabia furiosa que progresa hacia parálisis y culmina en la muerte; rabia furiosa que lleva a la muerte sin que se presente parálisis; rabia furiosa de la cual el animal infectado logra recuperarse; rabia paralítica clásica que termina en muerte; muerte súbita sin síntomas previos; y una forma asintomática o "no aparente", donde el animal continúa su vida normal pero se convierte en portador.

4.3. Epidemiología de la rabia a nivel mundial y en México

La RABV es la causante del deceso de más de 59,000 personas anualmente, principalmente en países en desarrollo (Gen *et al.*, 2023), aunque esta enfermedad se encuentra prácticamente en todos los continentes, (exceptuando la Antártida), Asia y África son los que mayor tasa de mortalidad presentan (InDRE, 2023). En América, así como en México, a finales del siglo XIX e inicios del XX, se atendieron las enfermedades transmisibles, zoonosis y enfermedades alimentarias, siendo México el primer país en aplicar la primera vacuna contra la rabia debido a los esfuerzos del médico E. Liceaga y el veterinario J. L. Gómez (Garza-Ramos, 2010).

En México el Programa Nacional de Control de la Rabia logró la disminución de los casos de rabia en personas y perros, interrumpiendo así la transmisión urbana de perro-perro y de perro-humano (Torres-Castro *et al.*, 2023). Debido a esto, en 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) certificó a México como el primer país libre de rabia humana transmitida por perros, una distinción otorgada en vista de no haber registrado ningún caso desde 2005 (Morán-Rodríguez, 2023). Aunque se ha logrado una reducción en los casos de rabia en fauna doméstica, se ha registrado la incidencia de RABV hacia humanos, por múltiples especies silvestres, tanto terrestres (como zorros, zorrillos, etc.) como aéreas (murciélagos) (Loza-Rubio *et al.*, 2012). El Sistema Especial de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) reportó en su aviso epidemiológico, un caso de rabia transmitido por un murciélago en Jalisco en abril de 2022, posterior a ese momento, en diciembre, se confirmaron tres casos adicionales, dos en Oaxaca, ambos originados por murciélagos, y uno en Nayarit, transmitido por un gato sin vacunación previa, adicionalmente el SEVERH registró en enero de 2023 la presencia del

virus en Sonora, específicamente de la variante antigénica V.7 asociada con la zorra gris (SINAVE, 2023)

4.4. Murciélagos y su relación con la enfermedad de la rabia

Los murciélagos, clasificados en el orden Chiroptera, se destacan como los únicos mamíferos voladores, debido a la modificación de sus extremidades anteriores, que presentan dedos alargados cubiertos por una membrana de piel conocida como patagio (Anderson y Ruxton, 2020; Sélem-Salas *et al.*, 2022). A pesar de su importante rol en la ecología de los ecosistemas, han sido objeto de diversos prejuicios por parte de múltiples sociedades humanas en todo el mundo (Aguilar-Guerrero, 2022).

A nivel mundial, se han registrado 1,456 especies de murciélagos hasta el año 2022, no obstante, este número está en constante aumento, sobre todo en la región Neotropical, que incluye una porción del territorio mexicano (Barquez *et al.*, 2022). En México se cuenta con el registro de aproximadamente 141 especies de murciélagos distribuidos en ocho familias, representando así, el 10% de la diversidad mundial de murciélagos (Rivas-Camo *et al.*, 2020; Barquez *et al.*, 2022). Destacando que, del total de especies a nivel mundial, solamente *D. rotundus*, *Diaemus youngi*, y *Diphylla ecaudata*, son de alimentación hematófaga (que se alimentan de sangre), siendo nativas de México estas tres especies (Taylor y Tuttle, 2019).

Los murciélagos hematófagos son reconocidos reservorios del virus de la rabia, por su parte, en América Latina, este fenómeno ha tomado relevancia desde los 90's, cuando comenzaron a registrarse casos de rabia humana causados por murciélagos en su entorno natural (Sánchez *et al.*, 2019). Desde las primeras expediciones colonizadoras a América, se documentó la transmisión del RABV por murciélagos hematófagos, y se especula que esta situación ya existía en la era precolombina (Schneider *et al.*, 1995). En la actualidad, *D. rotundus* es considerado como el principal transmisor y reservorio del virus, afectando a humanos y ganado en América Latina (Bárcenas-Reyes *et al.*, 2015).

4.5. Filogeografía, biología, alimentación e importancia de *Desmodus rotundus*

D. rotundus se encuentra ampliamente distribuido en América Central y del Sur, abarcando desde el norte de México hasta el norte de Argentina y Chile, su rango altitudinal varía desde el nivel del mar hasta más de 2,900 metros en México, aunque en países como Perú puede habitar a alturas superiores a los 3,000 metros sobre el nivel del mar (Santos-Moreno *et al.*, 2016; Corrêa-Scheffer *et al.*, 2022).

Dentro de la distribución conocida a lo largo del continente americano, esta especie se encuentra dividida en cinco clados monofiléticos, siendo cada uno de estos, representantes de distintas regiones biogeográficas y biomas, reflejando la diversidad genética y ecológica de la especie, por su parte, el linaje correspondiente a Centroamérica, abarca una amplia extensión que va desde México hasta la región biogeográfica que comprende Costa Rica (Martins *et al.*, 2009; Martins y Hubbe, 2012).

D. rotundus se ha registrado en 24 estados de México, en la vertiente del Pacífico abarcando desde el centro de Sonora, hasta Chiapas, y en la vertiente del Golfo desde Nuevo León, hasta la Península de Yucatán, considerando todos los estados centrales como se muestra en la Figura 1 (Ortiz-Badillo, 2015; Zarza *et al.*, 2017; Sánchez-Cordero *et al.*, 2020).

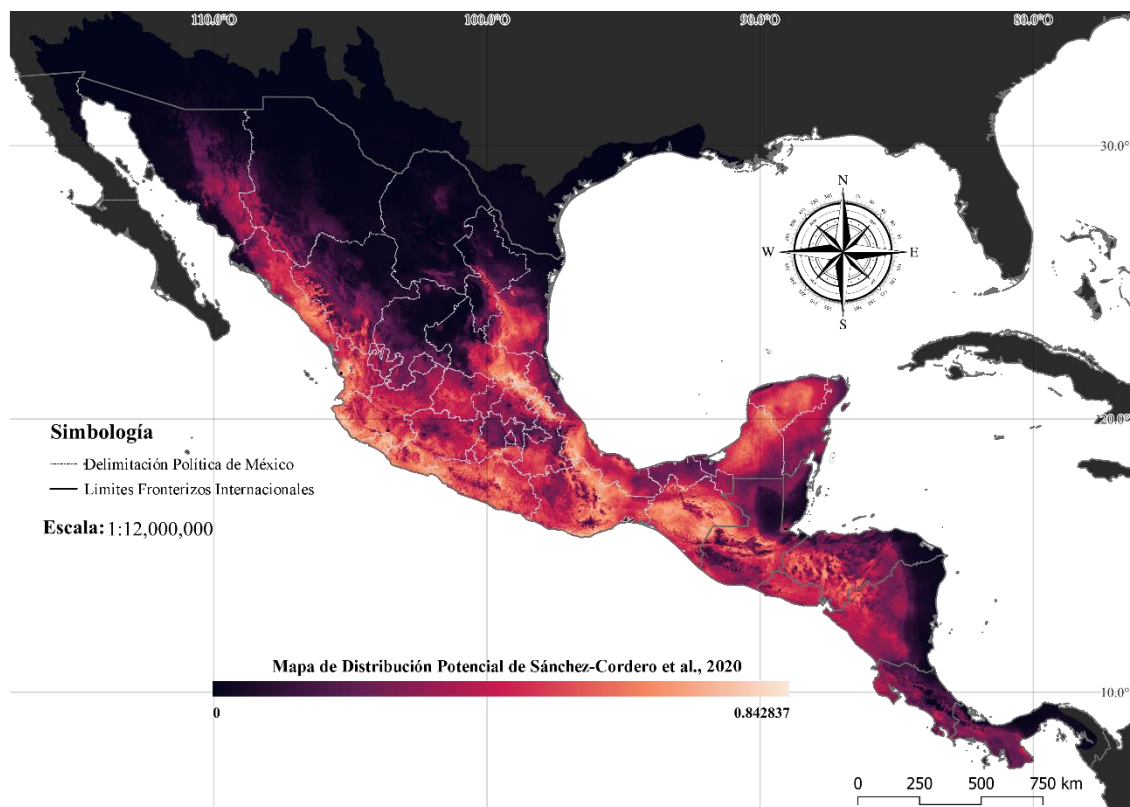


Figura 1. Mapa de distribución potencial de *D. rotundus* en México tomado y modificado del modelado de Sánchez-Cordero *et al.*, 2020 en Geoportal CONABIO.

Al ser organismos oportunistas, estos murciélagos ocupan diversos hábitats, incluidos refugios naturales como cuevas y troncos huecos, y espacios artificiales como minas, canales de riego y casas abandonadas, lo que refleja su notable capacidad de adaptación a cambios antrópicos en el medio ambiente (Amador-Martínez, 2020). Si bien, esta especie se encuentra comúnmente en ambientes con temperaturas cálidas, que oscilan entre 20 y 27 °C, se adapta mejor en donde no hay mucha variación de temperatura en sus refugios; por otra parte, su rango de tolerancia térmica es amplia, abarcando hasta los 35-37 °C, mientras que su humedad relativa óptima es de 45 a 100% (Zarza *et al.*, 2017).

Debido a sus piernas largas y pulgares alargados, este organismo puede correr y saltar con facilidad (Figura 2), acercándose rápidamente a su presa en tierra firme, además, está equipado con incisivos y caninos afilados, ideales para su alimentación (Taylor y Tuttle, 2019). Durante la alimentación, el vampiro común localiza áreas del cuerpo de su presa con alta vascularización (como el cuello), y humedece la zona con su saliva, cubriendo un área de aproximadamente 10 a 15 mm, posteriormente, presiona su mandíbula inferior contra la

piel y realiza una serie de mordidas rápidas con sus incisivos; su saliva contiene un anticoagulante y un anestésico natural, lo que evita que la presa perciba la herida y facilita la ingesta de sangre. La alimentación puede prolongarse hasta 25 minutos, durante los cuales lame la sangre de manera continua por aproximadamente 13 minutos, consumiendo entre 15 y 20 ml de sangre por día (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).



Figura 2. Ilustración del modo de locomoción terrestre en *D. rotundus*, resaltando la secuencia de saltos utilizados para su desplazamiento. Elaboración propia.

Hasta donde se sabe, *D. rotundus* presenta una dieta generalista, alimentándose de la sangre de diversos vertebrados, incluidos reptiles, aves y mamíferos, tanto silvestres como domésticos (Villa-Ramírez, 1976; Brown y Escobar, 2023). Sin embargo, su preferencia por el ganado genera importantes pérdidas económicas en el sector ganadero cada año (Monroy-Ambrocio, 2003; Lanzagorta-Valencia *et al.*, 2020; Araúz *et al.*, 2021), ya que provoca debilitamiento por pérdida de sangre, favorece infecciones secundarias, reduce la producción de leche y carne, y puede ocasionar la muerte del ganado en caso de infección por rabia parálitica bovina (Torres-Mejía *et al.*, 2021).

Los murciélagos (Orden Chiroptera) desempeñan funciones ecológicas clave, actuando como polinizadores, dispersores de semillas y nutrientes, hospedadores de ectoparásitos, bioindicadores y componentes esenciales en las redes tróficas como presas y depredadores de diversos vertebrados; además, tienen una importancia económica al contribuir en la medicina, al control biológico de plagas, la polinización de especies de interés comercial, como los agaves, y la producción de guano (utilizado como fertilizante), entre otros beneficios (Kasso y Balakrishnan, 2013). En particular, *D. rotundus* cumple un papel ecológico relevante, ya que puede considerarse un depredador o un parásito generalista según el contexto del ecosistema (Brown y Escobar, 2023). Asimismo, su saliva contiene compuestos anticoagulantes con la capacidad de disolver coágulos sanguíneos, lo que la convierte en un recurso valioso para la investigación biomédica, con potencial aplicación en terapias trombolíticas en humanos (Martínez-Hernández y Velázquez-López, 2019; Alagón-Cano, 2005).

4.6. Factores que influyen en la prevalencia y transmisión de rabia por *Desmodus rotundus*

Debido a la gran adaptación de *D. rotundus* para asentarse en diversos hábitats antrópicos o perturbados (Amador-Martínez, 2020), la prevalencia y transmisión de rabia es latente por la constante interacción humano-murciélago, así como lo menciona Torres-Mejía *et al.*, (2021), los vectores (como lo es éste organismo para la RABV) cambian su distribución por las

actividades antrópicas que conllevan a un cambio de uso de suelo, ya sea para recreación, actividades agropecuarias, o urbanización, aunando que el cambio climático es un factor igual de importante en este escenario, por lo que este murciélago se vuelve una especie potencial para transmitir la RABV hacia las personas.

4.7. Estudios en México donde mapean la prevalencia de rabia

Si bien, hay estudios en México donde utilizan el AMC para mapear la prevalencia de rabia paralítica en bovinos como los trabajos informados por SENASICA (2024) y de Zarza *et al.*, (2017), o como en el estudio realizado por Torres-Mejía (2021), donde utilizando los modelos de dispersión basados en distintas variables ambientales, analizaron la interacción de las poblaciones de *D. rotundus* con los asentamientos humanos y el ganado en el estado de San Luis Potosí. Sin embargo, no se encontraron estudios específicos para la identificación de áreas potenciales de transmisión de RABV hacia la población humana por *D. rotundus*.

5. Metodología

5.1. Modelado de nicho ecológico

Se utilizaron datos de presencia de la especie obtenidos de GBIF (Global Environmental Facility) (GBIF, 2024). Los registros se sometieron a un proceso de revisión para eliminar duplicados, se descartaron los registros que no pertenecieran a los basis of records de “Human observation (Ho)”, y “Preserved specimen (Ps)”; para el caso de los registros de Ps, se conservaron únicamente los que incluían información completa sobre la institución depositaria, colección a la que pertenece, número de catálogo, número de registro, identificador y registro de ocurrencia, mientras que para los registros de Ho, se verificó que concordaran con la especie y su distribución conocida, posteriormente, se utilizaron solamente los registros pertenecientes al linaje de Centroamérica de la especie y por último solamente se conservaron como máximo 20 registros representativos en las entidades federativas de México y de los países correspondientes al linaje centroamericano para así, evitar sobre modelación (Martínez-Méndez *et al.*, 2016). Para la elaboración de las capas ambientales se definió un área de accesibilidad (M) utilizando las eco-regiones de la WWF (Olson *et al.*, 2001) en los que están presentes los organismos de este linaje y se recortaron dichas capas en QGIS 3.24.3 para la elaboración del modelado. Se utilizaron las 19 variables bioclimáticas y la variable de elevación de Worldclim (Fick y Hijmans, 2017) como capas ambientales (Tabla 2) con una precisión de 5 minutos.

Tabla 2. Variables utilizadas para el modelado de nicho ecológico pertenecientes a la base de datos de Worldclim.

