




Modelo Logístico Multinomial para Estimar el Tipo de Arma en el Cometimiento de Homicidios Intencionales en el Ecuador

Abril, Mauricio^{1,*} ; Toasa, Paul² ; Borja, Felipe¹ 

¹Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador

²Karlsruhe Institute of Technology KIT, Stahl- und Leichtbau Versuchsanstalt für Stahl Holz und Steine, Karlsruhe, Germany

Resumen: Desde 2018, la violencia extrema en Ecuador aumentó significativamente. Una variable que refleja esta crítica situación es el aumento de la tasa de homicidios intencionales. Este hecho confirma la posición de Ecuador como uno de los países más violentos de Latinoamérica, considerada la región más violenta del mundo. Según los registros policiales, diversas variables intervienen en la ocurrencia de homicidios. Por un lado, el tipo de arma utilizada para cometer un homicidio intencional juega un papel fundamental en el proceso judicial correspondiente. Por otro lado, se consideran variables explicativas relacionadas con este delito, como su tipo, ubicación, día y hora de su ocurrencia, la provincia, el género y la edad de la víctima, con el fin de estimar la probabilidad de utilizar un tipo específico de arma para cometer un homicidio intencional. Para ello, se desarrolla y estima un modelo logístico multinomial que forma parte de los modelos lineales generalizados. Los resultados permiten a las autoridades encargadas de la seguridad ciudadana desarrollar estrategias más eficaces para prevenir, reaccionar e investigar este tipo de delito.

Palabras clave: Homicidio intencional, probabilidad, multinomial, logístico, estimación

Multinomial Logistic Model to Estimate Weapon Types in Intentional Homicides in Ecuador

Abstract: Since 2018, extreme violence in Ecuador has increased significantly. One variable that depicts this critical situation is the growth of the Intentional Homicides Rate. This fact confirms the position of Ecuador as one of the most violent countries in Latin America, which is the most violent region in the world. According to police records, several variables are involved in the occurrences of homicides. On the one hand, the type of weapon used to commit Intentional Homicide plays a fundamental role in the corresponding judicial process. On the other hand, explanatory variables related to this crime, such as its type, location, day and time of occurrence, province, gender and age of the victim can be considered to estimate the probability of using a specific type of weapon to commit an Intentional Homicide. To estimate this, we propose a multinomial logistic model. The results will help the authorities in charge of public security to develop an optimal strategy to prevent, react and investigate this kind of crime.

Keywords: Intentional Homicide, Probability, Multinomial, Logistic, Estimation

1. INTRODUCCIÓN

La violencia, inseguridad y criminalidad que se tiene en un país, estado o territorio constituyen una de las principales preocupaciones de la ciudadanía a nivel mundial, la métrica comúnmente utilizada para cuantificar este fenómeno es la Tasa de Homicidios Intencionales (THI) por cada 100 000 habitantes por año. Según la Clasificación Internacional de Delitos con Fines Estadísticos (CIDC), define el homicidio como la muerte ilícita infligida a una persona con la intención de causarle la muerte o lesiones graves (United Nations Office on Drugs and Crime, 2019). A partir de esta definición, se han derivado numerosas líneas de

investigación para generar conocimiento empírico, que permita a las autoridades implementar política pública con el objetivo de reducir y erradicar los niveles de violencia en sus territorios. Si bien los homicidios intencionales (HI) ocurren en todo el mundo, América Latina presenta actualmente la THI más alta a nivel global, solo en 2019, se registraron 194 000 muertes causadas por HI en la región (Pan American Health Organization, 2021).

En la actualidad, Ecuador atraviesa una situación crítica en términos de violencia, reflejada en el incremento sostenido de la THI durante los últimos años. Entre las causas

*meabrild@uce.edu.ec
Recibido: 24/09/2025
Aceptado: 12/02/2026
Publicado en línea el 28/02/2026
10.33333/tp.vol57n1.08
CC BY 4.0

estructurales, se encuentra su localización geográfica en una región caracterizada por altos niveles de criminalidad transnacional. Ecuador comparte una frontera de 586 Km con Colombia, país que históricamente registra elevadas tasas de violencia. En 2018, Hernández (2021) afirmó que Colombia tenía un índice de violencia interna (THI) de 25 por cien mil habitantes. Además, Colombia vive un conflicto armado interno desde 1964 y concentra dos tercios de toda la producción mundial de coca (United Nations Office on Drugs and Crime, 2021), esto genera dinámicas criminales regionales internas y externas que impactan directa o indirectamente en países vecinos.

La influencia de la violencia en países vecinos ha impactado de manera significativa en Ecuador, como se observa en la Figura 1, que muestra la evolución de la THI en Ecuador desde 1980 hasta 2024. Al inicio de la serie, en 1980 la THI registraba un valor de 6.3, la cual aumentó a 18.9 en 2009. A pesar de compartir condiciones geográficas adversas, como la recepción de población refugiada proveniente de

Colombia, Venezuela y Haití (FLACSO, 2011), el 70 % de refugiados se asentaron en Quito y Guayaquil, la THI de Ecuador registra una disminución de 18.9 en 2009 a 5.8 en 2015, manteniéndose esta tendencia decreciente hasta el año 2018.

De hecho, en este período, el Ecuador se encontraba entre los países menos violentos o más seguros de América Latina (Pontón et al., 2020). Este comportamiento provocó un aumento en la inversión económica, el PIB, el turismo interno y externo y una importante reducción de la desigualdad, entre otros beneficios (Silva & Lozano, 2022).

Esta tendencia en la THI comenzó a revertirse a partir de 2019 hasta el 2024, año en el que alcanzó un valor de 39.12 homicidios por cada cien mil habitantes, registro que está entre los máximos valores históricos de los últimos diez años que supera el promedio histórico de toda la serie.

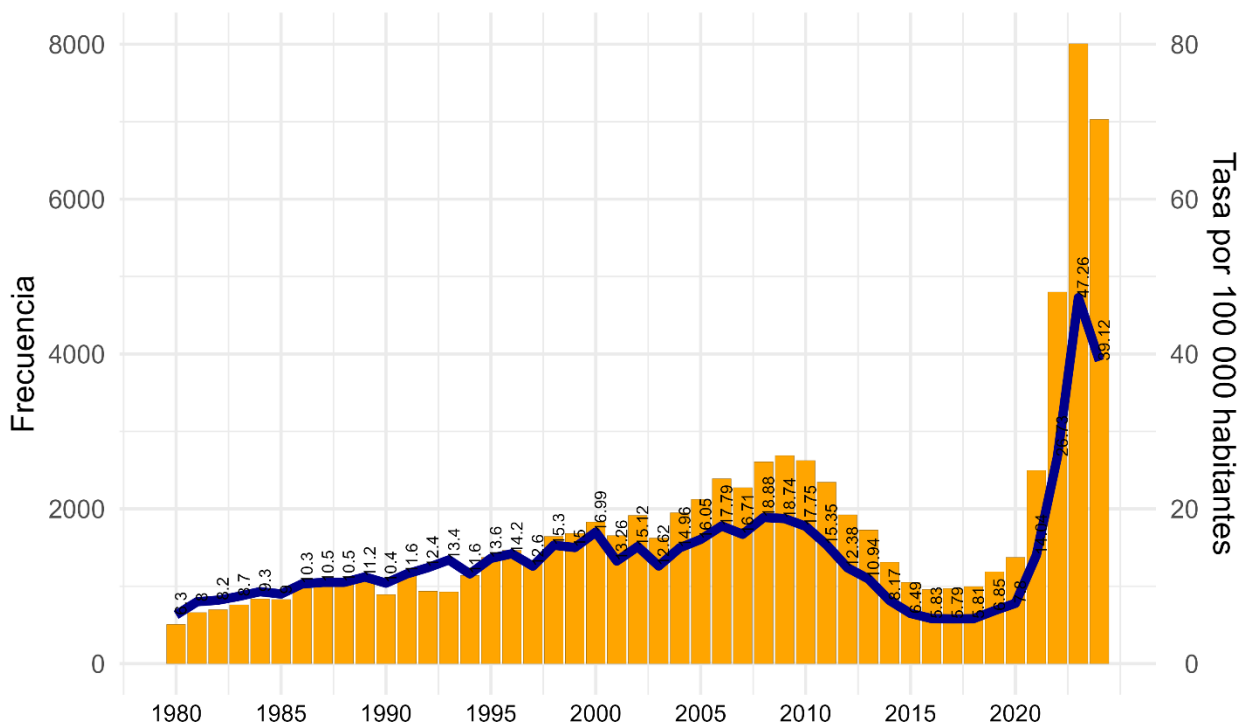


Figura 1. Evolución del Homicidio Intencional en Ecuador entre 1980 y 2024

Esta realidad no es distinta de otros países de América Latina y el Caribe, en gran parte debido al desarrollo de distintos tipos de organizaciones criminales transnacionales (Dammert et al., 2025).

