

## **Proyecto de investigación.**

**Convocatoria seleccionada:** Convocatoria Ciencia Básica y de Frontera 2025.

(La redacción de la propuesta se apega a las características estipuladas en el portal SALSA, de acuerdo a la convocatoria Ciencias Básica y de Frontera 2025).

### **1. Datos generales del proyecto**

#### **a. Título del proyecto**

Factores asociados al rebrote de miasis por *Cochliomyia hominivorax* en Chiapas: Un enfoque epidemiológico y de modelaje.

#### **b. Área de conocimiento**

Disciplina: Ciencias de la Agricultura, Agropecuarias, Forestales y de Ecosistemas

Subdisciplina: Epidemiología

Palabras clave afines: Miasis, *Cochliomyia hominivorax*, modelaje epidemiológico, rebrote, Chiapas.

#### **c. Resumen ejecutivo.**

Ante la reemergencia de miasis bovina causada por *Cochliomyia hominivorax* en México durante 2024, el presente proyecto busca analizar los factores asociados al rebrote de miasis por gusano barrenador en el ganado bovino del estado de Chiapas. La intención es generar información sólida que permita señalar los posibles factores críticos que influyen en la persistencia de la enfermedad. Esto se logrará mediante la recopilación de datos científicos y epidemiológicos disponibles sobre la miasis para elaborar una base de datos e identificar parámetros asociados a la enfermedad. Estos datos serán utilizados para desarrollar un modelo compartimental tipo SEIR expandido. Una vez desarrollado el modelo, se realizarán simulaciones pre y post rebrote y se incluirá un análisis de sensibilidad univariante local para comprender la influencia de cada parámetro en el modelo.

#### **d. Institución beneficiaria**

Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) – Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

**ID Rizoma:** UAQ-FCN-MVZ-004512

#### **e. Persona responsable técnica**

Dra. Adriana Melissa Martínez Rojas – Coordinadora de proyecto e investigadora principal en epidemiología y modelaje de enfermedades en animales, UAQ

**ID Rizoma:** MAR-MEL-UAQ-002345

#### **f. Participantes**

- Dra. Blanca Itzel Osornio Álvarez – Modelador matemático de enfermedades animales, Universidad Autónoma de Querétaro

**ID Rizoma:** OSO-BLA-SAD-009834

- Mtra. Estrella Segobia Angel – Especialista en epidemiología veterinaria, COPEG

**ID Rizoma:** SEG-EST-COPEG-231202

- MVZ Citlali Daniela Herrera Fuentes – Especialista en salud animal y manejo de plagas, SENASICA

**ID Rizoma:** HER-CIT-SEN-007421

- Ing. Daniela Villanueva Curiel – Especialista en producción pecuaria y bioseguridad, SENASICA

**ID Rizoma:** VIL-DAN-SEN-003567

## **2. Introducción, objetivos, metodología y plan de trabajo**

### **a. Antecedentes**

*Cochliomyia hominivorax* es un díptero perteneciente a la familia *Calliphoridae* que se distribuye por regiones tropicales y subtropicales de América (Gutierrez & Ponti, 2014). Sus larvas, conocidas comúnmente como gusano barrenador del ganado, tienen una gran importancia sanitaria, debido a que son ectoparásitos obligados. Se alimentan del tejido vivo de vertebrados de sangre caliente generándoles heridas grandes, supurantes y con un olor a carne en descomposición, que ocasionan la pérdida de función del órgano infestado o la muerte del animal (SENASICA, 2020). Estas afecciones conllevan a una disminución en la producción de carne y leche en el sector ganadero, así como un incremento en los gastos para la prevención y el tratamiento de la infestación. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en 1984, la miasis causada por *C. hominivorax* ya había provocado pérdidas que ascendían los 134 millones de dólares en México (SENASICA, 2021).