Código	Variable ambiental
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diario (Media mensual (temp máx. - temp mín.))
BIO3	
BIO4	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)
BIO5	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido

BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío
Alt	Elevación

El modelado se realizó en el programa RStudio 4.4.2, (véase el script en Anexo 1) utilizando diversos paquetes especializados:

- “**sp**” y “**raster**” para el procesamiento y manejo de las coordenadas de cada registro, al igual que de las capas ráster de M (Zapata, 2009; Hijmans, 2023)
- “**usdm**” para evaluar la colinealidad de las variables ambientales mediante el cálculo del Factor de Inflación de Varianza (VIF), excluyendo las variables correlacionadas con la función “**vifstep()**”, por defecto, excluye variables correlacionadas con valores mayores a 10 (Naimi, 2023).
- “**SSDM**” y “**dismo**” para el modelado y ensamblaje, utilizando el código “**ensemble_modelling()**” del paquete “**SSDM**” para el ensamblado de los algoritmos “**CTA**” (Classification Tree Analysis), “**MARS**” (Multivariate Adaptive Regression Splines), “**GLM**” (Generalized Linear Models), y “**MAXENT**” (Maximum Entropy) (Schmitt *et al.*, 2023; Hijmans, 2024).
- “**rJava**”, que es necesario para la ejecución del algoritmo “**MAXENT**” a través del paquete “**SSDM**”.

Durante el proceso de modelado, los datos de ocurrencia y las variables ambientales seleccionadas mediante el algoritmo “**usdm**” se utilizaron como entrada para comenzar con el modelado, realizándose 30 repeticiones para obtener resultados más robustos, definiéndose así un umbral de ensamblaje de 0.8 mediante el código “**ensemble.thresh**”, mientras que las coordenadas de los datos de ocurrencia se especificaron con los parámetros “**Xcol**” y “**Ycol**”.

5.2. Identificación de factores que influyan en la probabilidad de contraer rabia

Para identificar los factores que influyen en la probabilidad de contagio de rabia humana por *D. rotundus*, se elaboraron revisiones de literatura con aproximaciones sistemáticas (*scoping reviews*) de acuerdo con lo sugerido con Codina (2023) y López-Cortes *et al.* (2023). Se buscó literatura con las palabras clave “rabies”, “vampire bat”, “bat”, “epidemiology”,

"lyssavirus" y "risk" con un rango de publicaciones del 2000 al 2024, en las bases de datos de Scopus, Google Scholar y Scielo.

5.3. Obtención de datos de uso de suelo y vegetación

Para obtener los datos de suelo y vegetación, se descargó el archivo disponible de Uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII (continuo nacional) de INEGI (2021). Posteriormente en QGIS 3.24.3, se hizo la rasterización de la capa mediante el plugin GDAL.

5.4. Obtención de datos de densidad ganadera en México

Los datos de densidad ganadera se obtuvieron a partir de la base de datos del Censo Agropecuario 2022 disponible en la página web del INEGI. La base de datos fue filtrada, seleccionando únicamente los municipios con los datos de "número de cabezas" respectivamente. Mediante la aplicación de la función "unión" en QGIS, se conjuntó la información de la tabla en formato .csv con una capa shapefile que tuviese los límites municipales con la información de extensión en km² de cada municipio, posteriormente, con el software RStudio 4.3.2, se realizó la conversión de cabezas de ganado por km² y se rasterizó la capa shapefile mediante el plugin GDAL en QGIS 3.24.3.

5.5. Análisis multicriterio

Se utilizaron las capas de uso de suelo y vegetación, idoneidad ambiental y densidad de cabezas de ganado por km² en cada municipio. La información de cada capa fue reclasificada en una escala del uno al cinco, donde uno representa una influencia muy baja y cinco una influencia muy alta en la capacidad de transmisión de la rabia. Con el software RStudio 4.3.2, se ajustaron los tamaños de píxel tomando como referencia la capa ráster de idoneidad ambiental obtenida a partir del modelado del nicho ecológico de la especie. Finalmente, se utilizó la calculadora ráster de QGIS 3.24.3 para generar el Análisis Multicriterio (AMC). Para ello, se sumaron las tres capas y se dividieron entre tres, aplicando la fórmula "(capa1 + capa2 + capa3) / 3".

Para la representación gráfica se consideraron dos mapas, uno bruto y otro recortado con la capa de presencia del organismo. Los valores resultantes fueron clasificados mediante interpolación discreta con modo continuo con la rampa de color Spectral.

6. Resultados

6.1. Nicho ecológico de *Desmodus rotundus*.

Se obtuvieron únicamente 234 registros válidos (equivalente al 6% de los datos iniciales), que cumplían con los criterios necesarios para ser incluidos en el modelaje del nicho ecológico de la especie, considerándolos así, como registros significativos. Cabe destacar que, durante el proceso de filtrado, una gran cantidad de registros presentaban inconsistencias geográficas, por lo que la mayoría de los registros eliminados fueron de coordenadas repetidas o mal georreferenciadas.

Los registros válidos abarcan localidades distribuidas desde el norte de México hasta Costa Rica, pertenecientes al rango del linaje centroamericano de la especie (Figura 3). Estos se ordenaron en los siete países que abarca el linaje, siendo México el país con mayor cantidad de registros válidos mediante el criterio utilizado (Tabla 3).

Tabla 3. Procedencia de los registros del linaje centroamericano de *D. rotundus* usados en la modelación del nicho ecológico.

País	Cantidad de registros utilizados
Belize	2
Costa Rica	10
Guatemala	4
Honduras	8
México	204
Nicaragua	4
El Salvador	2



Figura 3. Mapa de la distribución geográfica de registros del linaje de Centroamérica de *D. rotundus*.
Elaboración propia del mapa.

La función *vifstep()* identificó las siguientes variables como aquellas que no presentaron colinealidad alta: **BIO14** (Precipitación del mes más seco), **BIO4** (Estacionalidad de la temperatura), **BIO3** (Isotermalidad), **BIO13** (Precipitación del mes más lluvioso), **BIO2** (Rango medio diario), **BIO15** (Estacionalidad de la precipitación), **BIO19** (Precipitación del trimestre más frío), **BIO5** (Temperatura máxima del mes más cálido), y **BIO18** (Precipitación del trimestre más cálido). La variable BIO14 presentó la mayor contribución

de información para el modelo, seguido de BIO4 y BIO3, lo que sugiere que la temperatura desempeña un papel determinante en la distribución potencial de la especie. En contraste, las variables asociadas a la precipitación, como BIO15, BIO19 y BIO18, aportaron una menor cantidad de información, asimismo, BIO5 que pertenece a la variable de temperatura máxima del mes más cálido, mostró una contribución reducida al modelo, indicando una menor influencia en la distribución de la especie (Figura 4).

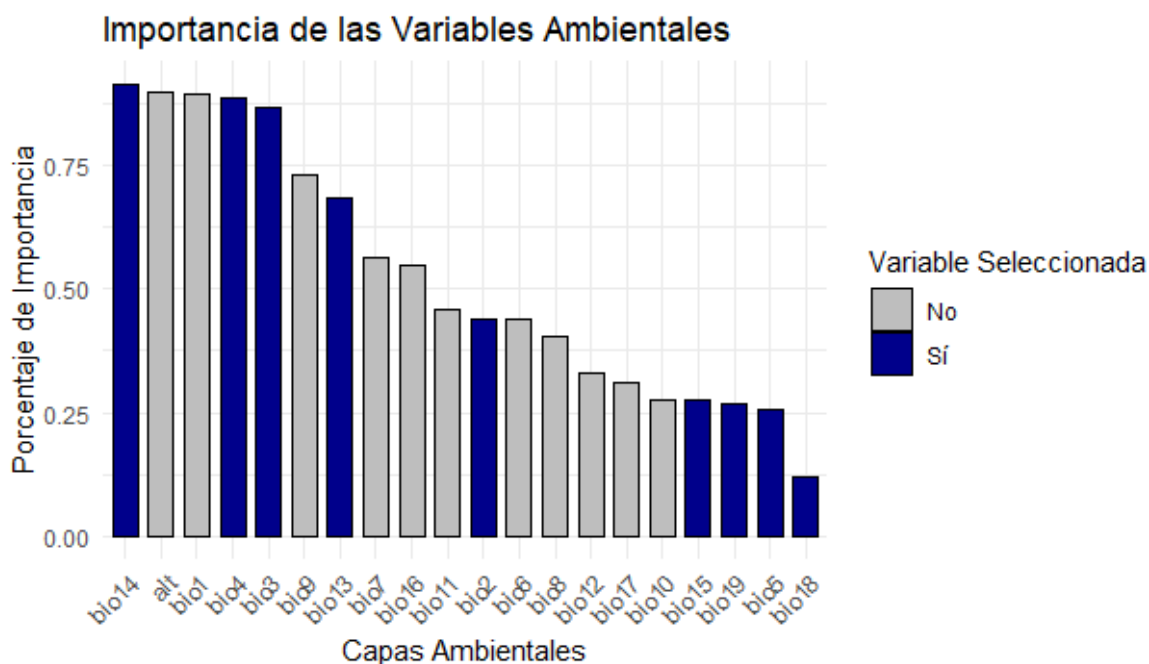


Figura 4. Gráfica de las variables seleccionadas para el modelaje del nicho ecológico de *D. rotundus*, resaltadas de azul marino las variables utilizadas, mientras que las resaltadas en color gris fueron las que obtuvieron valores altos de correlación y por ende excluidas del modelaje.

Los valores obtenidos del VIF (Tabla 4) indicaron que la variable ambiental BIO5 presentó el valor más bajo, con un VIF de 1.113518, indicando que esta fue la que presentó menor colinealidad con las demás capas, por otra parte, el valor más alto se reflejó en la variable BIO4 con un VIF de 9.300884, denotando así una mayor colinealidad respectivamente con las demás variables.

Tabla 4. Valores VIF de las variables ambientales utilizadas para el modelado de nicho ecológico de la especie ordenadas de menor a mayor valor.

Variable ambiental	Valor VIF
BIO5	1.113519
BIO2	2.821855
BIO18	2.828281
BIO19	3.833923
BIO15	4.503575
BIO13	5.076231
BIO14	6.908843

BIO3	7.642526
BIO4	9.300884

El modelo generado, denominado ESDM, presentó un valor de área bajo la curva (AUC) de 0.80341723, este valor confirma que su desempeño es superior al azar, evidenciando su capacidad para modelar la distribución potencial de la especie. De manera similar, los valores de AUC de los modelos brindados para conformar el ensamblaje del ESDM fueron mejores que el azar. En particular los algoritmos Maxent y MARS obtuvieron los valores más altos de AUC (0.80641157), mientras que CTA y GLM presentaron valores levemente menores, aunque igualmente destacables (0.800422886). Por su parte, MARS y Maxent fueron solamente los modelos utilizados para el ensamblaje; esto con base en los resultados de las métricas de evaluación de cada modelo como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de las métricas de evaluación de los modelos seleccionados por la función *ensemble_modelling()* para el modelo de nicho ecológico y las métricas de evaluación del modelo resultante.

Modelo	Tsh	AUC	sns	scft	p.c	K	cbt
MARS	0.220	0.8064	0.7164	0.7166	0.7166	0.3132	0.8313
Maxent	0.564	0.8064	0.7862	0.5195	0.5213	0.0146	0.2391
ESDM	0.392	0.8034	0.7513	0.6181	0.6189	0.1639	0.5352

Descripción de las abreviaturas. Tsh: Treshold; AUC: Área bajo la curva; sns: Sensitivity; scft: Specificity; p.c: Prop.correct; K: Kappa; cbt: Calibration.

La predicción de idoneidad ambiental del ESDM (Figura 5), sugieren que el clima en la parte norte del País como los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, y parte de Nuevo León, no es adecuado para *D. rotundus*. la especie.

Los estados como Sinaloa, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Nayarit, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro, México, la Ciudad de México, Puebla, Oaxaca, y Tabasco presentan una gran cantidad de parches con poca idoneidad ambiental según el modelo. Por su parte, los estados de la vertiente del Pacífico como Michoacán, Guerrero, una pequeña fracción de Colima, las costas de Jalisco, Oaxaca y Chiapas; como los estados de la vertiente del Golfo como la parte sur de Tamaulipas, Veracruz, y la Península de Yucatán; y algunos otros estados como Hidalgo, San Luis Potosí, y Puebla, presentan condiciones ambientales favorables de categoría media o alta.

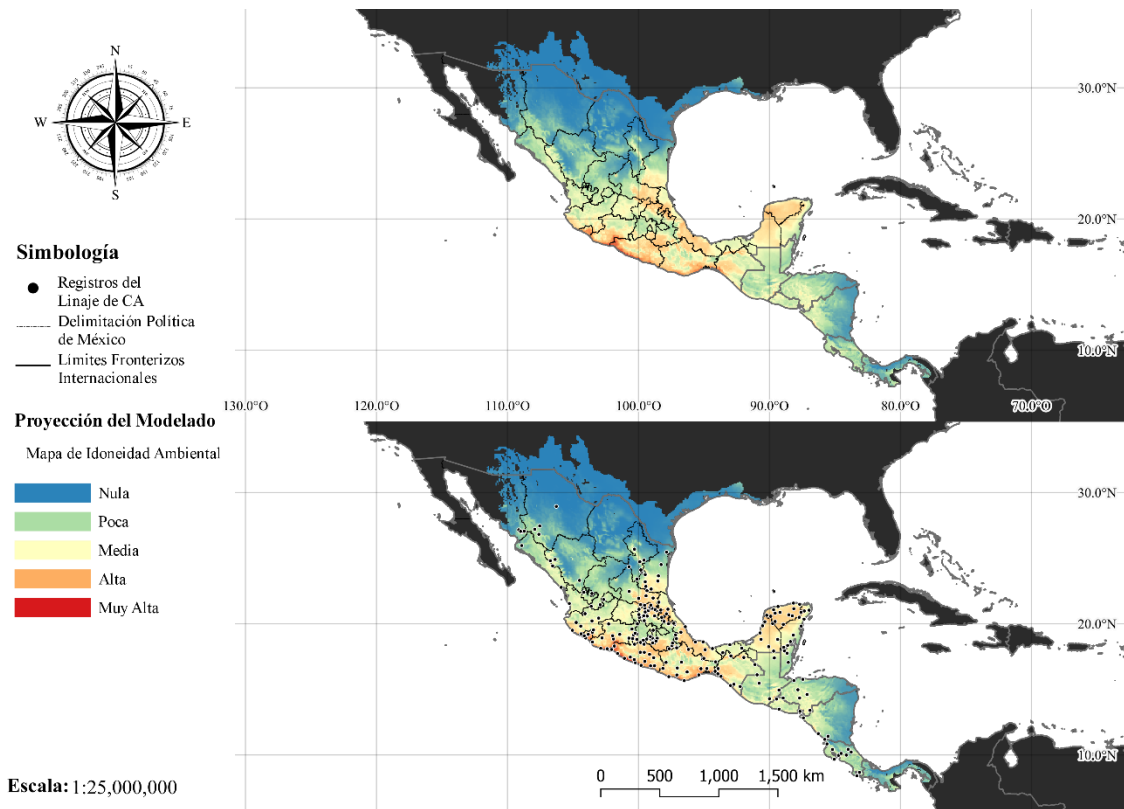


Figura 5. Mapa de idoneidad ambiental del linaje centroamericano para *Desmodus rotundus*. En el mapa de la parte baja se agregan los registros del linaje. Elaboración propia del mapa.