De hecho, entre los últimos meses de 2021 primeros meses de 2022, se produjeron varias muertes violentas, que fueron atribuidas al tráfico y la venta de narcóticos en diferentes ciudades ecuatorianas, por lo que suponemos, estos delitos están fuertemente relacionados con la violencia que se produce entre grupos de delincuencia organizada, que compiten por el control de los mercados y economías ilegales

asociados con drogas y sustancias sujetas a fiscalización (Azaola, 2008).

Esta crítica situación es motivo de análisis y preocupación para todas las instituciones encargadas de la seguridad ciudadana. Normalmente, el Estado ecuatoriano gestiona este tipo de violencia de dos maneras: operativamente, a través del Ministerio del Interior y la Policía Nacional, y legalmente, a través de la Fiscalía General del Estado y Consejo de la Judicatura.

Por esto, las políticas de seguridad y acciones de estas entidades abordan las consecuencias de estos delitos y buscan la judicialización y la imposición de una pena acorde a la tipificación en el Código Orgánico Integral Penal (COIP). Pero no se aborda efectivamente la prevención para que estos no se susciten, no se proporcionan respuestas efectivas desde el Estado, de forma que se logre una reparación adecuada a la víctima o víctimas, sustentando el discurso como indica Feixa (2016) en una supuesta reconquista del espacio público para la “gente de bien”, que apenas distinguen entre pobres, marginales, delincuentes o inmigrantes.

Por esto, es necesario entender factores multicausales para el cometimiento de HI, estos pueden ser: violencia intrafamiliar, delincuencia común, terrorismo, delitos transnacionales, como eventos que impactan a la sociedad en su conjunto, afectando un bien público al que toda persona tiene derecho a acceder según indica el Programa De Las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2020). Por otro lado, un HI es considerado como un evento no aleatorio, que ocurre bajo diversas circunstancias que pueden estudiarse y modelarse desde un punto de vista estadístico.

A pesar de la abundante literatura descriptiva sobre homicidios intencionales en América Latina, persiste una brecha en estudios que incorporen enfoques probabilísticos multivariados capaces de modelar simultáneamente el tipo de arma utilizada y los factores contextuales asociados al delito. En particular, son escasos los trabajos que emplean modelos logísticos multinomiales para analizar datos oficiales de homicidios a nivel nacional, lo que limita la capacidad de generar evidencia cuantitativa útil para la prevención, la intervención y la formulación de políticas públicas basadas en riesgo.

Bajo estas circunstancias, el objetivo de este estudio es desarrollar y estimar un modelo probabilístico, que permita analizar la ocurrencia de un HI y las variables asociadas, con el fin de mejorar la prevención y la respuesta efectiva a este tipo de violencia. Con ese fin, se emplea un modelo logístico multinomial (MLM), que busca establecer desencadenantes multifactoriales de riesgo significativamente relacionados con la ocurrencia de un HI, si bien este se produce en un espacio bidimensional determinado por la ubicación y el tiempo, existen otras variables relacionadas con la ocurrencia de este tipo de violencia que también son consideradas.

Los datos utilizados en este estudio provienen de una base de datos geoespacial de homicidios, recopilada, almacenada y gestionada por la Policía Nacional del Ecuador desde enero de 2014 hasta agosto de 2025. Esta base de datos contiene diferentes variables explicativas relacionadas a los homicidios, como el tipo de arma utilizada para cometerlos, el tipo de homicidio (homicidio, asesinato, femicidio, asesinato por encargo o sicariato), la provincia, la ubicación, el día y la hora del delito, el rango de edad y el sexo de la víctima.

La principal diferencia entre los tipos de homicidios según el COIP, es la motivación para cometerlos, así, el homicidio es una muerte violenta no intencional y no premeditada, el asesinato se produce con premeditación y alevosía, y generalmente existe una o varias motivaciones, el Femicidio es la muerte de una mujer, generalmente causada por odio y sometimiento de su pareja, expareja o por conflictos pasionales, el asesinato por encargo o sicariato es una muerte por remuneración o pago.

Según el conocimiento de los autores, existen pocos estudios que incluyan métodos estadísticos o probabilísticos para analizar datos y modelarlos, relacionados con actividades delictivas y estimar su comportamiento como señalan: Comer et al., 2021; D'Orsogna et al., 2008; Hickman y Rice, 2010; MacDonald, 2002; Mahfoud et al., 2021; Neanidis et al., 2017 y Tarling, 1986. En la mayoría de los casos, los datos son analizados empíricamente mediante la aplicación de estadística descriptiva unidimensional (Buonanno et al., 2018), o sistemas de Big Data proporcionados por empresas privadas (Lum & Isaac, 2016), lo que limita la comprensión y entendimiento del fenómeno multicausal de este tipo de violencia.

Así, el estudio que se presenta en este artículo se divide en cinco partes. La Sección 2 presenta la metodología y estructura de los datos para, posteriormente proponer un MLM, este considera como variable dependiente el tipo de arma utilizada para cometer un HI, mientras que, el tipo de delito, la provincia, la ubicación, el día, el rango horario, el rango de edad y el sexo de la víctima, como variables categóricas explicativas. En la Sección 3, con base en el MLM estimado, se calcula la probabilidad de cometer un delito grave mediante el uso de un tipo específico de arma para ciertos valores de las variables explicativas. En la Sección 4, se realiza una discusión sobre los resultados obtenidos. Por último, en la Sección 5, se presentan las conclusiones de este estudio y algunas sugerencias que pueden mejorar el modelo propuesto.

Los resultados obtenidos en este estudio, se espera puedan ser considerados por las autoridades ecuatorianas para el diseño óptimo de políticas públicas que permitan reducir los niveles de violencia y garantizar a la ciudadanía niveles de seguridad adecuada y una convivencia pacífica, justa y en paz. En otras palabras, este estudio busca reaccionar y prevenir el cometimiento de un HI, de modo que se reduzcan sus consecuencias en la sociedad ecuatoriana.

2. METODOLOGÍA

En esta sección, se presenta de manera estructurada la base de datos utilizada, se realiza un análisis exploratorio de las variables consideradas y, posteriormente, se formula, estima y valida el MLM para el tipo de arma utilizada para cometer un HI.

2.1. Estructura de los datos

La base de datos de HI contiene información legal que clasifica el tipo de HI conforme lo establece el COIP. En este

marco normativo, se tipifican cuatro categorías: homicidio, asesinato, femicidio y sicariato. Adicionalmente, la base de datos incluye información sobre el tipo de arma utilizada, la edad, el sexo, el estado civil, la nacionalidad de la víctima, así como la ubicación geoespacial del delito, representada por coordenadas de longitud y latitud, y una desagregación temporal correspondiente a la fecha y hora del cometimiento del HI. Toda esta información proviene del acta del levantamiento de cadáver y del protocolo de autopsia.

La base de datos sin procesar contiene 36 556 HI y 33 variables descriptivas, correspondientes al período comprendido entre enero de 2014 y agosto de 2025. Sin embargo, para la variable edad se tienen 740 datos faltantes, que fueron tratados y depurados, según la imputación media no condicional (Little & Rubin, 2002). Este procedimiento se justifica debido a que los datos faltantes representan aproximadamente el 2 % y pueden considerarse aleatorios, dado que en ciertos eventos el nivel de descomposición de los cuerpos impide determinar exacta o aproximadamente la edad de la víctima.

Posteriormente, se aplicó un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) con el objetivo de explorar posibles asociaciones entre las variables categóricas consideradas como explicativas. Los resultados del ACM permitieron identificar relaciones preliminares que sustentan la selección de variables incluidas en el modelo probabilístico. La formulación y estimación del modelo probabilístico se describen con mayor detalle en la Subsección 2.2.

