

02

DOI: <https://doi.org/10.14483/2422278X.21706>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



ISSN impreso: 2011-5253
ISSN en línea: 2422-278X



DOSSIER
Artículo de investigación

Análisis Estadístico y Predictivo de los Datos de Eventos, Víctimas y Desminado Humanitario de las Minas Antipersonal (MAP) en Colombia

Statistical and Predictive Analysis of Data on Events, Victims and Humanitarian Demining of Antipersonnel Mines (APM) in Colombia

Laura Esperanza Gelvez Garcia¹  
Colombia

Víctor Alfonso Guzmán Brand²  
Colombia

Para citar: Gelvez, L. y Guzmán, V. (2024). Análisis estadístico y predictivo de los datos de eventos, víctimas y desminado humanitario de las minas antipersonal (MAP) en Colombia. *Revista Ciudad Paz-ando*, 17(1), 23-40. doi: <https://doi.org/10.14483/2422278X.21706>

Fecha de recepción: 10/04/2024

Fecha de aprobación: 15/05/2024

1 Licenciada en Lengua Castellana. Magíster en Lingüística Española. Doctorante en Ciencias de la educación. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior. Correo: laura_gelvez@cun.edu.co ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0164-2972>

2 Psicólogo. Especialista en Desarrollo Integral de la Infancia y Adolescencia. Especialista en Analítica de Datos. Corporación Unificada Nacional de Educación Superior. Correo: victora.guzman@cun.edu.co ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6051-3153>

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar los datos registrados sobre los eventos, casos de víctimas y desminado humanitario de minas antipersonal (MAP), artefactos explosivos improvisados (AEI) con características de minas antipersonal y municiones sin explotar (MUSE) en Colombia. Tiene un enfoque cuantitativo que se basó en el diseño longitudinal evolutivo. Por su parte, respecto a la minería de los datos se empleó la metodología *Knowledge Discovery in Databases* (KDD). La fuente principal de esta información fue el Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (DAPRE), que da cuenta de 12.390 víctimas de minas antipersonales, en su mayoría hombres mayores de edad, siendo el 81% afectados por heridas y 19% fallecidos. Según esta información se puede decir que las operaciones de desminado humanitario se concentran en departamentos como Antioquia, Meta y Santander; y se estima que Colombia tiene un territorio contaminado por minas antipersonal (MAP) de alrededor de 46.024.965 m²; mientras se han despejado cerca de 13.631.728 m². Al comparar los esfuerzos han llegado a 29,62% de área despejada en actividades u operaciones. Las consecuencias de los artefactos incluyen heridas y muertes, pero el impacto abarca dimensiones físicas, psicológicas, sociales y económicas en las comunidades afectadas. El desplazamiento forzado de la población, debido a la presencia de minas antipersonales, también se destaca como una consecuencia significativa.

Palabras clave: datos abiertos, víctima de guerra, desminado humanitario, minas antipersonal (MAP).

ABSTRACT

This research aims to analyze the recorded data on events, cases of victims and humanitarian demining of anti-personnel mines (MAP in Spanish), improvised explosive devices (AEI in Spanish) similar to anti-personnel mines and unexploded ordnance in Colombia. This research has a quantitative approach based on longitudinal evolutionary design. The KDD (Knowledge Discovery in Databases) methodology was used for data mining. This information source is the Departamento Administrativo de la Presidencia de la República -DAPRE, which shows 12,390 victims, mostly adult injured adult men. another finding is that humanitarian demining operations are concentrated in departments such as Antioquia, Meta and Santander. It is estimated that in Colombia the territory with mines covers around 46,024,965 m², and around 13,631,728 m² have been cleared. This efforts have reached 29.62% of the cleared area in activities or operations. These numerical conclusions allow us to say that consequences of munitions include not only injuries and deaths, but also physical, psychological, social and economic impacts on affected communities. The population forced displacement by the presence of anti-personnel mines also stands out as a significant consequence.

Keywords: Open data, war victim, humanitarian demining, anti-personnel mines.

Introducción

El empleo en la guerra de minas antipersonal (MAP), artefactos explosivos improvisados (AEI) con características de minas antipersonal, son un arma cruel y deshumanizante que ha ocasionado un sufrimiento incalculable a millones de personas en todo el mundo.