El modelo mostró cuatro zonas donde las condiciones ambientales son óptimas para la especie (Figura 6), estas zonas comprenden en su mayoría al estado de Colima, teniendo una mayor idoneidad en la colindancia con Michoacán, por su parte, la mayor parte de la zona costera de Guerrero es climáticamente adecuada desde el Río Balsas hasta Acapulco de Juárez, conformando así, la segunda zona.

Las locaciones de Rancho “Los Cardenales”, La Ceiba, Ventanilla y Agua Fría son localidades de la zona de la Planicie Costera del Pacífico de Oaxaca donde se presenta mayor idoneidad ambiental, considerando así la tercera zona con óptimas condiciones ambientales del ESDM.

La cuarta zona de muy alta idoneidad está conformada por la colindancia entre la zona este de la Planicie Costera de Tehuantepec en Oaxaca, hasta la parte sur de la Sierra Madre de Chiapas y la Planicie Costera de Chiapas.

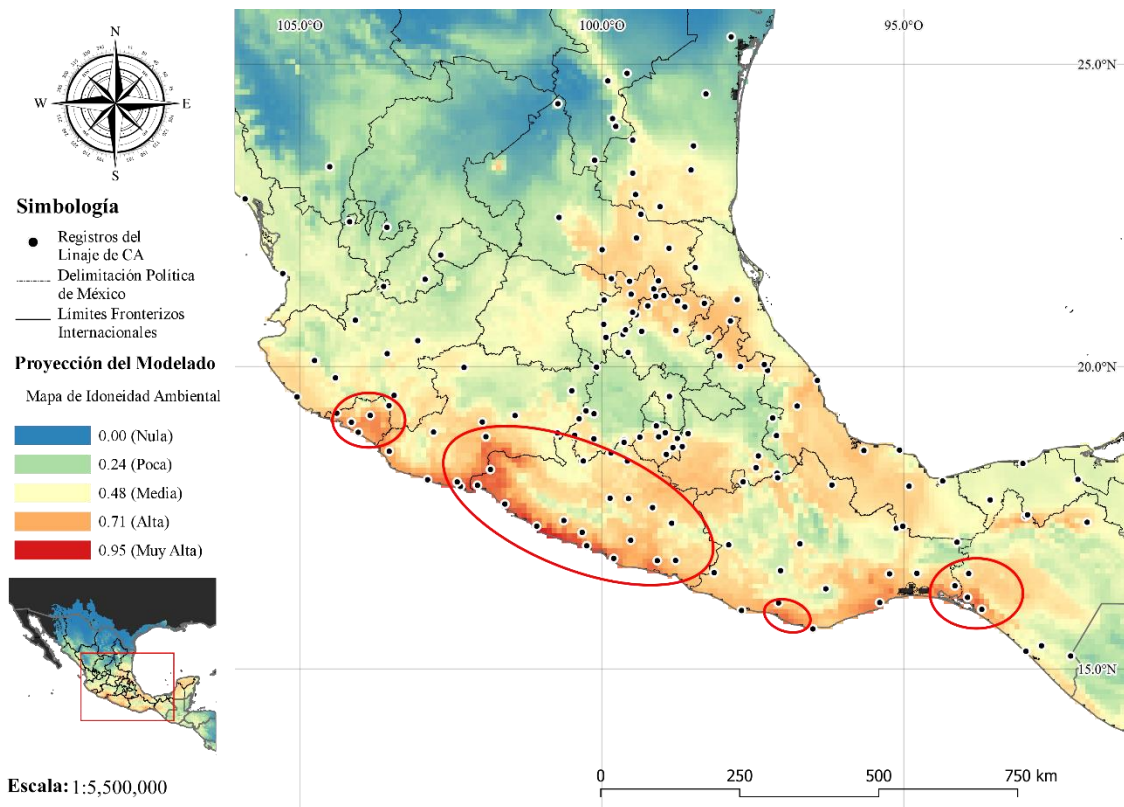


Figura 6. Mapa de idoneidad ambiental de *Desmodus rotundus* resaltando las cuatro zonas con muy alta idoneidad. Elaboración propia del mapa.

El mapa binario de presencia-ausencia representó las áreas potenciales donde es más probable encontrar a *D. rotundus* del linaje de Centroamérica a partir del umbral de idoneidad ambiental, clasificados como “presencia probable” (1) y “ausencia probable” (0) (Figura 7).

El modelo muestra la que la distribución potencial de este linaje tiene una extensión de 649,308.89 km², mientras que su ausencia tiene una longitud de 1,879,113 km² con base a las regiones biogeográficas del mundo empleadas para el modelo; estas abarcan desde los estados del norte de México, hasta la provincia de Darién en Panamá, siendo notablemente México el país con mayor probable presencia con respecto a su extensión en km². El ESDM indica que la especie está presente en los estados de Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, y Zacatecas.



Figura 7. Proyección geográfica del mapa binario generado a partir del umbral de idoneidad ambiental del linaje centroamericano de *Desmodus rotundus*. Elaboración propia del mapa.

Enfocando la distribución potencial en México, tomando solo los valores de 1 (Probable presencia), se pudo identificar que estos organismos se distribuyen en su mayoría por las ecorregiones de selvas cálido-húmedas (color amarillo), selvas cálido-secas (color verde), y sierras templadas (color azul), estas abarcan los estados de la vertiente del Pacífico, la vertiente del Golfo, y algunas zonas centrales de dichos estados, al igual que algunos estados centrales. En contraste, las ecorregiones que tienen menos extensión en las que se superpusieron el mapa de presencia-ausencia, son las elevaciones semiáridas meridionales (color naranja claro), desiertos de América del Norte (color rojo), y, por último, grandes planicies (color naranja) (Figura 8).

De esta manera, se propone que las poblaciones de *D. rotundus* tienen una gran afinidad a las ecorregiones húmedas y templadas, mientras que las ecorregiones más áridas, son menos adecuadas para la especie.

El enfoque binario permitió identificar claramente las ecorregiones con mayor probabilidad de ser susceptibles para encontrar poblaciones de *D. rotundus*, facilitando la delimitación de áreas prioritarias para el manejo del riesgo asociado a la transmisión de rabia.

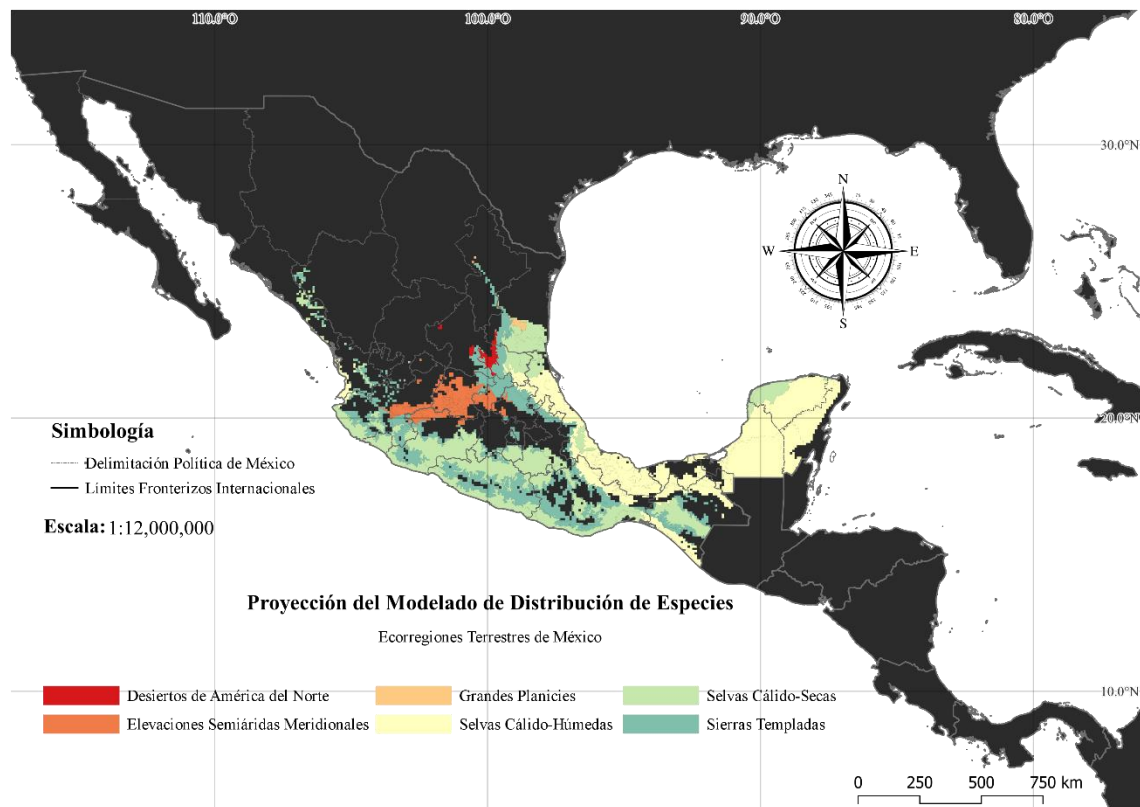


Figura 8. Mapa de las ecorregiones terrestres en donde se encuentra *Desmodus rotundus* según el ESDM. Elaboración propia del mapa.

El histograma de incertidumbre indica que la distribución de los valores de incertidumbre asociados al modelo de distribución potencial de presencia-ausencia, oscilan entre 0 y un máximo de 0.246 con promedio de 0.029 (Figura 9).

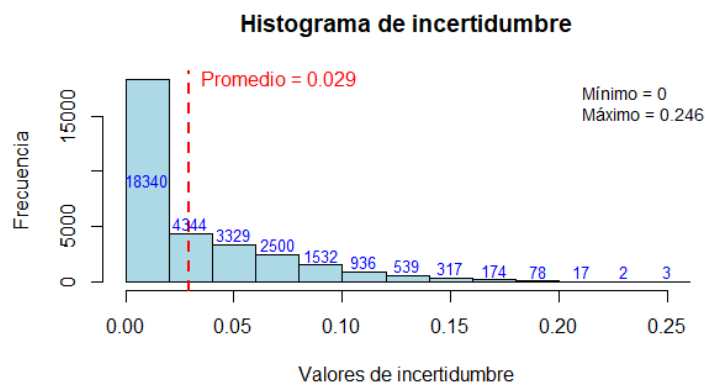


Figura 9. Histograma de incertidumbre asociada al mapa de presencia-ausencia; la línea roja discontinua indica el corte del promedio.

La mayor parte de los valores se concentran en el rango de 0.00-0.01 con 18,340 registros, lo que representa la mayor parte de los píxeles analizados. Conforme los valores de incertidumbre aumentan, la frecuencia disminuye de manera exponencial, por lo que los

valores con alta incertidumbre son escasos, de esta forma, el promedio general indica una alta confianza general en la mayoría de las áreas predichas.

La distribución geográfica de los valores de incertidumbre, representados en la figura 10, indican que una mayor intensidad del color rojo corresponde a un aumento en dichos valores. El modelo muestra que en México, las regiones con los valores más altos, que oscilan entre 0.1965 y 0.246, se concentran en una franja que atraviesa los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, una pequeña porción de Guanajuato, el noreste de Hidalgo, el norte de Puebla y el noroeste de Veracruz, así como en la región central de Veracruz. Asimismo, se identifican áreas de alta incertidumbre en Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Campeche, así como en las colindancias entre el noroeste de Guerrero, el norte del Estado de México y el sureste de Michoacán. En contraste, los valores comprendidos entre 0.000 y 0.098 corresponden principalmente a zonas proyectadas como ausencia o con baja idoneidad ambiental, lo que sugiere una buena robustez en la predicción del modelo.

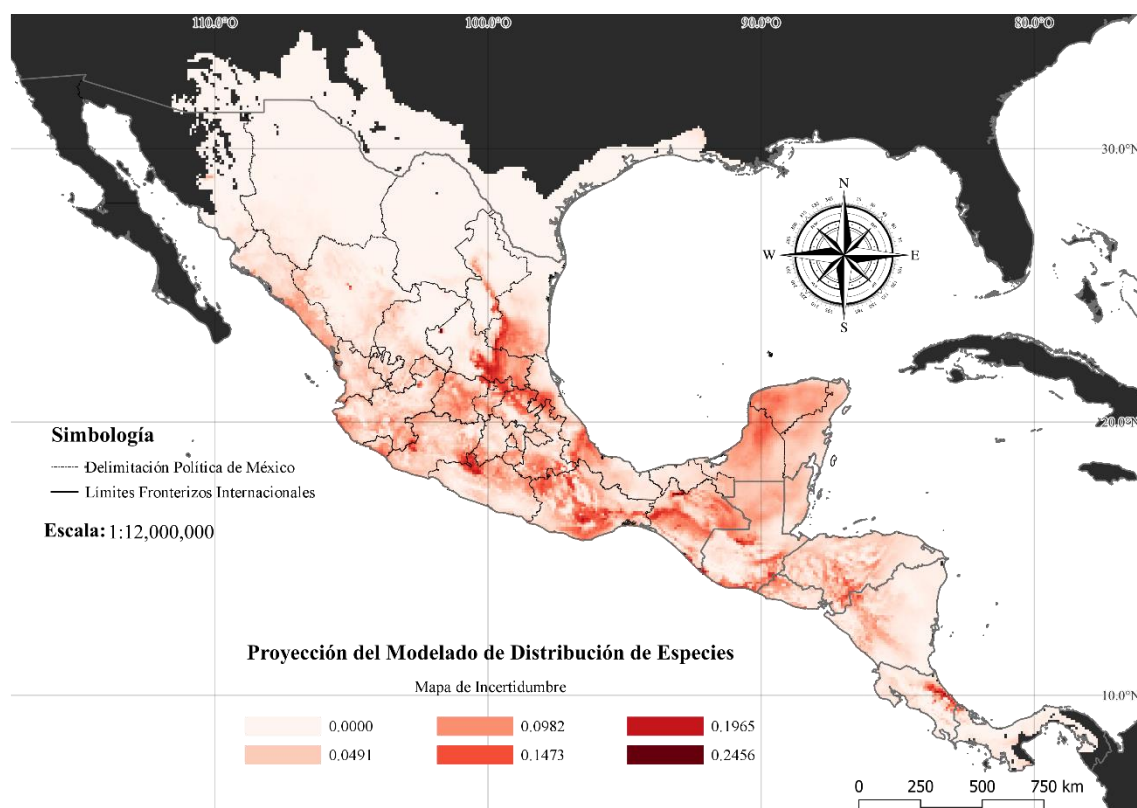


Figura 10. Mapa de incertidumbre asociada al modelo de distribución potencial, donde mientras más intenso sea el color, mayor incertidumbre asociada presenta el modelo. Elaboración propia del mapa.

6.2. Factores que influyen en la probabilidad de contraer rabia humana por *D. rotundus*.

La base de datos de Google Scholar, brindó significativamente más resultados, seguido de Scopus y por último Scielo. Durante la revisión de 150 referencias, entre notas, artículos y archivos de las primeras cinco páginas de cada base de datos, se tomaron como relevantes 16 artículos que mencionaran causas de contagio, sin embargo, de entre estos 16 archivos,

algunos fueron compartidos por las bases de datos, teniendo así, diez archivos relevantes únicamente (Tabla 6).