Desde un punto de vista jurídico, la sentencia penal depende en gran medida del grado de violencia y de agravantes como el tipo de arma utilizada. Por esta razón, el tipo de arma se considera como la variable dependiente en el modelo propuesto. En el análisis descriptivo inicial, las siete variables explicativas fueron cruzadas con el tipo de arma, para identificar patrones y comportamientos relevantes que orienten la especificación del modelo estadístico.

En la Tabla 1, se presentan las frecuencias de los HI, según el tipo de arma y las variables explicativas: tipo de delito, sexo, lugar, día, horario y edad. Los resultados muestran que la mayor frecuencia de homicidios corresponde a asesinatos, con una mayor incidencia en hombres que en mujeres. Asimismo, la vía pública concentra el mayor número de casos, mientras que los fines de semana viernes, sábado y domingo y los horarios nocturnos y de madrugada presentan un mayor nivel de riesgo, aspectos que resultan relevantes para la formulación del modelo estadístico.

Cabe señalar que la variable de interés puede estar relacionada con otros tipos de actividades delictivas, como el tráfico de armas, delitos relacionados con hidrocarburos, tráfico y trata de personas y tráfico de sustancias sujetas fiscalización, actividades que suelen estar asociadas a la territorialidad. De hecho, estas dinámicas se vinculan con organizaciones criminales transnacionales, cuyas operaciones les permiten residir en un país, cometer delitos en otro y blanquear capitales en un tercero (Rivera, 2011).

Sin embargo, estos factores no se incorporan en el desarrollo del presente estudio.

Tabla 1. Tipo de arma y variables explicativas del Homicidio Intencional

Variable	Blanca	Fuego	Otras
Tipo delito			
Asesinato	3 246 (10 %)	27 052 (84 %)	1 773 (5.5 %)
Femicidio	365 (43 %)	135 (16 %)	348 (41 %)
Homicidio	1 312 (40 %)	969 (30 %)	969 (30 %)
Sicariato	5 (2.0 %)	243 (97 %)	3 (1.2 %)
Sexo			
Hombre	4 220 (13%)	26 406 (80%)	2 324 (7.1 %)
Mujer	708 (20 %)	1 993 (57 %)	769 (22 %)
Lugar			
CRS	276 (31 %)	288 (32 %)	325 (37 %)
Hogar	1 603 (22 %)	4 679 (63 %)	1 153 (16 %)
Otro	1 353 (9.4%)	12 051 (83 %)	1 056 (7.3 %)
Vía Pública	1 696 (12 %)	11 381 (83 %)	559 (4.1 %)
Día			
Lunes	708 (15 %)	3,699 (77 %)	418 (8.7 %)
Martes	588 (13 %)	3,498 (78 %)	406 (9.0 %)
Miércoles	462 (10 %)	3,537 (80 %)	410 (9.3 %)
Jueves	518 (11 %)	3,726 (81 %)	346 (7.5 %)
Viernes	625 (12 %)	4,055 (79 %)	442 (8.6 %)
Sábado	844 (14 %)	4,770 (78 %)	482 (7.9 %)
Domingo	1,183 (17 %)	5,114 (74 %)	589 (8.6 %)
Horario			
Madrugada	1,288 (18 %)	5,445 (75 %)	556 (7.6 %)
Mañana	1,270 (20 %)	4,289 (67 %)	874 (14 %)
Tarde	1,166 (12 %)	7,345 (78 %)	939 (9.9 %)
Noche	1,204 (9.1 %)	11,320 (85 %)	724 (5.5 %)
Edad			
<24	954 (12 %)	6,567 (80 %)	668 (8.2 %)
24-40	2,565 (13 %)	15,490 (80 %)	1,308 (6.8 %)
40-60	1,059 (14 %)	5,598 (76 %)	713 (9.7 %)
>60	350 (23 %)	744 (50 %)	404 (27 %)

La Tabla 2 muestra la desagregación de los HI por tipo de arma y provincia. Se observa que los HI cometidos con arma de fuego tienen mayor frecuencia en provincias de la Costa y dos provincias del Oriente como Sucumbíos y Morona Santiago. En contraste, los homicidios con arma blanca muestran una mayor incidencia en provincias de la Sierra, lo que sugiere la existencia de patrones territoriales diferenciados asociados al tipo de arma utilizada.

Otro aspecto para considerar en el cometimiento de este tipo de violencia es que en los últimos meses de 2021 y primeros de 2022 se han producido diferentes tipos de muertes violentas, atribuidas al tráfico y al expendio o microtráfico de narcóticos en diferentes ciudades del Ecuador. Según indica Azaola (2008), estos tipos de delitos se encuentran

fuertemente asociados a la violencia entre grupos criminales que compiten por controlar los mercados ilegales.

Tabla 2. Homicidio Intencional según arma y provincia

Variable	Blanca	Fuego	Otras
Provincia			
Azuay	167 (31 %)	226 (42 %)	144 (27 %)
Bolívar	24 (15 %)	96 (58 %)	45 (27 %)
Cañar	100 (18 %)	405 (72 %)	59 (10 %)
Carchi	30 (30 %)	28 (28 %)	41 (41 %)
Chimborazo	58 (33 %)	37 (21 %)	79 (45 %)
Cotopaxi	126 (41 %)	82 (26 %)	103 (33 %)
El Oro	209 (8.2 %)	2 183 (86 %)	143 (5.6 %)
Esmeraldas	387 (17 %)	1 708 (76 %)	157 (7.0 %)
Guayas	1 175 (7.5 %)	13 573 (87 %)	888 (5.7 %)
Imbabura	127 (47 %)	58 (21 %)	87 (32 %)
Loja	58 (27%)	83 (39%)	74 (34%)
Los Ríos	373 (9.5 %)	3 400 (87 %)	157 (4.0 %)
Manabí	314 (7.7 %)	3 577 (87 %)	213 (5.2 %)
Morona Santiago	44 (32 %)	50 (37%)	42 (31%)
Napo	37 (39 %)	35 (37 %)	23 (24 %)
Orellana	68 (18 %)	260 (69 %)	48 (13 %)
Pastaza	32 (34 %)	43 (46 %)	18 (19 %)
Pichincha	1 064 (48 %)	697 (31 %)	452 (20 %)
Sta Elena	51 (6.2 %)	732 (89 %)	43 (5.2 %)
Sto Domingo	228 (27 %)	483 (58 %)	121 (15 %)
Sucumbios	136 (20 %)	509 (73 %)	52 (7.5 %)
Tungurahua	97 (34 %)	105 (37 %)	85 (30 %)
Zamora Chinchipe	23 (32 %)	29 (41 %)	19 (27 %)

Estos resultados preliminares indican que el HI puede estar vinculado tanto a dinámicas de criminalidad organizada como a comportamientos delictivos de carácter interpersonal, que no necesariamente responden a motivaciones económicas estructuradas. A partir de este análisis exploratorio, tenemos ya una comprensión de las posibles causas que pueden estar relacionadas al HI, al conocer la distribución por cada tipo de arma y su comparación por las diferentes variables (Weisburd & Britt, 2014). Con esto, se dispone de una base empírica sólida para la formulación del modelo probabilístico que se desarrolla en la subsección siguiente.

2.2. Modelo Logístico Multinomial

Los Modelos Logísticos Multinomiales (MLM) forman parte de los Modelos Lineales Generalizados (MLG), los cuales constituyen una extensión de los modelos lineales clásicos como señala McCullagh y Nelder (1989). Los MLG permiten modelar las variables respuesta que siguen distribuciones de probabilidad continuas o discretas, basándose en supuestos explícitos sobre la distribución de la variable dependiente y su relación con un conjunto de variables explicativas (Fahrmeir & Tutz, 2001).