Debido al impacto generado en el sector ganadero por el gusano barrenador en 1984, fue necesario buscar nuevas técnicas de control, ya que inicialmente estas técnicas se limitaban al uso de insecticidas, manejo de pastizales y aislamiento de animales infestados, con eficiencia limitada (USDA, s.f.). Posteriormente, Edward Knipling concibió la técnica de control mediante liberación de machos estériles, aprovechando que las hembras de *C. hominivorax* se aparean una sola vez en su vida (Knipling, 1985). Esta estrategia se implementó a gran escala con la creación de la Comisión México-Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador (COMEXA), logrando que Estados Unidos fuera declarado libre de gusano barrenador en 1982, México en 1991, y América Central hasta Panamá en 2006, donde se estableció la barrera permanente (SENASICA, 2021).

La presencia del gusano barrenador se mantuvo en control hasta noviembre de 2024, cuando se detectó el primer caso del rebrote en México tras 33 años de ausencia, siendo Chiapas el primer estado afectado (SENASICA, 2025). Ante esta situación, es fundamental implementar nuevas estrategias de control y contar con herramientas que permitan comprender la dinámica de la enfermedad para diseñar intervenciones más efectivas. Los modelos matemáticos compartimentales son herramientas útiles en epidemiología animal,

ya que nos permiten identificar parámetros de transmisión y describir la dinámica de la enfermedad en las poblaciones afectadas. Para *C. hominivorax*, se han creado modelos de simulación de la TIE que evalúan tasas de liberación de insectos estériles necesarias para la erradicación (Dhahbi et al., 2020). Por otro lado, también hay modelos que identifican efectos climáticos sobre la persistencia de brotes (Gutiérrez et al., 2019). Sin embargo, no se han publicado modelos que integren dinámica poblacional de *C. hominivorax*, epidemiología de infestación en bovinos, factores socioeconómicos, efectos de factores climáticos y de control para cuantificar su contribución relativa en el rebrote del gusano. Por ello, consideramos importante generar un modelo epidemiológico más completo que integre distintos parámetros para caracterizar la dinámica que afecta al rebrote del gusano barrenador.

#### **b. Pertinencia**

La reemergencia de miasis bovina causada por *C. hominivorax* en México representa una amenaza zoosanitaria y socioeconómica significativa. Un dato interesante para dimensionar esta problemática es que, a partir del reporte del primer caso en noviembre de 2024 y hasta la actualidad, se presentan 2505 casos en todo el país; siendo Chiapas el estado más afectado con un total de 1326 casos de miasis (SENASICA, 2025). Por ello, se busca crear un modelo epidemiológico con un enfoque innovador que integre variables ambientales, zoosanitarias y socioeconómicas para modelar la dinámica del rebrote de *C. hominivorax* en el estado de Chiapas. Nuestros resultados buscan identificar los factores críticos que influyen en la persistencia de miasis en bovinos.

#### **c. Hipótesis o preguntas de investigación**

El rebrote de miasis por *C. hominivorax* en Chiapas, México durante 2024 se explica por el efecto combinado de factores biológicos, ambientales y socioeconómicos, cuya contribución relativa puede evaluarse mediante modelaje epidemiológico.

#### **d. Objetivo general**

Realizar un modelo epidemiológico que identifique los factores asociados al rebrote de miasis por *C. hominivorax* en el ganado bovino en México, con el fin de generar información sólida que apoye la toma de decisiones para la implementación de estrategias de vigilancia, prevención y control de la enfermedad.

#### **e. Objetivos específicos**

- Desarrollar y aplicar un modelo epidemiológico que explique la dinámica del rebrote de *C. hominivorax* en Chiapas considerando los escenarios previos y posteriores al evento.
- Comparar, mediante el modelo propuesto, escenarios libres de enfermedad y endémicos de *C. hominivorax* para identificar los parámetros que más influyen en su dinámica.

#### **f. Metas**

1. Compilar, organizar y sintetizar referencias científicas y normativas pertinentes, incluyendo legislación zoosanitaria nacional vigente y protocolos de erradicación.
2. Establecer una base de datos curada de múltiples fuentes para determinar variables y parámetros reportados que afectan la dinámica de la enfermedad.
3. Obtener un modelo epidemiológico funcional que integre las variables definidas y validado en diferentes escenarios.

