

Predicción del gusano barrenador del ganado mediante un modelo GAM: caso Panamá

Villegas-Jiménez, Nancy¹ ; Ramírez-Guzmán, Martha Elva^{2*} 

¹ Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria OIRSA, El Salvador.

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.6, Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.

* Autora para correspondencia: martharg@colpos.mx

Problema

Cochliomyia hominivorax es un parásito obligado que produce miasis (gusanera), mediante la infestación de las larvas de la mosca en tejido vivo de mamíferos, el cual afecta primordialmente al ganado y al humano. Las hembras adultas de la mosca barrenadora ovipositan sus huevecillos en heridas abiertas en la piel del huésped, que al crecer como larvas se alimentan de tejido vivo, provocando infecciones que pueden conducir a la muerte del huésped. Si bien este parásito había sido controlado en América del Norte en la década de los sesentas, el Sistema Mundial de Información Zoonosaria (WAHIS por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), reporta que ha vuelto a resurgir en países como Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Este parásito, mejor conocido como el gusano barrenador del ganado (GBG), es una especie de mosca que causa pérdidas económicas de gran escala a los productores de ganado, otros animales domésticos y a los humanos.

Solución planteada

El objetivo de esta investigación fue modelar y predecir el comportamiento del incremento de la población del GBG, mediante un modelo GAM, el cual incorpora distribuciones asimétricas de variables discretas, características de las frecuencias del GBG en el país de Panamá. Para ello se planteó el modelo GAM ajustado que consideró, la frecuencia del GBG mediante las distribuciones Poisson y Distribución Binomial Negativa, con función base spline cúbica cíclica, ajustado a los datos semanales reportados de enero de 2023 a junio de 2024 de Panamá. El modelo GAM es un tipo de regresión que relaja el supuesto de linealidad entre la variable de respuesta y las covariables, lo cual permite descubrir relaciones no lineales entre ellas. El modelo aditivo generalizado (GAM: Generalized additive model, por sus siglas en inglés), es una extensión del modelo lineal generalizado (GLM).

Cómo citar: Villegas-Jiménez, N., & Ramírez-Guzmán, M. Predicción del gusano barrenador del ganado mediante un modelo GAM: caso Panamá. *Agro-Divulgación*, 5(1). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i1.412>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(1). Enero-Febrero, 2025. pp: 61-65.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Los supuestos de GAM son: 1) aditividad entre cada predictor y la variable de respuesta, esto significa que la contribución de cada predictor a la variable de respuesta es independiente de las contribuciones de las demás predictoras, 2) que la relación entre cada predictor y la variable de respuesta es suave, esto significa que los cambios en el predictor corresponden con cambios graduales y continuos en la variable de respuesta, 3) los errores de los modelos GAM deben ser independientes entre sí, 4) los modelos GAM suponen que los errores siguen una distribución normal, 5) la varianza de los errores es constante en toda la escala de la variable de respuesta. El predictor lineal de los modelos GAM es expresado como:

$$g(\mu_i) = X_i^* \theta + \sum_{i=1}^k f_i(x_i)$$

donde $X_i^* \theta$ es una función de efectos fijos tal que X_i^* es la i -ésima hilera de la matriz diseño del modelo de efectos fijos y θ es un vector de parámetros. Las funciones de suavizamiento $f_i(x_i); i=1, \dots, k$, permiten de manera muy flexible, especificar la dependencia entre la respuesta y las covariables. En particular,

$$E(y_i) = \mu_i$$

donde y_i tiene una distribución perteneciente a la familia exponencial y g es una función conocida denominada función liga, que conecta a μ_i con el predictor lineal. Una distribución perteneciente a la familia exponencial puede escribirse como:

$$f_{\theta}(y) = \exp \left[\frac{y(\theta) - b(\theta)}{a(\phi)} + c(y, \phi) \right]$$

donde a , b y c son funciones arbitrarias, θ es un parámetro natural de la distribución y ϕ un parámetro de escala.