La condición necesaria y suficiente para estimar un MLG es que la función de distribución de la variable dependiente pertenezca a la familia exponencial (Dobson, 2001), la cual se puede expresar en la forma:

$$f(y; \theta) = \exp[a(y)b(\theta) + c(\theta) + d(y)] \tag{1}$$

Así, las posibles respuestas pueden ser consideradas como un experimento multinomial como indican Wackerly et al. (2010), con función de densidad dada por:

$$p(Y_1 = y_1, \dots, Y_J = y_J; n, \theta) = \frac{n!}{y_1! \dots y_J!} \theta^{\pi_1^{y_1}} \dots \theta^{\pi_J^{y_J}} \tag{2}$$

con, $0 \leq y_j \leq n; \sum_{j=1}^J y_j = n$

Donde y representa la variable dependiente, θ es el parámetro desconocido a estimar, y donde a , b y c son funciones específicas que dependen de la variable de interés, d y c son funciones que dependen del parámetro θ , las cuales se obtienen de la función de distribución expresada como de la familia exponencial.

En el modelo propuesto, la variable dependiente y corresponde al tipo de arma para cometer un HI, la cual tiene tres categorías mutuamente excluyentes (fuego, blanca y otras). En consecuencia, se propone y elabora un MLM nominal para la variable dependiente apropiado para variable categórica sin orden natural.

Sea Y una variable aleatoria con J categorías, cuya respuesta toma una y solo una de las J categorías posibles, donde cada categoría respuesta tiene una probabilidad de ocurrencia dada por $\pi_j(x) = P(Y = j | x)$, con x la matriz fija de variables independientes y $\sum_j \pi_j(x) = 1$.

Donde n es el número total HI y θ es el parámetro desconocido, el cual se busca estimar en el modelo planteado. La variable dependiente Y definida en la Ecuación (2) puede expresarse como una distribución Multinomial, la cual admite una representación en forma exponencial con k parámetros, que admite un estadístico suficiente k -dimensional (Bickel & Doksum, 2015), obteniéndose:

$$f(y|\theta) = \exp [\log n! - \sum_{j=1}^{J-1} \log y_j! - \log(n - \sum_{j=1}^{J-1} y_j) + \sum_{j=1}^{J-1} y_j (\log \pi_j - \log(1 - \sum_{j=1}^{J-1} \pi_j)) + n \log(1 - \sum_{j=1}^{J-1} \pi_j)] \tag{3}$$

A partir de la Ecuación (3) se obtiene la representación de las funciones indicadas en la Ecuación (1), definidas como:

$$\begin{aligned} a(Y_j) &= y_j \\ b(\theta_j) &= \log \frac{\pi_j}{1 - \sum_{j=1}^{J-1} \pi_j} \\ c(\theta_j) &= n \log(1 - \sum_{j=1}^{J-1} \pi_j) \\ d(Y_j) &= \log n! - \sum_{j=1}^{J-1} \log y_j - \log(n - \sum_{j=1}^{J-1} y_j) \end{aligned} \tag{4}$$

Para el caso particular de este estudio, se tiene $J=3$, de modo que la función de distribución para el tipo de arma está dada por la distribución Multinomial, la cual pertenece a la familia de tipo exponencial como se indicó en la Ecuación (1). De la Ecuación (4), se sigue que la Ecuación (3) está en la forma canónica y tiene un parámetro natural, de esta forma se puede modelar como una función lineal de las variables explicativas (Roback y Legler, 2021).

En este contexto, la función de enlace utilizada se muestra en la Ecuación (5), la cual es monótona diferenciable.

$$g(\mu_i) = x_i^t \beta = \eta_i \tag{5}$$

Dado que la distribución multinomial pertenece a la familia exponencial y se encuentra expresada en forma canónica, el modelo a estimar adopta la siguiente forma:

$$b(\theta_j) = \log \frac{p_j}{1 - \sum_{j=1}^{J-1} p_j} = x_i^t \beta = \eta_i \tag{6}$$

A partir de la Ecuación (6), es posible estimar las probabilidades asociadas a cada categoría de la variable dependiente, condicionadas a los valores de las variables explicativas, mediante:

$$\frac{p_j}{1 - \sum_{j=1}^{J-1} p_j} = e^{\eta_i}, \text{ con} \tag{7}$$

$$p_j(x) = \frac{e^{\eta_j}}{1 + \sum_{h=1}^{J-1} e^{\eta_h}}$$

Estas expresiones permiten estimar las probabilidades de que un HI sea cometido mediante un tipo de arma, dadas ciertas características contextuales y sociodemográficas. De este modo, el modelo propuesto facilita la identificación de niveles de riesgo diferenciados, que resultan relevantes para el análisis territorial y temporal de la violencia, cuyos resultados se presentan en la sección siguiente.

3. RESULTADOS

Los resultados se obtuvieron a partir de la estimación del MLG definido en la Ecuación (7). Para esto, se utiliza el programa estadístico R, empleando las librerías nnet, VGAM mediante las funciones multinom y vglm respectivamente, adecuadas para modelar variables dependientes con distribución multinomial.

Como se indicó previamente, el modelo propuesto relaciona el tipo de arma utilizada para cometer un HI, con siete variables explicativas: tipo de delito, provincia, lugar, rango de hora, sexo y edad de la víctima. Para estimar los parámetros del modelo, se toma como categoría de referencia “Otras”, a partir de la cual se resuelve los sistemas de ecuaciones correspondientes, obteniéndose las estimaciones de los parámetros y su respectivo p-valor.

La Tabla 3 presenta los coeficientes estimados para las categorías arma blanca y arma de fuego, así como su P-Valor asociado. Los resultados indican que la mayoría de los coeficientes estimados son estadísticamente significativos,

lo que permite rechazar la hipótesis nula de que son iguales a cero.

Tabla 3. Estimadores del Modelo Logístico Multinomial

Variables	Categorías	Coeficientes		P-Valor (<0.05)	
		Blanca	Fuego	Blanca	Fuego
	Constante	0.5722	-11.651	0.0307	0.0001
Delito	Femicidio	0.4036	-13.606	0.0173	0.0000
	Homicidio	-0.5754	-19.203	0.0000	0.0000
	Sicariato	-10.036	20.442	0.4202	0.0089
Provincia	Bolívar	-13.003	-0.4121	0.0040	0.3285
	Cañar	-0.0012	0.7127	0.9977	0.0773
	Carchi	-0.4970	-0.8866	0.2346	0.0921
	Chimborazo	-0.5248	-20.042	0.1010	0.0001
	Cotopaxi	-0.1457	-0.8552	0.5807	0.0117
	El Oro	-0.0650	15.538	0.8069	0.0000
	Esmeraldas	0.5533	12.573	0.0277	0.0000
	Guayas	-0.3366	11.932	0.0877	0.0000
	Imbabura	0.1937	-10.416	0.4981	0.0073
	Loja	-0.1188	-0.2981	0.7409	0.4884
	Los Ríos	0.6962	17.757	0.0062	0.0000
	Manabí	0.1503	12.900	0.5286	0.0000
	Morona Santiago	-0.3821	-13.081	0.3541	0.0176
	Napo	0.2365	-0.7793	0.6827	0.3063
	Orellana	0.6973	0.1063	0.0814	0.8237
	Pastaza	-0.3631	-12.884	0.4334	0.0400
	Pichincha	0.5577	-0.4673	0.0060	0.0537
Santa Elena	-0.5173	0.6470	0.2157	0.0979	
Sto. Domingo	-0.0173	0.2944	0.9477	0.3098	
Sucumbíos	0.2608	11.174	0.3953	0.0004	
Tungurahua	-0.3021	-0.9922	0.3213	0.0108	
Zamora Chinchipe	0.0144	0.3545	0.9794	0.5881	
Lugar	Hogar	0.1871	11.799	0.3088	0.0000
	Otro	-0.0926	14.272	0.6263	0.0000
	Vía Pública	0.9262	27.025	0.0000	0.0000
Rango Horario	Mañana	0.3841	0.9300	0.0020	0.0000
	Tarde	0.1321	12.229	0.2746	0.0000
	Noche	0.2019	11.449	0.0425	0.0000
Edad	24-40	0.2035	0.2323	0.1359	0.0878
	40-60	-0.5483	-0.5815	0.0001	0.0000
	Mayor a 60	-0.9046	-16.180	0.0000	0.0000
Sexo	Mujer	-20.220	-23.457	0.0000	0.0000
	24-40*Mujer	0.7836	0.7063	0.0012	0.0102
Rango Edad*Sexo	40-60*Mujer	18.032	20.402	0.0000	0.0000
	> 60*Mujer	16.150	11.933	0.0000	0.0037

Desviación de los residuos: 10 386.88; Criterio de AIC: 10 542.88; McFadden: 0.256, CoxSnell: 0.385; Nagelkerke: 0.453

Se presentan también los estadísticos de ajuste del modelo, incluyendo: la Desviación de los residuos y el Criterio de Información de Akaike (AIC). Estos indicadores muestran que el modelo estimado presenta un desempeño adecuado en comparación con modelos alternativos, al registrar valores relativamente bajos, lo que sugiere un mejor equilibrio entre ajuste y parsimonia.