#### **g. Metodología**

La primera etapa se dedicará a la revisión, recopilación y curación de fuentes científicas, colecciones y bases de datos de carácter público, que reporten datos climáticos (humedad, precipitación y temperatura), socioeconómicos (entrada legal e ilegal de ganado) y relativos al ciclo de vida del parásito. Se centralizarán esfuerzos en aquellas ofrecidas por SADER, USDA, CONAGUA, OUP Academic e INEGI.

Se obtendrán los parámetros asociados a la enfermedad y al ciclo de vida del parásito mediante ajustes multiplicadores, medias, inversos y proporción y densidad de incidencia. Se desarrollará un modelo SEIRS expandido. Este será sometido a un proceso de validación por medio de muestreo del hipercubo latino e índices Sobol. Se realizarán los ajustes para mejorar su precisión. Luego será sometido a simulaciones en tiempos distintos en función del rebrote. El resultado de la comparación de los escenarios se reportarán en un análisis descriptivo.

#### **h. Cronograma de actividades**

El cronograma detallado se presenta en los anexos del presente documento.

#### **i. Factores que ponen en riesgo el cumplimiento del proyecto y las estrategias para prevenirlo**

Una de las limitaciones que tiene el proyecto es la accesibilidad a bases de datos y registros públicos cotejados, por ende, desde la etapa de recopilación se considerarán los requisitos legales, técnicos y de formato de cada fuente, gestionando las solicitudes necesarias para su uso. se harán las solicitudes correspondientes para su uso. El trabajo con bases de datos ya establecidas y la falta de un muestreo inicial acotan el modelo a datos heterogéneos, esta limitante se minimizará durante la fase de validación mediante la comparación con literatura especializada. Por otra parte, el modelo no es extrapolable en escenarios donde se busque considerar parámetros como la espacialidad, por ello el código será público para su modificación y enriquecimiento.

## j. Bibliografía

- Dhahbi, A. B., Chargui, Y., Boulaaras, S. M., Khalifa, S. B., Koko, W., & Alresheedi, F. (2020). *Mathematical modelling of the sterile insect technique using different release strategies*. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2020/8896566>
- Gutierrez, A. P., & Ponti, L. (2014). *The new world screwworm: Prospective distribution and role of weather in eradication*. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(2), 158–173. <https://doi.org/10.1111/afe.12046>
- Gutierrez, A. P., Ponti, L., & Arias, P. A. (2019). *Deconstructing the eradication of new world screwworm in North America: Retrospective analysis and climate warming effects*. *Medical and Veterinary Entomology*, 33(2), 282–295. <https://doi.org/10.1111/mve.12362>
- Knippling, E. F. (1985). *Sterile insect technique as a screwworm control measure: The concept and its development*. In O. H. Graham (Ed.), *Symposium on Eradication of the Screwworm from the United States and Mexico* (Vol. 62, pp. 4–13). Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2021). *Análisis del impacto socioeconómico del gusano barrenador del ganado en México*. [https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2021/enero/An%C3%A1lisisSocioecon%C3%B3micoGBG\\_2f22a99d-0284-4899-bdb8-56101f4ee9f9.pdf](https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2021/enero/An%C3%A1lisisSocioecon%C3%B3micoGBG_2f22a99d-0284-4899-bdb8-56101f4ee9f9.pdf)
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2025). *Miasis por gusano barrenador del ganado (Cochliomyia hominivorax)*. Atlas Sanitario, Story Map. <https://dj.senasica.gob.mx/AtlasSanitario/storymaps/miagbg.html>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2020). *Todo lo que usted debe saber sobre la erradicación de la miasis causada por el gusano barrenador del ganado (GBG)*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/936256/TODO\\_LO\\_QUE\\_DEBES\\_SABER\\_SOBRE\\_LA\\_ERRADICACION\\_DE\\_LA\\_MIASIS\\_CAUSADA\\_POR\\_GBG.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/936256/TODO_LO_QUE_DEBES_SABER_SOBRE_LA_ERRADICACION_DE_LA_MIASIS_CAUSADA_POR_GBG.pdf)
- USDA National Agricultural Library. (s.f.). *1930s – STOP Screwworms*. <https://www.nal.usda.gov/exhibits/speccoll/exhibits/show/stop-screwworms--selections-fr/1930>