El GBG reportado por el servicio WAHIS y OIRSA contiene datos semanales de Panamá (enero de 2023 a julio de 2024), Costa Rica (julio de 2023 a julio de 2024) y Nicaragua (marzo de 2024 a julio de 2024) (Cuadro 1).

Los valores de asimetría para Panamá, Costa Rica y Nicaragua fueron, 0.45, 1.75 y 1.19, respectivamente. Los valores de kurtosis fueron: -0.89, 2.45 y 0.02. Estos valores indican que Costa Rica y Nicaragua presentan distribuciones unimodales y sesgadas a la

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de GBG de Panamá, Costa Rica y Nicaragua.

País	n	Media	Varianza	D.E.	Mediana	Min	Max
Panamá	79	118	245.29	138.08	235	33	551
Costa Rica	52	735	72.13	104.29	15	1	450
Nicaragua	17	79.6	50.94	63.87	26	1	195

derecha, lo que implica que existen valores extremos de la presencia de GBG. Las series de tiempo mostraron una tendencia positiva (Figura 1).

Como resultado del análisis descriptivo y dada la premura para conocer el comportamiento del GBG, se tomó la decisión de trabajar con los datos de Panamá, por contar con el mayor número de datos (79 observaciones semanales). Fueron dos los modelos GAM ajustados. El primer modelo GAM fue ajustado con distribución Poisson:

$$g(y_i) = 5.34 + f(\text{edf} = 17.58, k = 20) + e_i; y_i \sim \text{Poisson}(\mu = 245.29), g = \log$$

con una devianza explicada del 90.2% y un estimado de escala = 1. El segundo con distribución binomial negativa:

$$g(y_i) = 5.35 + f(\text{edf} = 11.68, k = 20) + e_i; y_i \sim \text{BN}(r = 2.85, \mu = 245.26), g = \log$$

con una devianza explicada del 85.2% y un estimado de escala = 1. Para esta segunda distribución, el parámetro controla la forma de la distribución. La relación entre r y μ se puede expresar como:

$$\mu = r * (1 - p) / p$$

donde p es la probabilidad de éxitos. El mejor modelo fue el BN, de acuerdo con el criterio de información Bayesiano (BN: 913.46 y Poisson: 1253.63), lo cual fue corroborado con el ajuste de las respectivas distribuciones teóricas y empírica (Figura 2).

El pronóstico del modelo con distribución binomial negativo (Figura 3) mostró que el comportamiento del GBG en Panamá fue cíclico, a través de año y medio, lo cual sugirió la existencia de tres generaciones del parásito. La longitud de cada ciclo fue de 20 semanas, con una tendencia positiva (Figura 3).

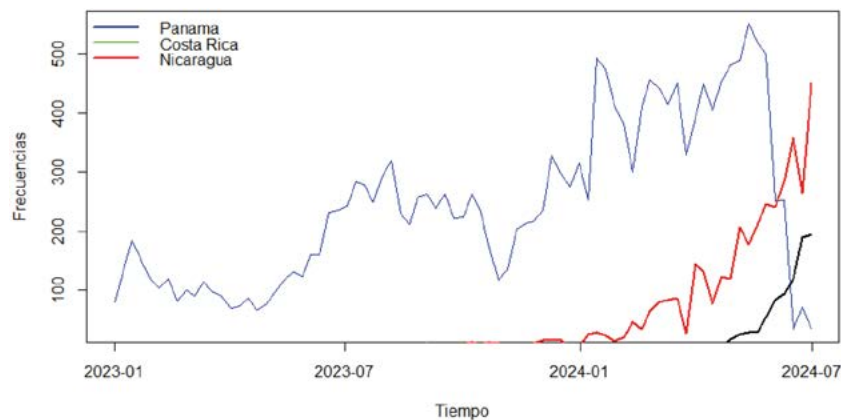


Figura 1. Observaciones semanales de la incidencia del GBG en Panamá, Costa Rica y Nicaragua de enero de 2023 a julio de 2024.