Para la validación del modelo, se aplicó un procedimiento de validación cruzada con diez submuestras del conjunto de datos de entrenamiento, cada submuestra tiene un tamaño de 26 224 observaciones. Como resultado, se obtuvo una exactitud cercana al 81 % y un índice de Kappa de 0.36, con que se considera aceptable en el contexto de modelos multinomiales complejos según los umbrales establecidos como válidos (Caughlin, 2024).

Adicional a esto, se reportan los coeficientes de determinación conocidos como Pseudo- R^2 que se interpreta de manera similar a los modelos de regresión lineal (Pando & San Martín, 2004), los cuales tienen una buena representación del modelo estimado según los valores reportados en la Tabla 3, estos son McFadden, CoxSnell y Nagelkerke dado que es muy difícil que MLM tenga valores similares a uno.

El análisis de los residuos por categoría, realizado mediante la librería VGAM y la función vglm, permitió estimar errores estándar específicos para cada categoría de las variables explicativas. Los resultados muestran que la mayoría de estos errores estándar rechazan la hipótesis nula, lo que refuerza la robustez de las estimaciones obtenidas. Este análisis se complementa con la evaluación de la desviación residual y el logaritmo de la razón de verosimilitud, cuyos valores se consideran adecuados para cada categoría del modelo.

Una vez que se construye, valida y acepta el modelo, se presenta los resultados que los autores consideran más importantes en base al comportamiento de las estimaciones de las probabilidades para diferentes combinaciones de variables explicativas. Estas estimaciones pueden ser utilizadas con fines preventivos, reactivos e investigativos, de acuerdo con las necesidades de las instituciones responsables del diseño y ejecución de políticas de seguridad ciudadana.

En este contexto, uno de los principales requerimientos de la operatividad policial, se enmarca en lo preventivo, reactivo e investigativo, por lo que, el estimar la probabilidad de que una persona sufra un HI por provincia según el tipo de arma, orienta a la conformación y asignación de servicios policiales especializados en territorio, logística para operativos y personal de forma que optimice los recursos de esta institución. Además de la interacción y cooperación con otras instituciones como Fiscalía General del Estado, Consejo de la Judicatura, Defensoría Pública, entre otras instituciones públicas o privadas que se interesen por la seguridad.

La Figura 2 muestra la probabilidad de que suceda un HI según el tipo de arma, desagregada por provincia. Los resultados más relevantes indican que, en Santa Elena, la probabilidad de que un HI se produzca con arma de fuego es del 89 %, mientras que en Guayas, Los Ríos y Manabí es del 87 %. En general, este comportamiento se observa en la mayoría las provincias de la Costa ecuatoriana con salida al mar.

Por otro lado, la probabilidad de que se produzca una muerte violenta con arma blanca es mayor en provincias como Pichincha con el 60 %, le sigue Napo con el 57 %, Imbabura con el 55 % y Orellana con el 53 %, correspondientes principalmente a las regiones Sierra y Amazonía. Estos resultados evidencian diferencias territoriales significativas en el tipo de arma utilizada para cometer homicidios intencionales.

Estos patrones sugieren que el tipo de arma empleada en los HI está fuertemente influenciado por características geográficas, demográficas y socioeconómicas, tales como la densidad poblacional, el grado de urbanización y la actividad económica predominante (Molina & Molina, 2025).

Desde la Criminología, las muertes cometidas con arma de fuego en determinados territorios, por lo general están asociados a otras formas de violencia organizada, mientras que homicidios con arma blanca tienen características distintas, frecuentemente vinculadas a violencia interpersonal, o a delitos considerados menores (desde el ámbito jurídico), como el robo a personas, domicilios, vehículos, las amenazas, las riñas, maltrato entre otros.

Adicionalmente los HI pueden estar asociadas a violencia intrafamiliar y femicidios, fenómenos que requieren mayor intervención especializada por parte del Estado para su mitigación. Esto, dado que ocurren en un ámbito familiar privado, que viene o se deriva de maltratos periódicos que busca el sometimiento de la o las víctimas, que se producen generalmente por relaciones desiguales de poder entre población masculina y femenina (Goyas et al., 2018).

Por otro lado, la Figura 3 muestra las probabilidades de que se cometa un delito asociado a los HI, dado el tipo de arma distribuido por provincia. Cada tipo de delito se comporta de forma diferente según el tipo de arma y la provincia en donde se produce, así, el asesinato es más probable que se cometa con arma de fuego en las provincias de la Costa, junto con Sucumbíos y Orellana, el Femicidio se produce con mayor probabilidad en provincias de diferentes regiones de Ecuador como: Esmeraldas, Pichincha, Sucumbíos, Orellana y tiene mayor probabilidad de ser cometido con arma blanca.

El homicidio es más probable de cometerse en Pichincha, Napo y Orellana con arma blanca; mientras que, con arma de fuego se tiene mayor posibilidad de suceder en Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro. El Sicariato tiene una probabilidad muy alta de que se cometa con arma de fuego, en las provincias del perfil costanero de Ecuador, además de Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, lo que puede deberse a una posible relación con otros delitos que

responden y están asociados al Crimen Organizado, extorsiones o secuestros extorsivos.

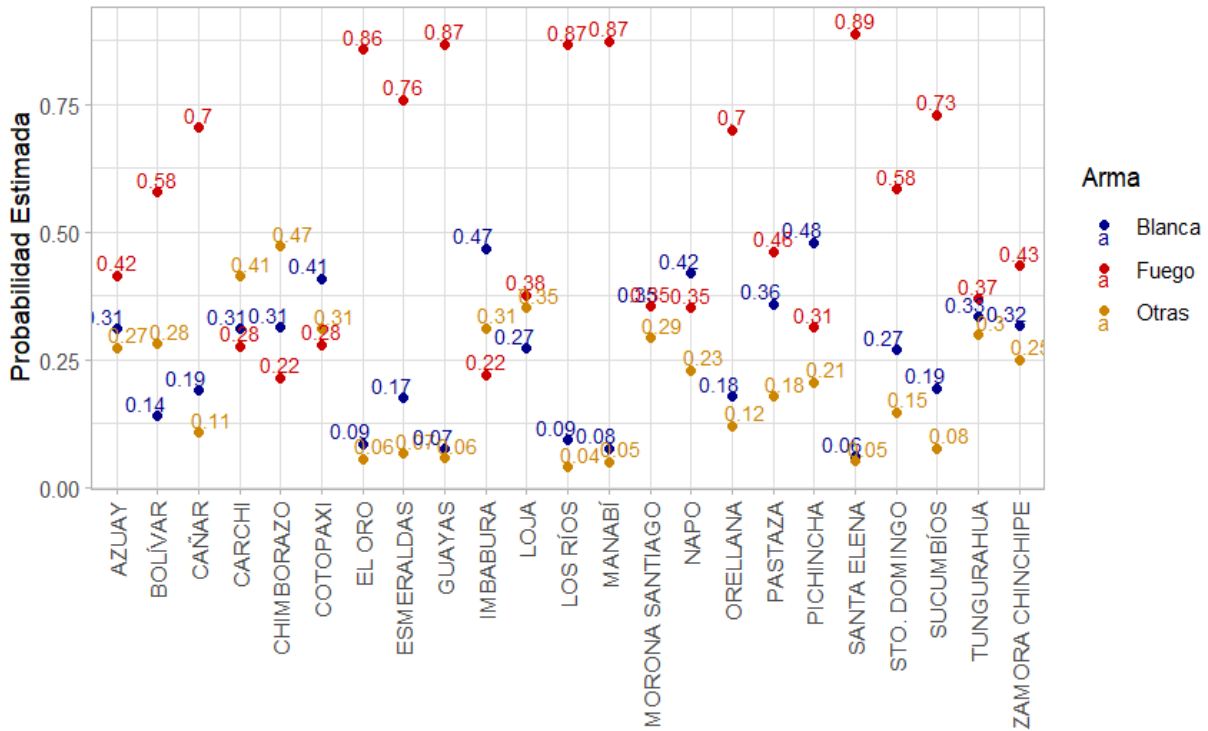


Figura 2. Probabilidad Estimada de sufrir un Homicidio Intencional por Provincia y según el tipo de arma