## 3. Resultados esperados e impacto

### a. Resultados esperados

El proyecto generará una base de datos curada de variables y parámetros epidemiológicos de información zoosanitaria, ambiental y socioeconómica asociada a la reaparición de la miasis por *C. hominivorax* en Chiapas. Se desarrollará un modelo epidemiológico compartimental en un escenario libre de la enfermedad y en punto endémico de esta, para reflejar un panorama de la dinámica de la enfermedad en la región. Si bien, el modelo no

estará dirigido a estrategias de mitigación, sí ofrecerá datos cuantitativos que pueden ser aprovechados para plantear directrices en intervenciones. Además, el código desarrollado será de acceso público en un repositorio GitHub, garantizando la transparencia y quedando sujeto a actualizaciones y mejora continua.

#### **b. Impacto social**

El proyecto contribuirá a comprender la dinámica epidemiológica de la miasis por *C. hominivorax*, lo que permitirá anticipar y prevenir rebrotes que generan pérdidas económicas en carne, leche y cuero, evitando su efecto en la seguridad alimentaria y el sustento de productores rurales. Al señalar factores críticos y orientar estrategias de control más eficaces, se fortalecerá la salud animal y se reducirán riesgos zoonóticos, mejorando el bienestar comunitario. La generación de conocimiento científico servirá como base para la toma de decisiones sanitarias y fomentará la colaboración entre autoridades, academia y sociedad, aportando al desarrollo sostenible y a la resiliencia del sector agropecuario.

### **4. Productos entregables comprometidos**

#### **a. Académicos:**

<b>Etapa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Producto</b>
3	1	Artículo científico publicado en una revista arbitrada, indexada y de acceso abierto, presentando los resultados obtenidos y dirigido a la comunidad científica enfocada en la epidemiología y salud animal.
3	1	Artículo de divulgación científica publicado en una revista arbitrada, indexada y de acceso abierto, presentando los resultados orientados para un público general.

#### **b. Acceso universal del conocimiento:**

<b>Etapa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Producto</b>
1	1	Infografía digital explicando qué es un modelo epidemiológico, el enfoque compartimental SEIRS con ejemplos de su aplicación en enfermedades animales transmitidas por vectores, dirigida a estudiantes y público en general.

2	1	Video divulgativo animado sobre el ciclo biológico de <i>C. hominivorax</i> , el uso de modelos epidemiológicos para entender la propagación y los factores que contribuyeron al rebrote en Chiapas, destinado al público en general.
3	2	Resumen ejecutivo y una intervención en un podcast divulgativo, dirigidos a ganaderos, autoridades sanitarias y tomadores de decisiones. Presentando el contexto del rebrote, actualizaciones, hallazgos del modelo, factores de riesgo y recomendaciones generales, dirigidos a ganaderos, autoridades sanitarias y personal técnico.

**c. Formación de capacidades en HCTI y vocaciones científicas:**

Etapa	Cantidad	Producto
1 - 3	2	Tesis de licenciatura de estudiantes de la UAQ en Medicina Veterinaria y Zootecnia derivadas del proyecto, enfocadas en un componente específico del modelo.
1-3	2	Titulación y egreso de dos estudiantes de maestría en Matemáticas aplicadas.

**5. Presupuesto detallado**

Etapa	Tipo de gasto	Institución	Rubro	Justificación	Monto
Etapa 1	Corriente	Universidad Autónoma de Querétaro	Estudiantes (2 estudiantes de licenciatura y 2 de maestría).	Apoyo económico a estudiantes de licenciatura y maestría involucrados en el proyecto.	\$20,000 MXN Asignando \$5,000 MXN por estudiante.