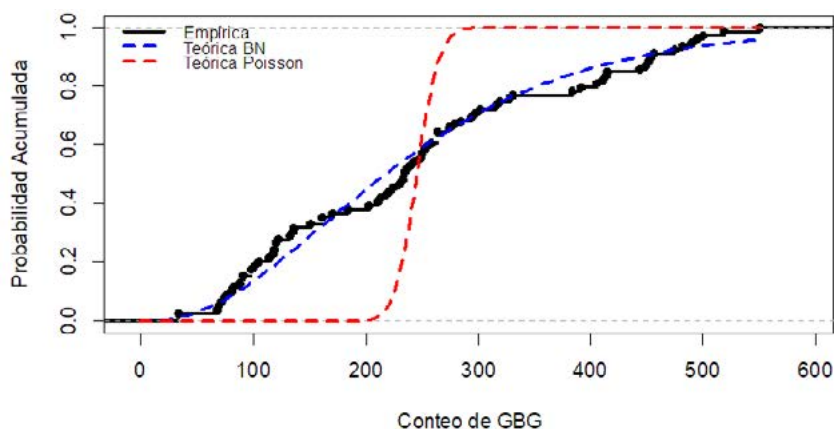


Figura 2. Distribuciones teóricas y empíricas de la incidencia del GBG.

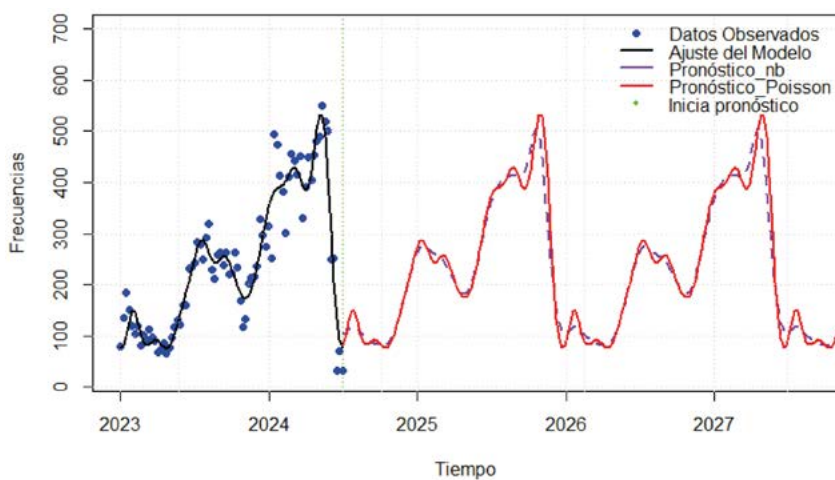


Figura 3. Pronóstico de la incidencia del GBG con el modelo GAM con distribución binomial negativa.

Finalmente se concluye que el modelo GAM es una alternativa pertinente y de gran valor para el caso en que se cuenta con pocas observaciones y el fenómeno a analizar presenta ciclos. En particular, este modelo logró detectar y modelar la presencia de tres generaciones del GBG. La mayor incidencia apareció en los meses de mayo y octubre, lo que sugiere que el tratamiento correspondiente debería aplicarse de manera preventiva y a un menor costo en los meses abril y septiembre, respectivamente.

Innovación, Impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica.	Social	Ciencia y Tecnología Económico Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Comercio Finanzas Públicas	Certificaciones
		Gobierno de los Estados		Económico			Número de publicaciones
		Productores independientes		Ambiental			Número de familias beneficiadas
		Comunidades Agrarias		Conocimiento			Desarrollo de productos y servicios para la sociedad
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Poblaciones en particular					Exportación incremento (%)
Modelo de negocio	Creación o reinversión de un negocio						Reducción de mortalidad
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						