Tabla 6. Archivos resultantes de las búsquedas en las distintas bases de datos y los archivos relevantes de las primeras cinco páginas de las bases de datos.

Base de datos	Referencias encontradas	Archivos relevantes	Archivos únicos
Google Scholar	973,000	6	3
Scopus	724,889	6	4
Scielo	760	4	3

De los diez documentos analizados, cinco convergieron en que la transmisión de la rabia está fuertemente vinculada con la distribución geográfica de los murciélagos hematófagos, su capacidad de adaptación a entornos rurales (particularmente asentamientos ganaderos), el cambio de uso de suelo hacia actividades ganaderas y su preferencia por alimentarse de la sangre de animales domésticos asociados a la ganadería. Otros cuatro documentos sugirieron que los casos de rabia, ya sea por murciélagos hematófagos o no hematófagos, fueron atribuibles a la manipulación directa de estos animales durante procesos de reubicación o erradicación, realizados sin medidas de bioseguridad adecuadas. Finalmente, un documento señaló que la fauna doméstica convencional infectada con variantes de rabia asociadas a murciélagos hematófagos actuó como un vector eficiente para la transmisión de la enfermedad hacia humanos (Tabla 7).

Tabla 7. Archivos únicos considerados pertinentes que hablen de las posibles causas de rabia humana por *D. rotundus*.

Autor(es)	Título	Contenido
Ortega-Sánchez <i>et al.</i> , 2024	Spatial-temporal risk factors in the occurrence of rabies in Mexico.	Los cambios climáticos, factores antropogénicos y ambientales influyen en la distribución del vampiro común.
Sánchez-Gómez <i>et al.</i> , 2022	Common vampire bat (<i>Desmodus rotundus</i>) abundance and frequency of attacks to cattle in landscapes of Yucatan, Mexico.	Adaptabilidad de este organismo ante sitios perturbados como zonas agrarias.
Gonçalves <i>et al.</i> , 2015	Spatial and Temporal Analysis of Attacks by Common Vampire Bats (<i>Desmodus rotundus</i>) on Humans in the Rural Brazilian Amazon Basin.	La expansión ganadera conduce a un incremento zoonótico de rabia en las poblaciones humanas de las áreas rurales.
Brown y Escobar, 2023	A review of the diet of the common vampire bat (<i>Desmodus rotundus</i>) in the context of anthropogenic change.	Preferencia alimenticia de <i>D. rotundus</i> hacia los animales de granja.
Mendoza-Sáenz <i>et al.</i> , 2023	Reducing conflict between the common vampire bat <i>Desmodus rotundus</i> and cattle ranching in Neotropical landscapes.	Conflicto humano-murciélago latente debido a la expansión ganadera.
Parize <i>et al.</i> , 2020	Circumstances of Human–Bat interactions and risk of lyssavirus transmission in metropolitan France.	La manipulación y las mordeduras de murciélago, son las acciones más frecuentes para infectarse por algún Lyssavirus en Francia.
Kikuti <i>et al.</i> , 2011	Prevention educational program of human rabies transmitted by bats in rain forest	En Guaraqueçaba, Brasil, se ha reportado que la manipulación de murciélagos no

	preserved area of southern Brazilian coast.	hematófagos es común por parte de varios estudiantes de escuelas primarias.
Dato <i>et al.</i> , 2016	A Systematic Review of Human Bat Rabies Virus Variant Cases: Evaluating Unprotected Physical Contact with Claws and Teeth in Support of Accurate Risk Assessments.	La reubicación de murciélagos en viviendas puede llegar a ser un factor latente de rabia.
Shapiro <i>et al.</i> , 2020	Can farmers and bats co-exist? Farmer attitudes, knowledge, and experiences with bats in Belize.	Las personas del sistema agrario pueden considerar el capturar a los murciélagos para su erradicación sin un conocimiento previo de su manejo seguro.
Meriño-Olivella <i>et al.</i> , 2024	Human cat borne rabies as the new epidemiology of the disease in the Andes mountains.	Los gatos (<i>Felis catus</i>) en Colombia, fueron vectores activos y de relevancia epidemiológica, por portar la variante V3.

6.3. Áreas con mayor probabilidad para la contracción de rabia humana por *Desmodus rotundus*

El AMC permitió la identificación de áreas con potencial de transmisión clasificándolas en cinco categorías: valores menores o iguales a 1.93 como potencial **muy bajo**, valores entre 1.94 y 2.53 como potencial **bajo**, valores entre 2.54 y 3.13 como potencial **medio**, valores entre 3.14 y 3.73 como potencial **alto**, y como un potencial **muy alto** los valores mayores a 3.73.

Los resultados obtenidos (Figura 11) muestran una marcada variabilidad espacial en el riesgo de transmisión. Se denota que las zonas con valores de riesgo **alto** y **muy alto** (≥ 3.14), se concentran principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del país, donde predominan condiciones ambientales favorables para la especie, así como una alta disponibilidad de alimento en forma de ganado. En contraste, las regiones con temperaturas no idóneas correspondientes en su mayoría a las zonas áridas y semiáridas del país, presentan valores de riesgo bajo o muy bajo, por lo que se sugiere que, en estas zonas, el contacto entre el murciélago hematófago, la disponibilidad de alimento y las personas, es considerablemente bajo.

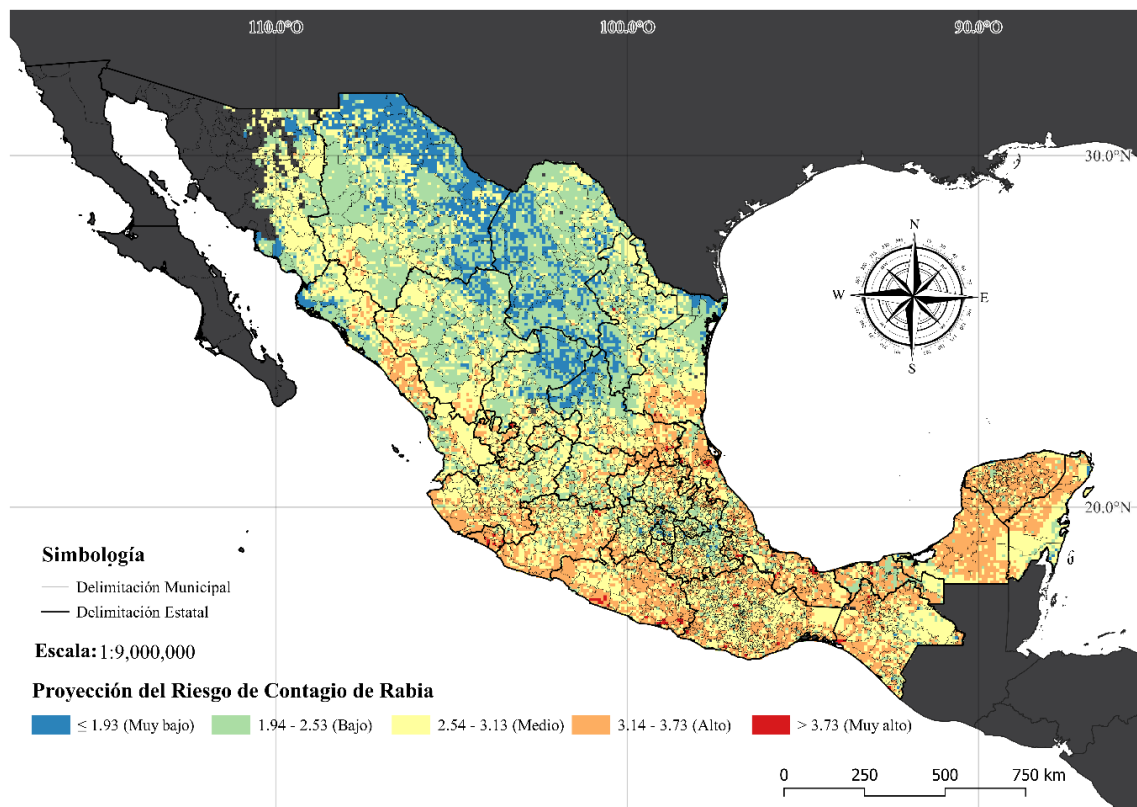


Figura 11. Mapa de representación de las áreas de riesgo de contagio de rabia con respecto a la idoneidad ambiental del murciélago hematófago. Elaboración propia del mapa.

Con respecto a la distribución espacial de riesgo en función del área de presencia de *D. rotundus* (Figura 12), se observa que las categorías de potencial *medio* y *alto* de contagio tienen una amplia representatividad. En particular, se destacan estados como Colima, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí, Veracruz y la Península de Yucatán, donde el riesgo de transmisión abarca la mayor parte o la totalidad de su extensión territorial.

Por su parte, las áreas con potencial *bajo* de contagio, son menos frecuentes y se localizan principalmente en los estados de Guanajuato, Jalisco, México, Querétaro y la Ciudad de México, donde las condiciones ambientales y la disponibilidad alimenticia podrían ser limitantes para el contagio. Las categorías con potenciales *muy altos* y *muy bajos* de contagio se encuentran restringidas a ciertas localidades; para los potenciales *muy altos*, los estados correspondientes son Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, y Veracruz, mientras que, para los potenciales *muy bajos*, se distribuyen en los estados de Campeche, Chiapas, Ciudad de México, México, Puebla y Tabasco.

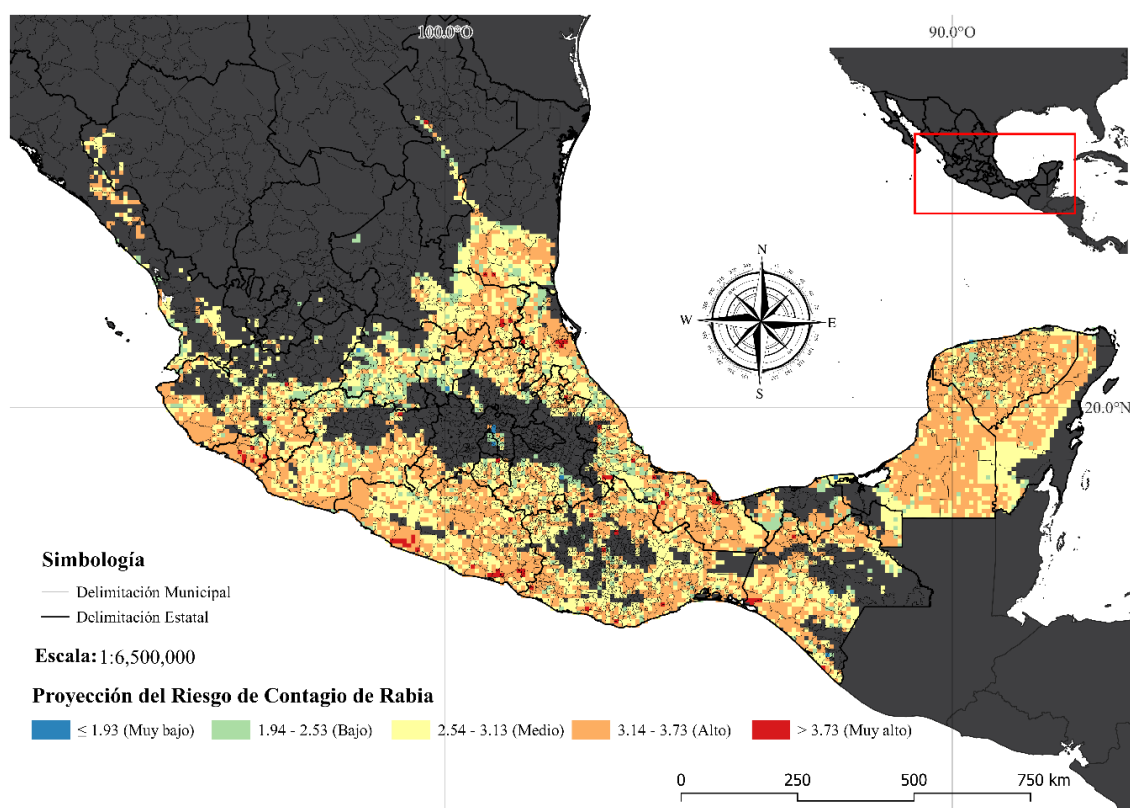


Figura 12. Mapa de representación de las áreas de riesgo de contagio de rabia con enfoque a la presencia de *Desmodus rotundus* y a la idoneidad ambiental de la especie. Elaboración propia del mapa.

En total, 534 municipios presentan categoría de potencial *alto*, *muy alto* o que son compartidas entre dichas categorías (Anexo 2).

En la categoría de potencial *alto*, los estados representantes son: Campeche con tres municipios; Chiapas 33 municipios; Colima un municipio; Oaxaca con 110 municipios; Puebla con 56 municipios; Yucatán con 55; Veracruz con 46; Guerrero con 35; Chiapas con 33; Michoacán con 26; Jalisco con 19; Hidalgo con 16; San Luis Potosí con 14; México con 9; Querétaro con 5; Campeche, Morelos y Tamaulipas con tres cada uno; Guanajuato y Sinaloa con dos; y Colima y Tabasco con un municipio, siendo Oaxaca el estado con mayor cantidad de municipios.

La categoría de potencial *muy alto* se representa por los estados de: Oaxaca con 10 municipios; Veracruz con 6, Morelos con tres; y Chiapas Jalisco, Michoacán y San Luis Potosí con uno, siendo Oaxaca el estado con la mayor cantidad de municipios con esta categoría.

Algunos municipios comparten ambas categorías en los siguientes estados: Veracruz con 22 municipios; Guerrero con 15; Oaxaca con 9; San Luis Potosí con 6; Colima con 5; Puebla y Chiapas con tres; Jalisco y Tamaulipas con dos; y Michoacán con uno solamente.

Por sí solo, no hay municipios en los cuales sólo esté presente la categoría de potencial *muy bajo*, sin embargo, en conjunto, 371 municipios presentan la categoría de potencial *bajo* o comparten las categorías de potencial *bajo* y *muy bajo* (Anexo 3).

La categoría de potencial *bajo* está representado por los estados de: Oaxaca con 97 municipios; Puebla con 39; Michoacán y Veracruz con 30; Jalisco con 26; Guanajuato con 24; Hidalgo con 18; México con 12; Nayarit con 8; Ciudad de México, Morelos, Querétaro y San Luis Potosí con 7 alcaldías y municipios respectivamente; Tabasco con 6; Nuevo León con 5; Quintana Roo y Tamaulipas con 4; Guerrero, Sinaloa y Zacatecas con tres municipios; Yucatán con dos; y Chiapas, Colima y Durango con un solo municipio. Los estados que comparten ambas categorías son: México con 7 municipios; Ciudad de México con 4 alcaldías; Puebla con tres municipios; y Chiapas, Guanajuato, Querétaro y Yucatán con un solo municipio.

7. Discusión

La cantidad de registros válidos utilizados para el presente estudio subraya a México como una región clave para la distribución de la especie en relación con este linaje, sin embargo, aunque México cuenta con un número destacado de estos registros, los estudios realizados por Martins *et al.* (2009) y Martins y Hubbe (2012) para determinar y describir los linajes de esta especie, denotan que los registros de colecta en el país son limitados. Por ello, resulta enfatizar la importancia de México como un área prioritaria para investigaciones futuras sobre esta especie y su linaje.