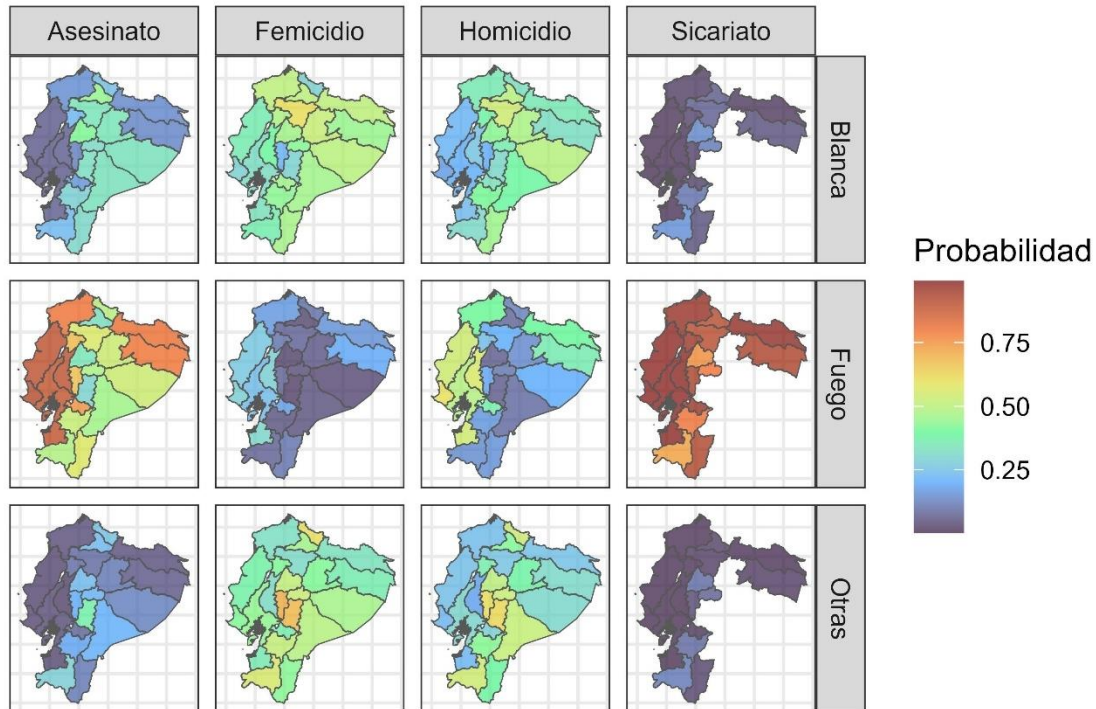


Figura 3. Probabilidad estimada del tipo de arma utilizada por tipo de homicidio y provincia

Otro aspecto importante para discutir, son los HI que se producen al interior de los Centros de Rehabilitación Social (CRS), ya que, por lo general son fruto de pugnas internas por tener el control de estos centros por parte de las Personas Privadas de Libertad (PPL), quienes casi siempre están enroladas en grupos delincuenciales organizados.

Si nos concentramos en las posibles motivaciones que llevan a un ciudadano a adoptar una medida o conducta delictiva, podemos indicar que, en Ecuador, muchos de los PPL son personas jóvenes con escaso nivel de educación y oportunidades laborales (Kaleidos, 2021), que los hace vulnerables a la captación por grupos criminales locales e

internacionales. Estos grupos imponen directrices criminales puntuales, lo que se ha traducido en diversas masacres por obtener el control de diferentes territorios, y extendiéndose también a los CRS.

La Figura 4 presenta la probabilidad estimada de que se produzca un asesinato de un PPL con arma de fuego en un CRS con edades entre los 18 y 40 años, estos tienen una probabilidad del 75 % aproximadamente, conforme aumenta la edad del PPL. Esta probabilidad tiende a reducirse, esto se debe en gran medida, a que conforme aumenta la edad, muchos PPL tienden a cumplir otros roles en los CRS, como organizar a nuevos internos, colaborar en planes de inserción en la sociedad y por estar próximo al cumplimiento de las penas ejecutoriadas.

Es importante notar que, como parte de la pena privativa ejecutoriada de un PPL, estas personas no pueden poseer armas de fuego, blancas, ni objetos como celulares, bebidas alcohólicas o estupefacientes. Esto conduce a la interrogante, de cómo los grupos criminales ingresan armas de fuego o blancas que son utilizadas para a través de la intimidación y violencia mantener controlados los CRS. Esta situación está relacionada a economías ilegales, ya que los grupos criminales están asociados al cometimiento de delitos al interior y exterior de los CRS, aunque todavía no hay evidencia de un vínculo entre los índices de criminalidad y encarcelamiento (Wacquant, 2006), en Ecuador en febrero de 2021, se evidenció una crisis del sistema penitenciario (Guevara & Subía, 2023).

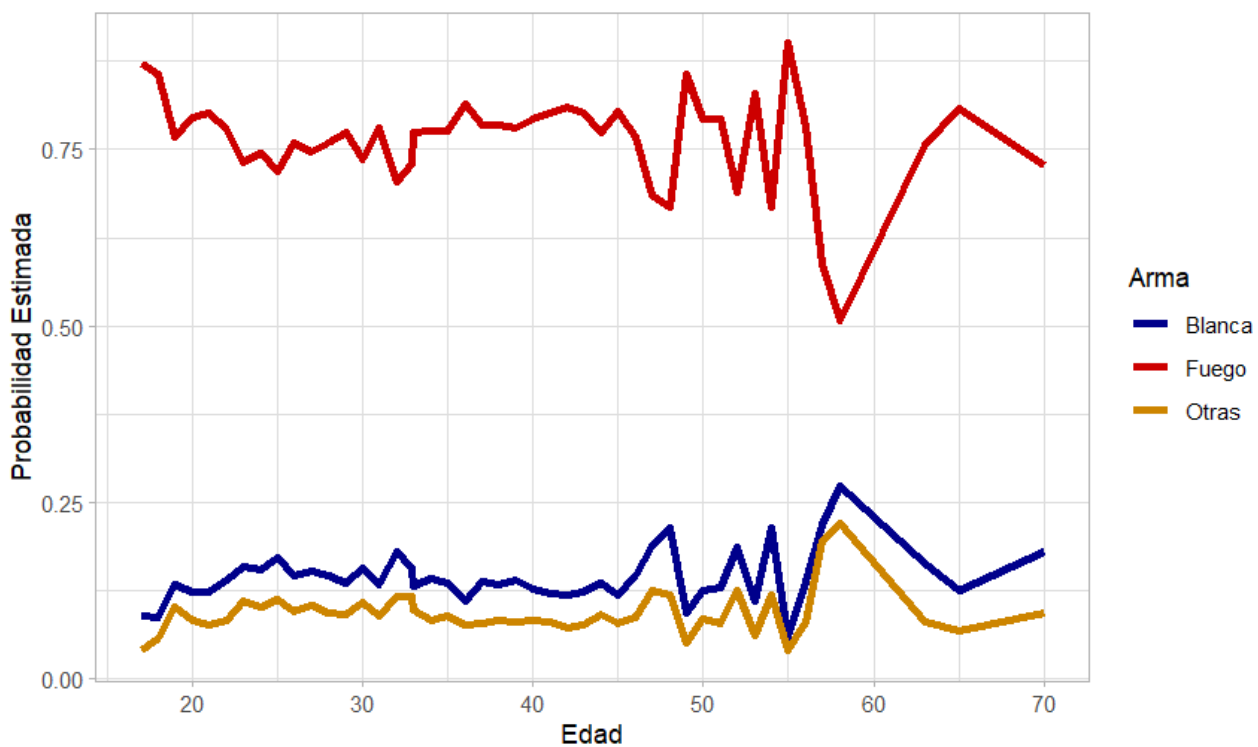


Figura 4. Probabilidad estimada de Asesinato en Centros de Rehabilitación Social según el tipo de arma y rango de edad