	Corriente	Licencias de acceso a bases de datos	Suscripción a bases de datos restringidas/no públicas	\$2000 MXN
	Corriente	Almacenamiento y servidores	Se requiere un disco duro externos de 4TB para respaldo y la suscripción anual a un servidor en la nube con 1TB de almacenamiento y capacidad de procesamiento para las simulaciones.	\$30 000 MXN
	Corriente	Acceso a internet	Servicio de internet de entre 100 Mbps y 1Gbps	\$3 500 MXN total del proyecto
	Corriente	Infografía digital	Honorarios de diseñador gráfico para la creación de una infografía digital cotizada con la empresa WeBraind. El servicio incluye la investigación y conceptualización del contenido, diseño gráfico integral con ilustraciones científicas, íconos y diagramas especializados. La entrega final consiste en archivos	\$6,500 MXN

				optimizados en múltiples formatos (PDF, PNG, JPG y versión para redes).	
Total	\$62, 000				

Etapa	Tipo de gasto	Institución	Rubro	Justificación	Monto
Etapa 2	Corriente	Universidad Autónoma de Querétaro	Estudiantes (2 estudiantes de licenciatura y 2 de maestría).	Apoyo económico a estudiantes de licenciatura y maestría involucrados en el proyecto.	\$20,000 MXN Asignando \$5,000 MXN por estudiante.
	Corriente		Material de laboratorio de cómputo	Arrendamiento de un servidor de cómputo de alto rendimiento (HPC) con 128GB de RAM y procesadores multinúcleo para ejecutar al modelo y las simulaciones a gran escala.	\$150 000 MXN
	Corriente		Acceso a internet	Servicio de internet de entre 100 Mbps y 1Gbps	\$7700 MXN total del proyecto

	Corriente		Producción del video científico animado	Producción audiovisual de un video científico animado (3 a 5 minutos) en formato Full HD. El servicio, cotizado con WeBraind, incluye la preproducción completa (guión y storyboard), animación 2D/3D para ilustrar el ciclo biológico de <i>C.hominivorax</i> y su propagación, locución profesional y diseño sonoro con música libre de derechos.	\$44, 080 MXN
	Corriente		Difusión en redes	Publicación de videos cortos en formato tipo reels, tiktok y shorts para difusión en redes sociales (Instagram, Tiktok y Youtube, respectivamente )	\$5000
Total	\$226, 780				

Etapa	Tipo de gasto	Institución	Rubro	Justificación	Monto
Etapa 3	Corriente	Universidad Autónoma de Querétaro	Estudiantes (2 estudiantes de licenciatura y 2 de maestría).	Apoyo económico a estudiantes de licenciatura y maestría involucrados en el proyecto.	\$20,000 MXN Asignando \$5,000 MXN por estudiante.
	Corriente		2 congresos y 2 convenciones	Presentación de los resultados en congresos para dos integrantes.	Congreso 1: \$5,000; Congreso 2: \$5,000; Convención 1: \$5,000; Convención 2: \$5,000; Total \$20,000 MXN
	Corriente		Gastos administrativos	Cierre financiero del proyecto y auditoría realizada por Deloitte; incluye revisión de estados financieros, conciliaciones contables, reporte de resultados y recomendaciones para el	\$10 000 MXN

				cierre del proyecto.	
	Corriente		Acceso a internet	Servicio de internet de entre 100 Mbps y 1Gbps	\$7 700 MXN
	Corriente		Producción del podcast	Producción de tres capítulos de podcast para la cuenta Senasica-Agricultura en Spotify producido por Kizaya que consta de la prestación del estudio para varios participantes, redacción del guión, edición y masterización.	\$45, 000 MXN
Total	\$102, 700 MXN				

**Total= \$391, 480 MXN (Trescientos noventa y un mil cuatrocientos ochenta pesos mexicanos).**