Las variables de temperatura son las más significativas para el ESDM, sin embargo, la variable BIO5 que también está relacionada, presentó una significancia menor, teniendo valores similares a las variables de precipitación en cuanto a su relevancia en el ESDM, por lo que se podría sugerir que esta está estrechamente relacionada con el amplio rango de tolerancia térmica de *D. rotundus*; Zarza *et al.* (2017), mencionan que esta especie puede soportar temperaturas altas de hasta 35-37 °C, en este contexto, la baja importancia de la variable BIO5 en relación a las demás variables de temperatura, podría deberse a la adaptabilidad térmica de estos murciélagos en temperaturas extremas típicas de las áreas modeladas, reduciendo así, la influencia de esta variable. Por otra parte, tanto Zarza *et al.* (2017), como Torres-Mejía *et al.* (2021), mencionan que el rango de humedad relativa, oscila entre el 40-100%, de esta forma, concuerda con la baja importancia de las capas de precipitación, aunque sí influyen en el modelo.

Todas las capas ambientales utilizadas presentaron valores de VIF menores a 10.0. Según Dormann *et al.* (2012) y Naimi (2023), los valores inferiores a 10 indican una baja colinealidad, por lo que no es necesario excluir estas capas del modelado. Sin embargo, es importante asegurarse de que no afecten la robustez del modelo, ya que su correcta selección mejora la precisión, evitando redundancias y sesgos en las predicciones. Aunque BIO4 presentó un valor cercano a 10, esta variable aportó la mayor cantidad de información al modelo, lo que respalda su inclusión con base en la importancia de las capas ambientales en el proceso de modelado.

El código de *ensemble_modelling()* no solo utiliza el valor de AUC de los algoritmos individuales brindados para generar el modelo ensamblado, tal como lo menciona Schmitt *et*

al. (2023) las métricas utilizadas por el código para elaborar el modelo son: AUC, Kappa, sensitivity, specificity, y prop.correct (proportion of correctly predicted occurrences). Tanto los algoritmos utilizados para el ensamble, como el ESDM, estadísticamente presentaron una buena precisión de manera individual, pues sus valores de AUC son indicativos de una buena precisión del modelo, de acuerdo con lo que comentan González-Ferreras *et al.* (2016) y Gutiérrez-Hernández *et al.* (2018) donde los valores de AUC entre 0.8 y 0.9 reflejan una buena precisión del modelo, sin embargo, los valores de Kappa del ESDM como de los algoritmos individuales son pobres según lo dicho por González-Ferreras *et al.* (2016).

Por otro lado, Preuk *et al.* (2024), destacan que la sensibilidad mide la capacidad del modelo para predecir presencias, mientras que la especificidad se encarga de evaluar ausencias, sin embargo, los autores comentan que, en su estudio, el rendimiento general de su modelo se vio afectado por la baja especificidad y una mayor sensibilidad. Considerando los valores de sensibilidad y especificidad de los algoritmos utilizados para el ensamble y del ESDM, son muy similares entre sí, por lo que se sugiere que los 3 modelos son óptimos con respecto a la predicción de presencias-ausencias. Jackson y Robertson (2011), en su estudio sobre la distribución potencial de *Neamblysomus julianae*, sus modelos reportaron valores de prop.correct de 0.67 y de 0.5, los cuales fueron considerados como modelos robustos. En contraste, los valores de prop.correct de los modelos del presente estudio fueron superiores a los reportados por los autores, así reafirmando y respaldando la robustez de todos los modelos.

En el estudio realizado por Zarza *et al.* (2017), se presenta un mapa de idoneidad ambiental con una extensión de zonificación similar al del presente trabajo, sin embargo, se observa un contraste significativo en los rangos de idoneidad ambiental en la mayoría del territorio nacional. Este contraste puede atribuirse a la metodología utilizada por dichos autores, quienes emplearon las 19 variables bioclimáticas de WorldClim y la capa de elevación, sin llevar a cabo un análisis de colinealidad o de alta correlación entre variables ambientales. Heikkinen *et al.* (2006) destaca que la colinealidad entre variables es una de las principales fuentes de incertidumbre en los modelos bioclimáticos, lo que puede llevar a predicciones exageradas o inexactas. Esto sugiere que el modelo de Zarza *et al.* (2017) podría estar sobreestimado, especialmente considerando que los valores máximos de idoneidad ambiental en su estudio oscilan entre 1 y 1.5. Este rango supera el umbral máximo comúnmente aceptado en otros estudios que modelan el nicho ecológico de diversas especies (e.g., Pérez-Irineo *et al.*, 2019; Hernán-Vergara, 2023; Rosas *et al.*, 2023), donde el valor máximo es 1 o su equivalente de 100. Por lo tanto, el valor de 1.5 reportado por Zarza *et al.* (2017) podría ser un indicio adicional de sobreestimación.

La distribución potencial representada en el mapa binario generado en el presente estudio tiene una notable similitud con la distribución potencial propuesta por Sánchez-Cordero *et al.* (2020). Aunque los mapas presentan diferencias en su representación (“Binario” en el presente estudio y “Continuo” en el trabajo de Sánchez-Cordero *et al.*, 2020), al superponer ambos mapas se observa que el área de extensión del mapa binario coincide ampliamente con los valores de presencia entre 0.21 y 0.84 indicados en el modelo continuo de los autores. A pesar de que ambos estudios emplearon metodologías y conjuntos de datos distintos, los

valores de AUC obtenidos fueron comparables, lo que refleja un desempeño significativamente mejor que el azar en ambos casos. Esto sugiere que, independientemente del enfoque empleado, los modelos convergen en la estimación de las áreas de distribución potencial de la especie analizada, destacando la validez de las metodologías utilizadas. Si bien, aunque algunos registros (como los del norte del país) no concuerdan con la distribución potencial resultante, se puede deber a que el modelado tomó en consideración el umbral de idoneidad ambiental, por lo que estos registros (por ejemplo en Sonora y Chihuahua) pueden o pudieron representar microclimas favorables para la especie en esas localidades donde se colectaron.

De acuerdo con la base de datos libre de CENAPRESE (2018), que documenta los casos de rabia humana transmitida por diversas especies en el período 2000-2018, los estados con mayor número de reportes atribuidos a *D. rotundus* fueron Nayarit (5 casos), Michoacán (4 casos) y Guerrero (3 casos). El AMC identificó una coincidencia en la categoría de potencial *alto* con uno de los cinco casos registrados en Nayarit, específicamente en el municipio de Ruíz en la localidad de El Huicot; los cuatro casos restantes, si bien, no coincidieron con localidades específicas dentro de los píxeles representantes de alguna probabilidad, sí coincidieron en los municipios donde se presentan píxeles con potencial *medio*, de estos, 3 reportes se ubicaron a menos de 8.5 km del píxel más cercano, mientras que el restante se situó a 26 km de distancia. En Michoacán, tres de los cuatro casos coincidieron con píxeles de potencial de transmisión, dos de ellos correspondieron a la categoría de potencial *alto* en el municipio de Arteaga en la localidad de La Yesca, y uno en el municipio San Lucas en el rancho La Estancia con la categoría de potencial *medio*; el caso restante, aunque no coincidió con algún píxel, se registró en un municipio que alberga localidades con potencial *medio* y potencial *alto* de riesgo de contagio, con una distancia de 5 km entre el reporte y el píxel más cercano. Por su parte, los tres reportes de Guerrero coincidieron con píxeles de potencial *alto*, no obstante, uno de ellos se encontró a menos de 500 metros de un píxel clasificado en la categoría de potencial *muy alto*.

Chávez-López *et al.* (2024), en su trabajo han reportado cinco casos de rabia humana asociadas a *D. rotundus* en el periodo 2022-2024, el primer caso fue reportado en El Salto, Jalisco, según el AMC, este municipio tiene una representación de potencial *bajo* de transmisión, sin embargo, el municipio vecino Juanacatlán está representado con un potencial *muy alto*, aunando que dicho municipio tiene una gran zonificación agropecuaria en las colindancias con el municipio El Salto; el segundo y tercer caso se suscitaron en la localidad rural de Palo de Lima, San Lorenzo Texmelúcan, Oaxaca, el AMC, registró un potencial *alto* en dicha localidad; el cuarto caso tuvo lugar en Quintana Roo por un felino con la variante antigénica V5, la Secretaría de Salud (2024) mediante el apartado de prensa en la página oficial “Gobierno de México”, dio a conocer que fue a causa de un gato feral (*Felis catus*) sin antecedente de vacunación contra la rabia, y distintos medios de prensa comunicaron que el incidente se suscitó en Cancún, si bien, el AMC, no contempló a Cancún para ninguna categoría por ser una ciudad, la fauna doméstica/feral sin antecedentes de vacunación o vacunación vigente, son vectores potenciales de rabia humana, de acuerdo por lo mencionado por Meriño-Olivella *et al.* (2024) en su estudio en Colombia; el quinto caso fue en

Michoacán, no se tiene datos del lugar donde ocurrió el accidente, sin embargo, el AMC refleja una gran parte del estado con potencial *medio* y *alto*.

8. Conclusiones

El modelado de nicho ecológico desarrollado en el presente estudio mostró un buen desempeño predictivo en la identificación de áreas ambientalmente idóneas así como en la distribución potencial del linaje centroamericano de *D. rotundus*. No obstante, se recomienda el uso de las capas climáticas de WorldClim de mayor resolución, para mejorar la precisión del modelado y capturar con mayor detalle los microhábitats relevantes de la especie.

Los factores que influyen en la probabilidad de transmisión de rabia humana por *D. rotundus* pueden agruparse en tres categorías: 1. Factores ecológicos y de comportamiento: debido a la preferencia alimenticia de sangre de ganado, la capacidad de adaptación a ambientes perturbados y su rango hogareño para desplazarse entre zonas naturales y agropecuarias; 2. Factores antrópicos: que incluyen el cambio de uso suelo, la expansión ganadera y la manipulación inadecuada de los murciélagos sin medidas de bioseguridad; y 3. Factores epidemiológicos: donde el papel de la fauna doméstica/feral son vectores potenciales en la transmisión de la rabia hacia los humanos.

Desde una perspectiva de salud pública, es necesario fortalecer la efectividad de la vacunación en animales domésticos para reducir el riesgo de transmisión del virus. Asimismo, se sugiere evaluar estrategias de control de fauna feral, considerando métodos complementarios al rifle sanitario, como el manejo poblacional mediante anticonceptivos, la concientización del abandono de mascotas, el riesgo de no vigilarlos adecuadamente, o la reducción de fuentes de alimento artificiales que favorezcan su proliferación. Además, es fundamental implementar campañas de sensibilización que no solo desalienten el manejo directo de murciélagos, sino también, que promuevan una percepción del rol ecológico, evitando estrategias de erradicación masiva que podrían tener efectos contraproducentes en la dinámica poblacional de la especie.

El AMC demostró una buena capacidad predictiva, sin embargo, se recomienda considerar y extender la evaluación de municipios y/o localidades aledañas a las áreas clasificadas con categorías con potencial, *medio*, *alto*, y *muy alto*, considerando el rango hogareño de *D. rotundus*.

Se enfatiza la necesidad de un monitoreo constante en comunidades rurales y/o aisladas con acceso limitado a servicios de salud, por lo que se sugiere fortalecer la vigilancia epidemiológica a través de la integración de estrategias como el registro y análisis de casos sospechosos, el monitoreo de poblaciones de *D. rotundus* en zonas de riesgo reflejadas en el AMC, descentralización de vacunas y tratamientos post-exposición.

La implementación de estrategias permitirá mejorar la respuesta ante brotes de rabia y mitigar los riesgos asociados a la interacción entre humanos, fauna doméstica y murciélagos hematófagos.

9. Bibliografía

- Aguilar-Guerrero, A. D. 2022. Percepciones de los pobladores de la parroquia Atahualpa (Habaspamba), pichincha-ecuador en referencia a los murciélagos (Orden: Chiroptera). *Etnobiología*. 20(2): 198-212.
- Alagón-Cano. 2005. Desmoteplase y tromboembolismo: una historia verdadera de vampiros. XI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Instituto de Biología UNAM. Mérida, Yucatán.
- Amador-Martínez, E. A. 2020. Epidemiología molecular del virus rábico en murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*) de zonas endémicas en la región Otomí-Tepehua, Hidalgo. Proyecto terminal de carácter profesional para obtener el grado de Maestra en Salud Pública. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, Hidalgo.
- Anderson, S. C., y Ruxton, G. D. 2020. The evolution of flight in bats: a novel hypothesis. *Mammal Review*. 50(4): 426-439. <https://doi.org/10.1111/mam.12211>
- Araúz, J., Chavarría, A., y Castillo, M. 2021. Observaciones sobre la biología del murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*) en la provincia de Chiriquí, Panamá. *Científica Centros*. 10(2): 179-193.
- Bárcenas-Reyes, I., Loza-Rubio, E., Zendejas-Martínez, H., Luna-Soria, H., Cantó-Alarcón G. J., Milián-Suazo, F. 2015. Comportamiento epidemiológico de la rabia paralítica bovina en la región central de México, 2001–2013. *Panam Salud Pública*. 38(5): 396–402.
- Barquez, R. M., Aguirre, L. F., Nassar, J. M., Burneo, S. F., Mancina, C. A., y Díaz, M. M. 2022. Áreas y sitios de importancia para la conservación de los murciélagos en Latinoamérica y el Caribe. RELCOM, Yerba Buena, Tucumán, Argentina. 370 pp.
- Brown, N., y Escobar, L. E. 2023. A review of the diet of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) in the context of anthropogenic change. *Mammalian Biology*. 103: 433-453. Doi: 10.1007/s42991-023-00358-3
- Cárdenas-Canales, E. M., Velasco-Villa, A., Ellison, J. A., Satheshkumar, P. S., Osorio, J. E., y Rocke, T. E. 2022. A recombinant rabies vaccine that prevents viral shedding in rabid common vampire bats (*Desmodus rotundus*). *Plos Negl Trop Dis*. 16(8): 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010699>
- CENAPRESE. 2018. Rabia Humana. Secretaría de Salud [Página Web]. http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/zoonosis/rabia_humana.html
- Chávez-López, S., Gómez-Sierra, M., Martínez-Solís, D., Sandoval-Borja, A., Escamilla-Ríos, B., Animas-Vargas, I., Animas-Vargas, A., Carrillo-García, D., Gutiérrez-Cedillo, V., y García-Lozano, H. 2024. Reservorios asociados a casos de rabia humana en México 2022-