Las masacres carcelarias tienen como propósito el control interno de los CRS por parte de grupos criminales, quienes planifican el cometimiento de actividades delictivas y violencia en territorio, para controlar mercados ilegales al interior de estos, tales como venta de droga, provisión de telefonía celular, habitaciones, asignación a determinados pabellones etc. Estos comportamientos están relacionados con los niveles de corrupción en las instituciones encargadas de su administración y control. Por ello, la política penal y la política social —incluido el mercado laboral— no pueden analizarse ni operar de manera aislada, como sostiene Wacquant (2006). La complejidad de este fenómeno exige, además, un estudio específico y diferenciado

4. DISCUSIÓN

El modelo estimado permite múltiples interpretaciones sobre las probabilidades de que se produzca un HI dado algunas consideraciones o categorías de las variables explicativas. En este estudio, la discusión se centra en aquellos resultados que presentan mayor relevancia para la comprensión del fenómeno y el diseño de políticas públicas basadas en evidencia, la cual debe ser orientada entre otras a tratar la expansión metastásica de las economías ilegales (Curbet, 2007), que sería el fin último de la violencia en asesinatos y homicidios. Con base en esto, se definen tres tipos puntuales de generación de política:

- a) El rango de edad más vulnerable son hombres de entre los 18 hasta los 45 años, quienes están más propensos a los asesinatos con arma de fuego.
- b) Se debe diseñar acciones de intervención focalizadas en territorio, sea este en el eje costero de Ecuador, en la Sierra centro y Amazonía, para lo cual la coordinación e intervención debe ser integral entre el gobierno central y los gobiernos descentralizados.
- c) Los femicidios y asesinatos en los CRS deben, por su importancia, ser objeto de estudios específicos, a fin de profundizar en su análisis y responder de forma más efectiva en su intervención y erradicación.

Además, el modelo responde adecuadamente a futuras ocurrencias de homicidios, lo que mejora la fiabilidad de la estimación y la mantiene actualizada, esto en función de las métricas presentadas en la sección anterior.

Otras variables cuantitativas y cualitativas, como la motivación, la actividad delictiva relacionada, las instalaciones o recursos adicionales utilizados para cometer un HI, también están relacionadas, sin embargo, el papel de estas actividades no se considera en este estudio.

Como se indicó, la mayor cantidad de HI se produce en provincias costeras de Ecuador, que puede ser a causa de narcotráfico, y de otros delitos transnacionales, por lo que, se puede pensar en estudiar la existencia de fronteras criminales y no limitarse a solo geográficas (Perú y Colombia) (Llugsha, 2015).

Se hace notar que, el presente trabajo de investigación permite a diferentes instituciones, tanto del sector público como privado sustentar planes, acciones y programas orientados a mejorar los niveles de seguridad en nuestro país. El mismo que puede mejorar conforme la calidad de datos primarios recolectados aumente, y la capacidad de estos de que se estudie con información complementaria, especialmente desde el sector justicia.

Es importante reconocer que, los resultados obtenidos deben interpretarse considerando ciertas limitaciones inherentes a la naturaleza de los datos y al enfoque metodológico adoptado. En primer lugar, aunque el tratamiento de datos faltantes mediante imputación media no condicional se justifica por su baja proporción y carácter aleatorio, este procedimiento puede introducir incertidumbre adicional en la estimación de algunos parámetros.

En segundo lugar, la distribución desigual de los homicidios intencionales entre provincias genera posibles sesgos regionales, particularmente en aquellas con baja frecuencia de eventos, lo que puede afectar la estabilidad de los coeficientes estimados. Asimismo, el uso de datos administrativos oficiales puede estar sujeto a subregistro, errores de clasificación o variaciones en los criterios de levantamiento de información entre territorios y períodos temporales. No obstante, estas limitaciones no invalidan el modelo propuesto, sino que delimitan su alcance y refuerzan

la necesidad de interpretarlo como una herramienta probabilística de apoyo a la toma de decisiones, más que como un mecanismo determinístico de predicción individual.

5. CONCLUSIONES

En los últimos cuatro años, la violencia extrema ha aumentado de forma acelerada en Ecuador, generando una grave crisis de seguridad pública, que se refleja en el incremento sostenido de la violencia y criminalidad. Este estudio desarrolla y estima un MLM, el cual permite analizar la probabilidad de ocurrencia de un HI en función del tipo de arma utilizada y un conjunto de variables explicativas de carácter sociodemográfico, temporal y territorial.

De las estimaciones obtenidas, se puede determinar lo siguiente: El rango de edad de la víctima y la ubicación de la escena del crimen son variables explicativas relevantes de los homicidios con arma de fuego. Los asesinatos son más comunes en provincias costeras con acceso al mar y puertos, como Guayas, El Oro, Manabí, Esmeraldas y Santa Elena, y lamentablemente, están aumentando. Los homicidios y femicidios con arma blanca son más comunes en provincias de los Andes y la Amazonía, como Pichincha, Napo y Orellana.

Asimismo, los resultados sugieren que homicidios con arma blanca son consecuencia de delitos menores, como el robo, la intimidación, y otro factor que requieren ser investigados, como la violencia doméstica y violencia en CRS. En el diseño de políticas de seguridad pública, se deben considerar las regiones donde se producen los diferentes tipos de HI y el tipo de arma utilizada para cometer estos delitos.

Para tener éxito, estas políticas deben ser el resultado de un trabajo multidisciplinario que incluya disciplinas como la criminología, la sociología, el derecho penal y la modelización matemática. Solo así se podrán mejorar los niveles de seguridad y reducir la violencia extrema en Ecuador.

Los resultados también ponen de manifiesto que los homicidios ocurridos en Centros de Rehabilitación Social (CRS) y los femicidios constituyen fenómenos con dinámicas específicas que requieren intervenciones diferenciadas y especializadas. En estos casos, el modelo sugiere la necesidad de profundizar en factores estructurales relacionados con el control institucional, la violencia intrafamiliar y las relaciones desiguales de poder, los cuales no pueden ser abordados eficazmente mediante enfoques generales de seguridad.

El modelo y los resultados obtenidos pueden ser considerados por las autoridades responsables del diseño de políticas de seguridad. En particular, cuando se produce un HI, la Policía Nacional es responsable de la reacción, respuesta y levantamiento de la víctima. Mientras que la investigación penal está bajo la dirección e impulso de la Fiscalía General del Estado. Por esta razón, estimar probabilidades de que ocurra un HI según el tipo de arma y

otras variables explicativas es beneficioso para la organización y optimización de la operatividad en territorio a nivel reactivo e investigativo.

No obstante, el estudio presenta limitaciones inherentes al uso de datos administrativos, particularmente en lo relativo a variables no observadas, como la motivación del delito, la pertenencia a organizaciones criminales o el historial delictivo de los involucrados. Estas limitaciones abren la posibilidad de líneas de investigación futuras, orientadas a la integración de información judicial, penitenciaria y socioeconómica, así como al uso de modelos dinámicos o espaciales que permitan capturar con mayor precisión la evolución temporal y territorial de la violencia.

El enfoque probabilístico desarrollado en este trabajo contribuye al fortalecimiento del análisis empírico del homicidio intencional en Ecuador, al proporcionar evidencia cuantitativa que supera enfoques meramente descriptivos. Los resultados sugieren que políticas de seguridad basadas exclusivamente en estrategias punitivas generales no resultan suficientes para enfrentar de manera estructural y sostenida la crisis actual, y que se requiere un enfoque multidisciplinario, sustentado en evidencia científica, para reducir la violencia extrema y mejorar los niveles de seguridad ciudadana.

En otras palabras, el modelo propuesto puede contribuir a la optimización y asignación de recursos estatales, para el control e intervención, la investigación y su juzgamiento para reducir la impunidad, así como la interacción y cooperación entre las instituciones del sector justicia, como la Fiscalía General del Estado, Policía Nacional, Fuerzas Armadas, Consejo de la Judicatura y la Defensoría Pública, pudiendo extenderse también al accionar de los gobiernos locales por el conocimiento de su territorio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores reconocen no tener conflictos de intereses

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Abril Mauricio: metodología, análisis formal y redacción-borrador original, **Borja Luis Felipe:** investigación y redacción-revisión y edición, **Toaza Paul:** validación y metodología.