2024. [Archivo PDF]. https://www.ritaconference.org/wp-content/uploads/2024/11/Susana-Chavez-Lopez-Mexico-Online.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Chuquista-Alcarraz, O. 2020. Inmunidad poblacional contra el virus de la rabia en canes previo a la campaña de vacunación antirrábica en el distrito de Surquillo, Lima–Perú. Tesis para optar el grado de maestra en epidemiología y salud pública en veterinaria. Universidad Peruana Cayetano Heredia. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9016/Inmunidad_Chiquista-Alcarraz_Olimpia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Codina, L. 2023. Revisiones de la literatura con aproximación sistemática: scoping reviews [Webinar]. Universidad Rosario Castellanos. <https://www.lluiscodina.com/revisiones-sistematicas-literatura-2023/>
- Correia-Aguiar, M.J. 2018. Criterios confiables para la construcción del modelo de máxima entropía-maxent. *Boletines de COFA*. doi: 10.13140/RG.2.2.36673.81769.
- Corrêa-Scheffer, K., Fernandes-deBarros, R., Iamamoto, K., Mori, E., Miyuki-Asano, K., de Oliveira-Lima, J. K., Estevez-García, A. I., Cunha-Neto, R. S., de Oliveira-Fahl, W. 2022. *Desmodus rotundus* – biología y comportamiento. *Open Science Research III*. 3: 505-529.
- de Diego, A. I. y Valotta, J. R. 1979. Rabia transmitida por murciélagos. *Bol of Sanit Panam*. 86(6): 495-508.
- Dato, V. M., Campangolo, E. R., Long, J., y Rupprecht, C. E. 2016. A Systematic Review of Human Bat Rabies Virus Variant Cases: Evaluating Unprotected Physical Contact with Claws and Teeth in Support of Accurate Risk Assessments. *Plos One*. 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159443>
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. 2011, mayo 20. NORMA Oficial Mexicana NOM-067-ZOO-2007, Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y especies ganaderas. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5190251&fecha=20/05/2011#gsc.tab=0
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré-Jaime, G., García-Marqu岸, R., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D., y Lautenbach, S. 2012. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*. 36: 027–046. doi: 10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x
- Fick, S.E., y Hijmans, R.J. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 37(12): 4302-4315.
- Fooks, A.R., Cliquet, F., Finke, S., Freuling, C., Hemachudha, T., Mani, R. S., Müller, T., Nadin-Davis, S., Picard-Meyer, E., Wilde, H., y Banyard, A.C. 2017. Rabies. *Nature Reviews Disease Primers*. 3: 17091.
- Frantchez, V., y Medina, J. 2018. Rabies: 99.9% deadly, 100% preventable. *Méd. Urug*. 34(3): 164-171. Doi:10.29193/RMU.34.3.5
- Garza-Ramos, J. 2010. La situación actual de las zoonosis más frecuentes en México. *Gaceta Médica de México*. 146:430-436.

- GBIF. 2024. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.fpde28>
- Gen, L., Zhang, Y., Hong-Ling, H., Chang-Yi, C., Xlao, Y., Zhi-Bin, Y., Chu, Y., Luo, J., y Xiao-Feng, G. 2023. Evolution and distribution of rabies viruses from apanorama view. *Microbiology Spectrum*. 11(5): 1-15. <https://doi.org/10.1128/spectrum.05257-22>
- Gómez-Chávez, S. 2014. Rabia paralítica bovina y control de murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*). Tesis para obtener el título de médico veterinario zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. División Regional de Ciencia Animal.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7139/SAMUEL%20GOMEZ%20CHAVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonçalves-de Andrade, F. A., Francia, E. S., Souza, V. P., Barreto, M., y Fernandes, M. 2015. Spatial and Temporal Analysis of Attacks by Common Vampire Bats (*Desmodus rotundus*) on Humans in the Rural Brazilian Amazon Basin. *Acta Chiropterologica*. 17(2): 393-400. doi: 10.3161/15081109ACC2015.17.2.015
- González-Ferreras, J., Barquín, J., y Peñas, F.J. 2016. Integration of habitat models to predict fish distributions in several watersheds of Northern Spain. *Journal of Applied Ichthyology*. 32: 204-216. doi: 10.1111/jai.13024
- Gutiérrez-Hernández, O., Cámara-Artigas, R., Senciales-González, J.M., y García, L.V. 2018. Modelos predictivos en Biogeografía: aplicación para la modelización de nichos ecológicos en Geografía Física. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. (78): 88–126. doi: <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2395>
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Araújo, M.B., Virkkala, R., Thuiller, W., y Sykes, M.T. 2006. Methods and uncertainties in bioclimatic modelling under climate change. *Progress in Physical Geography*. 30(6): 1-27. doi: 10.1177/0309133306071957
- Hernan-Vergara, C. 2023. *Atlas de los Bombus de México*. Comunicación Científica. ISBN: 978-607-59668-1-6
- Hijmans, R. 2024. dismo: Species Distribution Modeling [Archivo PDF]. <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf>
- Hijmans, R. 2023. The raster package [Archivo PDF]. <https://rspatial.org/raster/pkg/RasterPackage.pdf>
- INEGI. 2021. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional, escala: 1:250, 000. Edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/inegi/usv250s7gw
- InDRE. 2023. Lineamientos para la Vigilancia por Laboratorio de la Rabia. Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos “Dr. Manuel Martínez Báez”. InDRE México: Secretaría de Salud.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/796724/LVL_Rabia_Humana.pdf

- Jackson, C.R., y Robertson, M.P. 2011. Predicting the potential distribution of an endangered cryptic subterranean mammal from few occurrence records. *Journal for Nature Conservation*. 19(2): 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2010.06.006>
- Kasso, M., y Balakrishnan, M. 2013. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *International Scholarly Research Notices*. 2013: 9. <https://doi.org/10.1155/2013/187415>
- Kikuti, M., Paploski, I. A. D., Silva, M.D.C.P., de Oliveira, E.A., da Silva, A.W.C., y Biondo A.W. 2011. Prevention educational program of human rabies transmitted by bats in rain forest preserved area of southern Brazilian coast. *Zoonoses and Public Health*. 58(8): 529-532. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2011.01404.x>
- Lanzagorta-Valencia, K., Fernández-Méndez, J. I., Medellín, R. A., Rodas-Martínez, A., y Avila-Flores, R. 2020. Landscape and cattle management attributes associated with the incidence of *Desmodus rotundus* attacks on cattle. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 7(1): 1-10. <https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2164>
- López-Cortes, O.D., Betancourt-Núñez, A., Bernal-Orozco, M.F. y Vizmanos, B. 2023. Scoping reviews: una nueva forma de síntesis de la evidencia. *Investigación de Educación Médica*. 11(44): 98-104. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2022.44.22447>
- López-Moreno, M. G. 2022. Conocimientos básicos de rabia humana en el personal de enfermería perteneciente al distrito de salud VII Tapachula. Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia en Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Medicina Humana “Dr. Manuel Velasco Suárez” Campus II. <http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3566/1/PS520%20Maria%20Guadalupe%20Lopez%20Moreno%20-%20Maria%20Guadalupe%20Lopez%20Moreno.pdf>
- Loza-Rubio, E., Nadin-Davis, S. A., Morales-Salinas, E., 2012. Caracterización molecular y biológica del virus de la Rabia que circula en zorrillos de México enfocado a la variante del gen de la fosfoproteína (P). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3(2): 155-170.
- Loza-Rubio, E., Pedroza-Requenes, R., Montañó-Hirose, J., y Aguilar-Setien, A. 1998. Caracterización con anticuerpos monoclonales de virus de la rabia aislados de fauna doméstica y silvestre de México. *Veterinaria México*. 29(4):345.
- Martins, F.M., y Hubbe, M. 2012. Craniometric diversity of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) in Central and South America. *Journal of Mammalogy*. 93(2): 579-588. <http://dx.doi.org/10.1644/11-MAMM-A-170.1>
- Martins, F.M., Templeton, A.R., Pavan, A.CO., Kohlbach, B.C., y Morgante, J.S. 2009. Phylogeography of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*): Marked population structure, Neotropical Pleistocene vicariance and incongruence between nuclear and mtDNA markers. *BMC Evolutionary Biology*. 9: 294. doi:10.1186/1471-2148-9-294
- Martínez-Hernández, E. Y., y Velázquez-López, Z. 2019. La otra cara de los murciélagos. *Revista Yu'am*. 3(6): 46-49.
- Martínez-Méndez, N., Aguirre-Planter, E., Eguiarte, L.E., y Jaramillo-Correa, J.P. 2016. Modelado de nicho ecológico de las especies del género *Abies* (Pinaceae) en México: algunas

- implicaciones taxonómicas y para la conservación. *Botanical Sciences*. 94(1): 5-24. DOI: 10.17129/botsci.508
- Mendoza-Sáenz, V. H., Saldaña-Vázquez, R. A., Navarrete-Gutiérrez, D., Kraker-Castañeda, C., Ávila-Flores, R., y Jiménez-Ferrer, G. 2023. Reducing conflict between the common vampire bat *Desmodus rotundus* and cattle ranching in Neotropical landscapes. *Mammal Review*. 53(2): 72-83. <https://doi.org/10.1111/mam.12313>
- Meriño-Olivella, S., Sánchez-Bonilla, M. del P., Escobar, L. E., y Correa-Valencia, N. M. 2024. Human cat borne rabies as the new epidemiology of the disease in the Andes mountains. *Zoonoses and Public Health*. 71(5): 600-608. <https://doi.org/10.1111/zph.13141>
- MinSalud. 2012. Modelo de estrategia de vigilancia, prevención y control de la rabia silvestre en comunidades de alto riesgo. Ministerio de salud y protección social. Organización Panamericana de la Salud. Convenio Cooperación Técnica No. 485/10. Colombia. <https://minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/Modelo-estrategia-prevencion-vigilancia-control-rabia-silvestre-comunidades-alto-riesgo.pdf>
- Monroy-Ambrocio, G. 2003. Rabia paralítica bovina y control del reservorio (*Desmodus rotundus*). Tesis para obtener el grado de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/49261>
- Moran, D., Juliao, P., y Alvarez, D. 2015. Knowledge, attitudes and practices regarding rabies and exposure to bats in two rural communities in Guatemala. *Bio Med Central*. 8:955. <http://dx.doi.org/10.1186/s13104-014-0955-1>
- Morán-Rodríguez, L. 2023. ¿Peligro de propagación de Rabia Humana?: Un brote reciente alerta a las autoridades en México. <https://ciencia.unam.mx/leer/1389/-peligro-de-propagacion-de-rabia-humana->
- Naimi, B. 2023. USDM: Uncertainty Analysis for Species Distribution Models [Archivo PDF]. <https://cran.r-project.org/web/packages/usdm/usdm.pdf>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., Kassem, K. R. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience*. 51(11): 933-938.
- OPS. Recuperado 2024. Rabia. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/rabia>
- Ortega-Sánchez, R., Bárcenas-Reyes, I., Luna-Cozar, J., Rojas-Anaya, Cuador-Gil, J. Q., Cantó-Alarcón, G. J., Veyna-Salazar, N., González-Ruiz, S., y Milián-Suazo, F. 2024. Spatial-temporal risk factors in the occurrence of rabies in Mexico. *Geospatial Health*. 19(1): 1245. <https://doi.org/10.4081/gh.2024.1245>
- Ortiz-Badillo, R. M. 2015. Diversidad de Murciélagos en un Gradiente Altitudinal en el Estado de Nuevo León, México. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. <http://eprints.uanl.mx/9391/1/1080214889-conanexo.pdf>

- Parize, P., Travededo-Robledo, I., C., Cervantes-Gonzalez, M., Kergoat, L., Larrous, F., Serra-Cobo, J., Dacheux, L., y Bourhy, H. 2020. Circumstances of Human–Bat interactions and risk of lyssavirus transmission in metropolitan France. *Zoonoses and Public Health*. 67(7): 774-784. 10.1111/zph.12747
- Pérez-Irineo, G., Ballesteros-Barrera, C., y Santos-Moreno, A. 2019. Density, environmental suitability and ecological niche in four American feline species (Carnivora: Felidae). *Revista de Biología Tropical*. 67(3): 667-678. doi: 10.15517/RBT.V67I3.34819
- Poblete-Olguín, C. 2017. Riesgos de exposición zoonótico de rabia con animales de compañía. Trabajo de Titulación presentado como requisito para Optar al título de Médico Veterinario. Universidad de las Américas. Chile. <https://repositorio.udla.cl/xmlui/bitstream/handle/udla/317/a40839.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Preuk, N., Romero-Mujalli, D., Zurell, D., Steinbauer, M., y Kreyling, J. 2024. Randomising spatial patterns supports the integration of intraspecific variation in ecological niche models. *Ecography*. e07289. <https://doi.org/10.1111/ecog.07289>
- Rivas-Camo, N. A., Sabido-Villanueva, P. A., Peralta-Muñoz, C. R., Medellín, R. A. 2020. Cuba in Mexico: first record of *Phyllops falcatus* (Gray, 1839) (Chiroptera, Phyllostomidae) for Mexico and other new records of bats from Cozumel, Quintana Roo. *ZooKeys*. 973: 153-162. DOI: 10.3897/zookeys.973.53185
- Robertson, K., Marano, N., y Johnson, K. J. 2012. Rabies en Jong E. C. y Stevens, D. L. (ed). *Netter's Infectious Diseases* (68, pp. 411-418). <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-0126-5.00068-9>.
- Romero-Almaraz, M. L., Aguilar-Setién, A., Sanchez-Hernández, C. 2006. *Murciélagos benéficos y vampiros: características, importancia, rabia, control y conservación*. México, AGT Editores.
- Rosas, Y.M., Peri, P.L., Benítez, J., Lencias, M.V., Politi, N., Martínez-Pastur, G. 2023. Potential biodiversity map of bird species (Passeriformes): Analyses of ecological niche, environmental characterization and identification of priority conservation areas in southern Patagonia. *Journal for Nature Conservation*. 73: 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126413>
- Sánchez, M., Díaz-Sánchez, O. A., Sanmiguel, R. A., Ramírez, A. A., y Escobar, L. 2019. Rabia en las Américas, varios desafíos y «Una Sola Salud»: artículo de revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(4): 1361-1381. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17149>
- Sánchez-Cordero, V., Rodríguez, P., Moreno-Almeraya, N., Jiménez-Cruz, M. 2020. *Desmodus rotundus* (murciélago vampiro) Distribución Potencial en México (Sánchez-Cordero *et al.*, 2020). Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Geoportal CONABIO. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/dro040dpgw.html>
- Sánchez-Gómez, W.S., Selem-Salas, C.I., Córdova-Aldana, D.I. y Erales-Villamil, J.E. 2022. Common vampire bat (*Desmodus rotundus*) abundance and frequency of attacks to cattle in