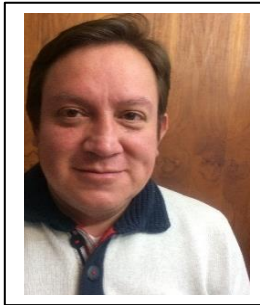
REFERENCIAS

- Azaola, E. (2008). *Crimen, castigo y violencias en México*. FLACSO Ecuador.
- Bickel, P., & Doksum, K. (2015). *Mathematical statistics*. CRC Press.
- Buonanno, P., Drago, F., Galbiati, R., & Vertova, P. (2018). How much should we trust crime statistics? A comparison between EU and US. *European Journal of Law and Economics*, 46(3), 343-357.
- Caughlin, D. (2024). *R for HR: An Introduction to Human Resource Analytics Using R*. <https://rforhr.com/index.html>
- Comer, B., Jorgensen, C., & Carter, D. (2021). Reported crime frequencies: A statistical comparison of state crime reports and the UCR. *American Journal of Criminal Justice*, 48, 151-175. <https://doi.org/10.1007/s12103-021-09623-y>
- Curbet, J. (2007). *Conflictos globales violencias locales*. FLACSO Ecuador.
- Dammert, L., Frey, A., & González, P. (2025). Concentración territorial del homicidio, secuestros y extorsiones: El caso de la Región Metropolitana de Santiago de Chile. *Política Criminal*, 20(40), 269-294.
- Dobson, A. (2001). *An introduction to generalized linear models*. Chapman & Hall/CRC.
- D'Orsogna, M., Pasour, V., Tita, G., Brantingham, P., Bertozzi, A., & Chayes, L. (2008). A statistical model of criminal behavior. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 18, 1249-1267. <https://doi.org/10.1142/S0218202508003029>
- Fahrmeir, L., & Tutz, G. (2001). *Multivariate statistical modelling based on generalized linear models*. Springer.
- Feixa, C. (2016). *Antropología criminal. Delincuentes y marginados*. UOC.
- FLACSO. (2011). *Refugiados urbanos en Ecuador*. https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/RefugiadosAmericas/Ecuador/2011/Refugiados_urbanos_en_Ecuador.pdf
- Goyas, L., Zambrano, S., & Iris, C. (2018). Violencia contra la mujer y regulación jurídica. *Revista de investigación en Derecho, Criminología y Consultoría Jurídica*, 23(1), 129-150.
- Guevara, L., & Subía, A. (2023). El sistema penitenciario en Ecuador frente al modelo de rehabilitación social de Suecia. *Revista Justicia (s)*, 2(2), 65-96.
- Hernández, H. (2021). Homicidios en América Latina y el Caribe: Magnitud y factores asociados. *Notas de Población*, 113(1), 119-144. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/86d182da-2e87-483a-8eb1-a1198b36f677>
- Hickman, M., & Rice, S. (2010). Digital analysis of crime statistics: Does crime conform to Benford's law? *Journal of Quantitative Criminology*, 26, 333-349. <https://doi.org/10.1007/s10940-010-9094-6>
- Kaleidos. (2021). *Diagnóstico del sistema penitenciario del Ecuador* 2021. <https://www.kaleidos.ec/diagnostico-del-sistema-penitenciario-del-ecuador-2021/>
- La Hora. (2022). *Esmeraldas: entre la extrema pobreza, la violencia y el pánico colectivo*. <https://www.lahora.com.ec/archivo/Esmeraldas-entre-la-extrema-pobreza-la-violencia-y-el-panico-colectivo-20221024-0056.html>
- Little, R., & Rubin, D. (2002). *Statistical analysis with missing data* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Llugsha, V. (2015). Ciudades de frontera: Dinámicas locales y plataformas regionales. *Perfil Criminológico*, 18, 3-6. <http://hdl.handle.net/10469/8312>
- Lum, K., & Isaac, W. (2016). To predict and serve? *Significance*, 13, 14-19. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2016.00960.x>

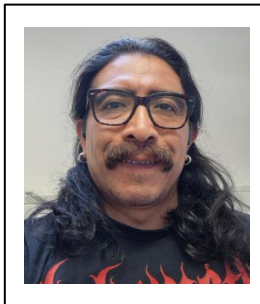
- MacDonald, Z. (2002). Official crime statistics: Their use and interpretation. *The Economic Journal*, 112, 85-106. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00685>
- Mahfoud, M., Bernasco, W., Bhulai, S., & Van der Mei, R. (2021). Forecasting spatio-temporal variation in residential burglary with the integrated Laplace approximation framework: Effects of crime generators, street networks, and prior crimes. *Journal of Quantitative Criminology*, 37, 835-862. <https://doi.org/10.1007/s10940-020-09469-3>
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). *Generalized linear models*. Chapman and Hall.
- Molina, P., & Molina, D. (2025). Crímenes en expansión: homicidios intencionales y los desafíos para los derechos humanos y la seguridad en Ecuador. *Tsafiqui*, 15(1), 103-120.
- Neanidis, K., Rana, P., & Blackburn, K. (2017). An empirical analysis of organized crime and corruption. *Annals of Finance*, 13, 273-298. <https://doi.org/10.1007/s10436-017-0299-7>
- Pan American Health Organization. (2021). *Homicide mortality*. <https://www.paho.org/en/enlace/homicide-mortality>
- Pando, V., & San Martín, R. (2004). Regresión logística multinomial. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 18, 323-327.
- Pontón, D., Rivera, F., & Amores, C. (2020). *El giro punitivo y la reducción del homicidio en el Ecuador, 2009-2018*. Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). *Informe sobre desarrollo humano 2020*. <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2020spinformesobredesarrollohumano2020.pdf>
- Rivera, F. (2011). *Inteligencia estratégica y prospectiva* (1.ª ed.). FLACSO Ecuador.
- Roback, P., & Legler, J. (2021). *Beyond multiple linear regression: Applied generalized linear models and multilevel models in R*. CRC Press.
- Silva, J., & Lozano, E. (2022). Análisis de las tasas de homicidios, un estudio para países latinoamericanos y europeos. *Revista Económica*, 10(1), 77-86.
- Tarling, R. (1986). Statistical applications in criminology. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D*, 35(3), 369-388.
- United Nations. (2021). *World drug report 2021*. https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/wdr-2021_booklet-1.html
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2019). *Global study on homicide 2019*. <https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/global-study-on-homicide-2019.html>
- Wackerly, D., Mendenhall, W., & Scheaffer, R. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones* (7.ª ed.). CENGAGE Learning.
- Wacquant, L. (2006). *Las cárceles de la miseria*. Manantial.

- Weisburd, D., & Britt, C. (2014). *Statistics in criminal justice* (4.ª ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-34113-2_18

BIOGRAFÍAS



Mauricio Enrique, Abril Donoso, Ingeniero Matemático y Magister en Estadística Aplicada por la Escuela Politécnica Nacional, se ha desempeñado como: Estadístico Observatorio Metropolitano de Seguridad Ciudadana de Quito, Estadístico del Ministerio del Interior, Plan Nacional de Seguridad, Asesor en Estadística Delictiva en la Fiscalía General del Estado, Coordinador de Operaciones Empresa de Pasajeros de Quito, Consultor en Minería de Datos, Diseño muestral y Modelado Estadístico, Director Nacional de Estadística y Análisis de Información de Salud y Oficial de Seguridad y Protección de Datos Personales en el Ministerio de Salud Pública, actualmente es docente en la Universidad Central del Ecuador.



Toasa Caiza, Paul Dario, matemático por la EPN. Desde 2007 es investigador en el Insitituto Tecnológico de Karlsruhe. Sus intereses están relacionados con las matemáticas aplicadas en la industria y la ingeniería.



Luis Felipe, Borja-Borja, se graduó en Ingeniería Informática en año 2000 por la Universidad Central (Ecuador) y se doctoró en Informática por la Universidad de Alicante (España) en 2020. Desde 2011 es docente en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Central, donde actualmente es profesor fue director de la Carrera de la carrera de Computación. Además, ha trabajado en el Instituto de Postgrado de la misma facultad como tutor de algunas tesis. Sus intereses de investigación actuales incluyen Visión por Computador, Inteligencia Artificial, Aprendizaje Profundo, Series de Tiempo y Análisis del Comportamiento Humano.