- landscapes of Yucatan, Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 54(2):130. doi: 10.1007/s11250-022-03122-w.
- Santos-Moreno, A., Aldape-López, C. T., Benítez-Díaz, C., y Martínez-Coronel, M. 2016. Ampliación del límite superior de distribución altitudinal de tres especies de mamíferos en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(1): 267-269. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.017>
- Schmitt, S., Pouteau, R., Justeau, D., de Boissieu, F., Baumbach, L., y Birnbaum, P. 2023. SSDM: Stacked Species Distribution Modelling [Archivo PDF]. <https://cran.r-project.org/web/packages/SSDM/SSDM.pdf>
- Schneider, M. C., Santos-Burgoa, C. 1995. Algunas consideraciones sobre la rabia humana transmitida por murciélago. *Salud Pública de México*. 37(4): 354-362
- Sélem-Salas, C. I., Muñoz-Alamilla, C., Cetina-Carrillo, D. A., y Pirod-Alayola, J. A. 2022. Diversidad morfológica y alimentaria en murciélagos neotropicales. *Bioagrociencias*. 15(2): 137-146
- Silva-Serra, J., y Osorio-Abarzúa, C. 2023. Historia de la rabia en Chile: tres tesis médicas. *Revista Chilena Infectología* 40(6): 678-683. <http://dx.doi.org/10.4067/s0716-10182023000600678>
- Secretaría de Salud. 2024. 121. Secretaría de Salud invita a la población a llevar a vacunar contra la rabia a sus perros y gatos. Gobierno de México [Página Web]. <https://www.gob.mx/salud/prensa/121-secretaria-de-salud-invita-a-la-poblacion-a-llevar-a-vacunar-contr-la-rabia-a-sus-perros-y-gatos#:~:text=En%20este%20contexto%2C%20el%20pasado,La%20persona%20falleci%C3%B3%20d%C3%ADas%20despu%C3%A9s.>
- SENASICA. 2020. Panorama Nacional de Rabia paralítica bovina. Gobierno de México. Agricultura. https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2021/abril/PANRabiapara%C3%ADticabovina15-04-21_122d9d90-dfd6-4e7d-a16d-cdaa9267f030.pdf
- SENASICA. 2024. Rabia en bovinos y especies ganaderas. Gobierno de México. https://dj.senasica.gob.mx/ASIA/Zoosanitario/rabia_paralitica_bovina?tipoIngreso=public&tipoVista=public
- Shapiro, H. G., Willcox, A. S., Tate, M., y Willcox, E. V. 2020. Can farmers and bats co-exist? Farmer attitudes, knowledge, and experiences with bats in Belize. *Human-Wildlife Interactions*. 14(1): 5-15. <https://doi.org/10.26077/5wwp-sp53>
- Shay-Anne, D., King, E. M., Oliver, C. J., Harding, J., Fehlner-Gardiner, C., Nadin-Davis, S., y Murray, M. 2020. Rabies virus infection in a 21-year-old male presenting with ascending paralysis after a bat scratch. *Official Journal of the Association of Medical Microbiology and Infectious Disease Canada*. 5(3): 201-208. DOI: 10.3138/jammi-2020-0007
- SINAVE. 2023. Aviso Epidemiológico CONAVE/ 01/ 2023/ Rabia Humana. Comité Nacional para la Vigilancia Epidemiológica. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/796476/Aviso_Epidemiologico_Rabia_2023.pdf

- Slate, D., Anderson, W., Lecuona, L., Chipman, R., Mendoza, M., Rupprecht, C., Donovan, D., Oertli, S., Trimarchi, C., Bender, S., Mclean, R., Alvarez-Lucas, C., Vargas-Pino, F., Batalla-Campero, D., Jimenez-Ramirez, J. A., Lopez-Martínez, I., Melendez-feliz, A., Gomez-Mendieta, L. A., Toxqui, Y.,... y Nelson, K. 2008. Plan Regional de Control de la Rabia en Norteamérica. Gobiernos de Canadá, México, la Nación Navajo y los Estados Unidos. DOI: 10.13140/RG.2.2.25456.66561
- Taylor, M., y Tuttle, M., 2019. Bats: An Illustrated Guide to All Species. 1ª ed. Smithsonian Boos. 400 pp.
- Toro-Cardona, F.A., Parra, J.L., y Rojas-Soto, O.R. 2023. Predicting daily activity time through ecological niche modelling and microclimatic data. *Journal of Animal Ecology*. 92(4): 925–935. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13895>
- Torres-Castro, M. A., Cruz-Romero, A., Ochoa-Valencia, J. L., Torres-León, M. A., y Lugo-Caballero, C. I. 2023. La rabia: enfermedad zoonótica reemergente en México. *Bioagrociencias*. 16(1): 15-26.
- Torres-Mejía, X., Pérez-Rivero, J. J., Olvera-Vargas, L. A., Barragán-Hernández, E. A., Martínez-Maya, J. J., Aguilar-Setién, A. 2021. The coexistence of *Desmodus rotundus* with the human population in San Luis Potosí, Mexico. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*. 12(3): 694-709. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5670>
- Velasco-Villa, A., Orciari, L. A., Souza, V., Juarez-Islas, V., Gomez-Sierra, M., Castillo, A., Flisser, A., y Rupprecht, C.E. 2005. Molecular epizootiology of rabies associated with terrestrial carnivores in Mexico. *Virus Research*. 111: 13-27.
- Velasco-Villa, A., Orciari, L.A., Juarez-Islas, V., Gomez-Sierra, M., Padilla-Medina, I., Flisser, A., Souza, V., Castillo, A., Franka, R., Escalante-Mane, M., Sauri-Gonzalez, I., y Rupprecht, C. E. 2006. Molecular diversity of rabies viruses associated with bats in Mexico and other countries of the Americas. *Journal of Clinical Microbiology*. 44:1697-1710.
- Villa-Ramírez, B. 1976. Biología de los murciélagos hematófagos. *Ciencia Veterinaria*. 1: 85-101
- Villanueva-Páez, y Mogollón-Vergara, D. C. 2023. La Importancia de la Rabia como Enfermedad de Impacto en la Salud Pública en Colombia. Trabajo de grado-pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ibagué. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/53795>
- Zapata, M. (16-20 de Julio de 2009). El paquete sp del R para análisis espacial y aplicaciones en el campo forestal [Discurso principal]. XX Simposio Colombiano de Estadística, Medellín, Colombia.
- Zarza, H., Martínez-Meyer, E., Suzan, G., Ceballos, G. 2017. Geographic distribution of *Desmodus rotundus* in Mexico under current and future climate change scenarios: Implications for bovine paralytic rabies infection. *Veterinaria México OA*. 4(31): 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.21753/vmoa.4.3.390>

10. Anexos

Anexo 1. Script para el modelado de nicho ecológico.

```

#cargar paquetes

install.packages("sp")
install.packages("raster")
install.packages("dismo")
install.packages("usdm")
install.packages("SSDM")

library (sp)
library (raster)
library (dismo)
library(usdm)
library(SSDM)
library(rJava)

# Cargar datos ambientales

bios<- stack(list.files(path="bios", pattern=".asc", full.names=TRUE))

#datos de ocurrencia

Occurrences<-read.csv("nombre_del_archivo.csv")
Occurrences<-
data.frame(Occurrences$species,Occurrences$decimalLon,Occurrences$decimalLat)
colnames(Occurrences)<-c("SPECIES","LONGITUDE","LATITUDE")
datos<-Occurrences
coordinates(datos)<-c("LONGITUDE","LATITUDE")

#Colinealidad

ex<-raster::extract(bios,datos)
v<-vifstep(ex)
Env<-exclude(bios,v)
Env

# Modelado

ESDM <- ensemble_modelling(c('CTA', 'MARS', 'GLM','MAXENT' ), Occurrences, Env,
rep = 30,

Xcol = 'LONGITUDE', Ycol = 'LATITUDE',

ensemble.thresh = c(0.8))

```

Anexo 2. Tabla con los estados y municipios con categoría de riesgo alto, muy alto y que comparten categoría.

Estado	Municipio	Categoría
Campeche	Escárcega	Alta

	Hechelchakán
	Tenabo
Chiapas	Acala
	Chalchihuitán
	Chapultenango
	Chiapilla
	Chicoasén
	Chilón
	Cintalapa
	Coapilla
	Escuintla
	Francisco León
	Frontera Hidalgo
	Huitiupán
	Jiquipilas
	Jitotol
	Metapa
	Ocotepec
	Osumacinta
	Pantelhó
	Sabanilla
	Salto de Agua
	San Juan Cancuc
	San Lucas
	Simojovel
	Sitalá
	Solosuchiapa
	Suchiate
	Sunuapa
	Tecpatán
	Tila
	Totolapa
	Tuxtla Chico
	Tzimol
	Zinacantán
Colima	Minatitlán
Guanajuato	Atarjea
	Xichú
Guerrero	Ahuacuotzingo
	Alcozauca de Guerrero
	Alpoyeca
	Atenango del Río
	Atlixnac

Chilapa de Álvarez
Chilpancingo de los Bravo
Coahuayutla de José María Izazag
Cochoapa el Grande
Copalillo
Cuajinicuilapa
Eduardo Neri
General Canuto A. Neri
Huamuxtitlán
Huitzuc de los Figueroa
Iguala de la Independencia
Iliatenco
Ixcateopan de Cuauhtémoc
Juan R. Escudero
Juchitán
Leonardo Bravo
Malinaltepec
Marquelia
Mochitlán
Mártir de Cuilapan
Pedro Ascencio Alquisiras
Quechultenango
Tecoanapa
Tepecoacuilco de Trujano
Tixtla de Guerrero
Tlacoapa
Tlalchapa
Xochistlahuaca
Zapotitlán Tablas
Zitlala
Actopan
Atotonilco el Grande
Chapulhuacán
Huatla
Huazalingo
Jacala de Ledezma
La Misión
Lolotla
Molango de Escamilla
Nicolás Flores
Pacula
Pisaflores
Santiago de Anaya

Hidalgo

	Tepehuacán de Guerrero
	Tlanchinol
	Xochicoatlán
Jalisco	Autlán de Navarro
	Cabo Corrientes
	Casimiro Castillo
	Chiquilistlán
	Cihuatlán
	Ejutla
	El Grullo
	Juchitlán
	La Huerta
	Mazamitla
	Quitupan
	San Sebastián del Oeste
	Sayula
	Talpa de Allende
	Tapalpa
	Tolimán
	Tonaya
	Tuxcacuesco
	Villa Purificación
Michoacán	Aquila
	Arteaga
	Charo
	Chinicuila
	Churumuco
	Coalcomán de Vázquez Pallares
	Gabriel Zamora
	Ixtlán
	Jiquilpan
	Jungapeo
	Juárez
	Madero
	Marcos Castellanos
	Nocupétaro
	Nuevo Parangaricutiro
	Nuevo Urecho
	Purépero
	Sahuayo
	Susupuato
	Tangamandapio
	Tangancícuaro

	Taretan
	Tepalcatepec
	Tuzantla
	Tzitzio
	Zitácuaro
Morelos	Axochiapan
	Puente de Ixtla
	Tlaltizapán de Zapata
México	Amatepec
	Ixtapan del Oro
	Luvianos
	Otzoloapan
	Santo Tomás
	Sultepec
	Tejupilco
	Tlatlaya
	Zacazonapan
Oaxaca	Acatlán de Pérez Figueroa
	Ayotzintepec
	Calihualá
	Coicoyán de las Flores
	Constancia del Rosario
	Cosoltepec
	Guevea de Humboldt
	Heroica Villa Tezoatlán de Segur
	Ixtlán de Juárez
	Magdalena Teitipac
	Salina Cruz
	San Agustín Chayuco
	San Agustín Loxicha
	San Andrés Dinicuiti
	San Andrés Teotilápam
	San Antonio Acutla
	San Antonio Nanahuatípam
	San Bartolomé Ayautla
	San Bartolomé Loxicha
	San Dionisio Ocotepec
	San Francisco Chapulapa
	San Francisco Telixtlahuaca
	San Francisco Tlapancingo
	San Francisco del Mar
	San Gabriel Mixtepec
	San José Ayuquila

San José Chiltepec
San José Independencia
San Juan Bautista Jayacatlán
San Juan Bautista Tlacoatzintepec
San Juan Cacahuatepec
San Juan Chilateca
San Juan Cieneguilla
San Juan Coatzóspam
San Juan Ihualtepec
San Juan Lachao
San Juan Lachigalla
San Juan Lajarcia
San Juan Lalana
San Juan Petlapa
San Juan Quiahije
San Juan Teitipac
San Lorenzo Albarradas
San Lorenzo Cuaunecuiltitla
San Luis Amatlán
San Mateo Sindihui
San Miguel Amatitlán
San Miguel Chimalapa
San Miguel Piedras
San Miguel Tenango
San Pedro Amuzgos
San Pedro Coxcaltepec Cántaros
San Pedro Jaltepetongo
San Pedro Jocotipac
San Pedro Mártir Quiechapa
San Pedro Ocopetatillo
San Pedro Sochiápam
San Pedro Teozacoalco
Santa Ana Ateixtlahuaca
Santa Catarina Mechoacán
Santa Catarina Minas
Santa Cruz Zenzontepec
Santa Cruz de Bravo
Santa Inés del Monte
Santa María Apazco
Santa María Chilchotla
Santa María Chimalapa
Santa María Ecatepec
Santa María Guienagati

Santa María Huazolotitlán
 Santa María Ipalapa
 Santa María Mixtequilla
 Santa María Pápalo
 Santa María Temaxcaltepec
 Santa María Texcatitlán
 Santa María Tlalixtac
 Santa María Totolapilla
 Santa María Xadani
 Santa María Zacatepec
 Santa María Zoquitlán
 Santiago Astata
 Santiago Ayuquillilla
 Santiago Camotlán
 Santiago Chazumba
 Santiago Choápam
 Santiago Huajolotitlán
 Santiago Huaucilla
 Santiago Jocotepec
 Santiago Juxtlahuaca
 Santiago Lachiguirí
 Santiago Nacaltepec
 Santiago Tamazola
 Santiago Tapextla
 Santiago Tetepec
 Santiago Tilantongo
 Santiago Yucuyachi
 Santo Domingo Yodohino
 Santo Domingo Zanatepec
 Santo Tomás Jalieza
 Silacayoápam
 Tataltepec de Valdés
 Teotitlán de Flores Magón
 Teotongo
 Tepelmeme Villa de Morelos
 Trinidad Zaachila
 Villa Tejúpam de la Unión
 Villa de Tamazulápam del Progreso
 Yaxe
 Yutanduchi de Guerrero
 Zapotitlán Lagunas
 Ahuacatlán
 Ahuehuetitla

Puebla

Amixtlán
Atlequizayan
Camocuaula
Caxhuacan
Chigmecatitlán
Chila
Chinantla
Coatepec
Coatzingo
Cohetzala
Coxcatlán
Coyomeapan
Cuayuca de Andrade
Cuetzalan del Progreso
Guadalupe
Hermenegildo Galeana
Huatlatlauca
Hueytlalpan
Ixtepec
Jalpan
Jolalpan
Jonotla
Molcaxac
Nauzontla
Pantepec
Petlalcingo
San Antonio Cañada
San Diego la Mesa Tochimiltzingo
San Felipe Tepatlán
San Jerónimo Xayacatlán
San José Miahuatlán
San Pablo Anicano
San Pedro Yeloixtlahuaca
San Sebastián Tlacotepec
Santa Catarina Tlaltempan
Santa Inés Ahuatempan
Teopantlán
Teotlalco
Tepango de Rodríguez
Tlacuilotepec
Tlapacoya
Tlatlauquitepec
Totoltepec de Guerrero

	Tuzamapan de Galeana
	Venustiano Carranza
	Xicotepec
	Xicotlán
	Xochiltepec
	Zacapala
	Zacapoaxtla
	Zapotitlán de Méndez
	Zongozotla
	Zoquiapan
	Zoquitlán
Querétaro	Arroyo Seco
	Jalpan de Serra
	Landa de Matamoros
	Pinal de Amoles
	San Joaquín
Quintana Roo	Solidaridad
	Tulum
San Luis Potosí	Aquismón
	Armadillo de los Infante
	Axtla de Terrazas
	Cárdenas
	Lagunillas
	Matlapa
	San Ciro de Acosta
	San Martín Chalchicautla
	San Nicolás Tolentino
	Santa Catarina
	Tamasopo
	Tamazunchale
	Tampacán
	Xilitla
Sinaloa	Elota
	San Ignacio
Tabasco	Tacotalpa
Tamaulipas	Aldama
	Gómez Farías
	Xicoténcatl
Veracruz	Actopan
	Alto Lucero de Gutiérrez Barrios
	Amatitlán
	Atoyac
	Castillo de Teayo

Chiconquiaco
 Chontla
 Citlaltépetl
 Coatzintla
 Coetzala
 Colipa
 El Higo
 Emiliano Zapata
 Espinal
 Ixcatepec
 Ixhuatlán del Café
 Ixhuatlán del Sureste
 Jesús Carranza
 Juchique de Ferrer
 Las Minas
 Lerdo de Tejada
 Magdalena
 Minatitlán
 Moloacán
 Naolinco
 Naranjal
 Orizaba
 Poza Rica de Hidalgo
 Rafael Delgado
 San Andrés Tenejapan
 San Juan Evangelista
 Santiago Sochiapan
 Soteapan
 Tatatila
 Tepatlaxco
 Tepetzintla
 Tequila
 Texistepec
 Tlacotalpan
 Tlalnelhuayocan
 Tlilapan
 Vega de Alatorre
 Yanga
 Yecuatla
 Zacualpan
 Zozocolco de Hidalgo
 Acanceh
 Baca

Yucatán

Calotmul
Cantamayec
Celestún
Cenotillo
Chankom
Chemax
Chicxulub Pueblo
Chocholá
Chumayel
Cuncunul
Cuzamá
Dzemul
Dzidzantún
Dzilam González
Dzilam de Bravo
Dzitás
Dzoncauich
Espita
Hocabá
Homún
Huhí
Izamal
Kantunil
Kaua
Kinchil
Kopomá
Mayapán
Mocochá
Motul
Oxkutzcab
Panabá
Quintana Roo
Samahil
Sanahcat
Santa Elena
Seyé
Sinanché
Sotuta
Sucilá
Tecoh
Tekal de Venegas
Tekit
Tekom

	Telchac Pueblo	
	Telchac Puerto	
	Temozón	
	Tinum	
	Tixkokob	
	Tunkás	
	Uayma	
	Xocchel	
	Yaxcabá	
	Yobaín	
Zacatecas	Teúl de González Ortega	
	Trinidad García de la Cadena	
Chiapas	Arriaga	Alta-Muy alta
	Ixtacomitán	
	Tonalá	
Colima	Armería	
	Coquimatlán	
	Ixtlahuacán	
	Manzanillo	
	Tecomán	
Guerrero	Atoyac de Álvarez	
	Azoyú	
	Benito Juárez	
	Copala	
	Cualác	
	Cuautepec	
	Florencio Villarreal	
	Igualapa	
	Olinalá	
	Ometepec	
	Petatlán	
	San Luis Acatlán	
	San Marcos	
	Tlacoachistlahuaca	
	Técpan de Galeana	
Jalisco	Gómez Farías	
	Tamazula de Gordiano	
Michoacán	Coahuayana	
Oaxaca	Asunción Tlacolulita	
	Magdalena Tequisistlán	
	San Juan Bautista Atatlahuca	
	San Pedro Huamelula	
	San Pedro Tapanatepec	

	Santa María Tonameca	
	Santiago Comaltepec	
	Santo Domingo de Morelos	
	Santos Reyes Nopala	
Puebla	Huehuetla	
	Jopala	
	Olintla	
San Luis Potosí	Ciudad Valles	
	San Antonio	
	San Vicente Tancuayalab	
	Tancanhuitz	
	Tanlajás	
	Tanquián de Escobedo	
Tamaulipas	Antiguo Morelos	
	Nuevo Morelos	
Veracruz	Acajete	
	Alvarado	
	Banderilla	
	Cerro Azul	
	Chinameca	
	Chinampa de Gorostiza	
	Coxquihui	
	Coyutla	
	Manlio Fabio Altamirano	
	Mecayapan	
	Naranjos Amatlán	
	Platón Sánchez	
	Rafael Lucio	
	Soledad de Doblado	
	Tamalín	
	Tamiahua	
	Tancoco	
	Tantima	
	Tatahuicapan de Juárez	
	Tlacolulan	
	Zongolica	
	Á•lamo Temapache	
Chiapas	Mazatán	Muy alta
Jalisco	Zapotlanejo	
Michoacán	Queréndaro	
Morelos	Atlatlahucan	
	Tlalnepantla	
	Totolapan	

Oaxaca	Abejones
	San Juan Bautista Lo de Soto
	San Juan Quiotepec
	San Miguel Aloápam
	San Pablo Macuiltianguis
	Santa María Cortijo
	Santa María Ixcatlán
	Santa María Tecomavaca
	Santiago Llano Grande
	Santo Tomás Mazaltepec
San Luis Potosí	Tampamolón Corona
Veracruz	Chumatlán
	Coacoatzintla
	Filomeno Mata
	Jilotepec
	Mecatlán
	Pajapan

Anexo 3. Tabla con los estados y municipios con categoría de riesgo bajo y que comparten categoría de riesgo bajo y muy bajo.

Estados	Municipios	Categoría
Chiapas	Bella Vista	Baja
	Chiapa de Corzo	
	Comitán de Domínguez	
	Larráinzar	
	Las Margaritas	
	Ocosingo	
	Reforma	
	Tapachula	
	Villa Comaltitlán	
Colima	Comala	
Ciudad de México	Azcapotzalco	
	Benito Juárez	
	Coyoacán	
	Cuauhtémoc	
	Iztacalco	
	Miguel Hidalgo	
	Venustiano Carranza	
Durango	Tamazula	
Guanajuato	Acámbaro	
	Apaseo el Alto	
	Apaseo el Grande	

	Cortazar
	Doctor Mora
	Huanímaro
	Jaral del Progreso
	Manuel Doblado
	Moroleón
	Ocampo
	Purísima del Rincón
	Romita
	Salvatierra
	San Diego de la Unión
	San Felipe
	San Francisco del Rincón
	Santa Cruz de Juventino Rosas
	Santiago Maravatío
	Silao de la Victoria
	Tarimoro
	Uriangato
	Valle de Santiago
	Villagrán
	Yuriria
Guerrero	Ajuchitlán del Progreso
	Coyuca de Catalán
	Pungarabato
Hidalgo	Acatlán
	Agua Blanca de Iturbide
	Atitalaquia
	Atlapexco
	Atotonilco de Tula
	Huasca de Ocampo
	Huehuetla
	Huichapan
	Jaltocán
	Metepec
	Nopala de Villagrán
	San Bartolo Tutotepec
	Tepeji del Río de Ocampo
	Tepetitlán
	Tezontepec de Aldama
	Tlaxcoapan
	Tula de Allende
	Tulancingo de Bravo
Jalisco	Amacueca

Ameca
Atotonilco el Alto
Ayotlán
Ayutla
Chapala
Degollado
El Salto
Guachinango
Guadalajara
Jamay
La Barca
Lagos de Moreno
Ocotlán
Poncitlán
San Cristóbal de la Barranca
San Diego de Alejandría
San Marcos
San Martín Hidalgo
San Pedro Tlaquepaque
Techaluta de Montenegro
Teocaltiche
Tequila
Tlajomulco de Zúñiga
Unión de San Antonio
Zapopan

Michoacán

Aguililla
Angamacutiro
Apatzingán
Ario
Briseñas
Cojumatlán de Régules
Cuitzeo
Ecuandureo
Indaparapeo
Jacona
José Sixto Verduzco
La Piedad
Los Reyes
Múgica
Numarán
Panindícuaro
Penjamillo
Peribán

	Puruándiro
	Santa Ana Maya
	Tacámbaro
	Tanhuato
	Tarímbaro
	TingÁ¼indín
	Tumbiscatío
	Venustiano Carranza
	Vista Hermosa
	Yurécuaro
	Zináparo
Morelos	Á• lvaro Obregón
	Cuautla
	Cuernavaca
	Huitzilac
	Jiutepec
	Temixco
	Tepoztlán
México	Yecapixtla
	Aculco
	Chalco
	Ixtapaluca
	Ixtapan de la Sal
	La Paz
	Polotitlán
	Tenancingo
	Tlalnepantla de Baz
	Tonatico
	Valle de Chalco Solidaridad
	Villa Guerrero
Nayarit	Zumpahuacán
	Acaponeta
	Amatlán de Cañas
	Bahía de Banderas
	La Yesca
	San Blas
	Santiago Ixcuintla
	Tecuala
Nuevo León	Tepic
	Iturbide
	Linares
	Montemorelos
	Rayones

Oaxaca

Santiago
Asunción Ixtaltepec
El Barrio de la Soledad
Guadalupe Etla
Heroica Ciudad de Ejutla de Cres
Heroica Ciudad de Huajuapán de L
Magdalena Ocotlán
Magdalena Tlacotepec
Matías Romero Avendaño
Mazatlán Villa de Flores
Oaxaca de Juárez
Putla Villa de Guerrero
San Agustín Etla
San Agustín Yatareni
San Agustín de las Juntas
San Andrés Cabecera Nueva
San Andrés Huaxpaltepec
San Andrés Ixtlahuaca
San Andrés Sinaxtla
San Antonio de la Cal
San Bartolo Coyotepec
San Bartolomé Quialana
San Bernardo Mixtepec
San Dionisio Ocotlán
San Dionisio del Mar
San Francisco Chindúa
San Francisco Sola
San Jacinto Amilpas
San Jerónimo Silacayoapilla
San José del Progreso
San Juan Bautista Guelache
San Juan Colorado
San Juan Guichicovi
San Juan Sayultepec
San Juan Yucuita
San Lucas Quiavini
San Lucas Zoquiápan
San Marcial Ozolotepec
San Marcos Arteaga
San Martín de los Cansecos
San Mateo Etlatongo
San Mateo Río Hondo
San Mateo Yoloxochitlán

San Mateo Yucutindó
San Mateo del Mar
San Miguel Ejutla
San Miguel Mixtepec
San Miguel Suchixtepec
San Miguel del Puerto
San Pablo Etla
San Pablo Huixtepec
San Pablo Villa de Mitla
San Pedro Apóstol
San Pedro Comitancillo
San Pedro Huilotepec
San Pedro Ixtlahuaca
San Pedro Mártir
San Pedro Mártir Yucuxaco
San Pedro Topiltepec
San Pedro el Alto
San Pedro y San Pablo Teposcolul
San Sebastián Nicananduta
San Sebastián Tutla
Santa Ana Tlapacoyan
Santa Ana del Valle
Santa Catarina Zapotitlán
Santa Cruz Amilpas
Santa Cruz Itundujia
Santa Cruz Mixtepec
Santa Gertrudis
Santa Inés de Zaragoza
Santa Lucía Monteverde
Santa Lucía Ocotlán
Santa Lucía del Camino
Santa María Atzompa
Santa María Coyotepec
Santa María Huatulco
Santa María Petapa
Santa María la Asunción
Santiago Laollaga
Santiago Niltepec
Santiago Pinotepa Nacional
Santiago Tillo
Santiago Yolomécatl
Santiago Yosondúa
Santo Domingo Chihuitán

	Santo Domingo Nuxaá
	Santo Domingo Yanhuitlán
	Santos Reyes Pápalo
	Taniche
	Teotitlán del Valle
	Tlaxiáac de Cabrera
	Villa Díaz Ordaz
	Villa Sola de Vega
	Villa de Chilapa de Díaz
	Villa de Etla
	Zimatlán de Á• lvarez
	Á• nimas Trujano
Puebla	Acateno
	Altepexi
	Atempan
	Atexcal
	Atlixco
	Cañada Morelos
	Chapulco
	Chiconcuautla
	Chietla
	Chignautla
	Coyotepec
	Cuapiaxtla de Madero
	Francisco Z. Mena
	Huaquechula
	Huauáhinango
	Hueyapan
	Hueytamalco
	Izúcar de Matamoros
	Mixtla
	Nicolás Bravo
	Puebla
	San Andrés Cholula
	San Gabriel Chilac
	San Jerónimo Tecuanipan
	San Salvador Huixcolotla
	Santiago Miahuatlán
	Santo Tomás Hueyotlipan
	Tecali de Herrera
	Tecamachalco
	Tepanco de López
	Tepeaca

	Tepeojuma
	Teziutlán
	Tianguismanalco
	Tilapa
	Tlanepantla
	Tlapanalá
	Yehualtepec
	Zacatlán
Querétaro	Colón
	Corregidora
	El Marqués
	Ezequiel Montes
	Pedro Escobedo
	Tequisquiapan
	Tolimán
Quintana Roo	Bacalar
	Felipe Carrillo Puerto
	José María Morelos
	Othón P. Blanco
San Luis Potosí	Cerritos
	Ciudad Fernández
	Ciudad del Maíz
	Guadalcázar
	Santo Domingo
	Villa Hidalgo
	Villa Juárez
Sinaloa	Escuinapa
	Mazatlán
	Rosario
Tabasco	Balancán
	Centla
	Cárdenas
	Emiliano Zapata
	Jonuta
	Tenosique
Tamaulipas	Bustamante
	Tampico
	Tula
	Victoria
Veracruz	Atzacán
	Boca del Río
	Carrillo Puerto
	Chocamán

	Cosamaloapan de Carpio	
	Cosautlán de Carvajal	
	Coscomatepec	
	Cuitláhuac	
	Huatusco	
	Ixhuatlán de Madero	
	Jalacingo	
	La Antigua	
	Martínez de la Torre	
	Misantla	
	Nanchital de Lázaro Cárdenas del	
	Otatitlán	
	Pueblo Viejo	
	San Rafael	
	Tampico Alto	
	Tenampa	
	Teocelo	
	Tlacotepec de Mejía	
	Tlalixcoyan	
	Tlaltetela	
	Tlapacoyan	
	Totutla	
	Tres Valles	
	Veracruz	
	Xico	
	Zaragoza	
Yucatán	Tzucacab	
	Valladolid	
Zacatecas	El Plateado de Joaquín Amaro	
	Tabasco	
	Villanueva	
Chiapas	Las Rosas	Muy baja - baja
Ciudad de México	Gustavo A. Madero	
	Iztapalapa	
	Tláhuac	
	Xochimilco	
Guanajuato	León	
México	Atenco	
	Coacalco de Berriozábal	
	Ecatepec de Morelos	
	Jaltenco	
	Tecámac	
	Tonanitla	

	Tultitlán
Puebla	Juan N. Méndez
	Tlacotepec de Benito Juárez
	Xochitlán Todos Santos
Querétaro	San Juan del Río
Yucatán	Progreso

Visto bueno del asesor

Dra. Monroy-Dosta María del Carmen (28906)

Nombre del alumno

Matrícula (2202028477)

Visto bueno del asesor

Dra. Monroy-Dosta María del Carmen (28906)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. Dosta', written over a horizontal line.A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. J. J.', written over a horizontal line.

Nombre del alumno

Matrícula (2202028477)