En Colombia estos artefactos han tenido un impacto devastador en la población civil, sobre todo de áreas rurales, causando la muerte o la discapacidad de miles de personas además de su forzoso desplazamiento y las implicaciones psicológicas que tiene el miedo, impidiendo que las y los campesinos realicen sus actividades cotidianas.

Las MAP son armas diseñadas para mutilar y sembrar el pánico entre los combatientes, tienen consecuencias devastadoras, especialmente en regiones rurales de Colombia. Las lesiones causadas por las minas requieren atención médica intensiva, transfusiones y rehabilitación, lo que ejerce una presión adicional sobre los sistemas logísticos militares. Las víctimas a menudo encuentran obstáculos para acceder a un servicio médico adecuado, produciendo un impacto negativo en las comunidades enteras (*Centro Nacional de Memoria Histórica y Fundación Prolongar, 2017*).

Estas armas causan muertes y mutilaciones graves, especialmente a civiles. Su asequibilidad, tamaño pequeño y facilidad de uso han contribuido a su proliferación, causando sufrimientos inimaginables y estragos tanto sociales como económicos en todo el mundo. Debido a que son más fáciles de poner que de retirar, el cumplimiento del derecho internacional humanitario en los conflictos donde se han empleado estas armas ha sido arduo o incluso imposible (*Comité Internacional de la Cruz Roja, 2003*).

El Tratado de Ottawa-Canadá sobre la prohibición del empleo de MAP tiene como objetivo principal poner fin al sufrimiento y las pérdidas por ellas causadas. Por tanto, prohíbe a los Estados parte llevar a cabo acciones como emplear, desarrollar, producir, almacenar o transferir MAP; también, les impone la responsabilidad de destruir sus existencias, despejar las áreas minadas y brindar asistencia a las víctimas (*Casey, 2011*).

Esta iniciativa investigativa expone a los lectores una interpretación detallada de las dinámicas y dimensiones relacionadas con los eventos, casos de víctimas, así como las operaciones y actividades de desminado humanitario en Colombia.

Cada análisis de datos se fundamenta en enfoques estadísticos y espaciotemporales, buscando proporcionar una comprensión detallada del fenómeno a nivel nacional.

En general, este ejercicio analítico tiene el objetivo de examinar los datos registrados sobre los eventos, casos de víctimas y desminado humanitario de

MAP, Artefactos Explosivos Improvisados (AEI) con características de minas antipersonal y, Municiones sin explotar (MUSE) en Colombia, en los últimos años según datos del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (DAPRE), a 19 de enero de 2024.

Metodología

Esta investigación se sustenta en el enfoque cuantitativo de diseño longitudinal evolutivo, que propone medir y estimar magnitudes en fenómenos de estudio (*Guzmán, 2021*). En general, se trata de plantear, desde el rol de la o el investigador, un problema con preguntas específicas y construir un marco teórico con hipótesis a probar. La recolección de datos se basa en mediciones estandarizadas, y estos datos se analizan estadísticamente (*Caminotti y Toppi, 2020*).

En consecuencia, el control y la experimentación se utilizan para minimizar el error y descartar explicaciones alternativas. Al final, los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las hipótesis y la teoría existente para generar una explicación coherente con el conocimiento previo (*Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018*).

Los diseños longitudinales son investigaciones que recolectan datos en múltiples momentos con el objetivo de inferir la progresión de un problema de investigación o fenómeno, así como identificar sus causas y efectos (*García, et. al., 2018; Pérez et al., 2020*). Generalmente, estos puntos o períodos se establecen de antemano en el diseño del estudio, aunque es posible ajustarlos o reprogramarlos a medida que avanza la investigación, siendo necesario contar con al menos dos de estos momentos. De igual manera, es importante destacar que los mismos casos o individuos pueden o no estar incluidos en cada uno de estos puntos o períodos de recolección de datos (*Hernández et al., 2019*).

Proceso de Análisis de Datos

Para la minería de los datos en el proyecto se emplea la metodología KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) para analizar conjuntos de datos masivos en el contexto del *Big Data*, descubrir patrones implícitos y transformarlos en conocimiento valioso (*Ríos y Gómez, 2019; Corona, et al., 2023*). Este tipo de incursión investigativa basada en minería de datos sigue una serie de etapas, que, según *Torres (2021)*, son:

Estos cinco pasos forman un ciclo continuo de análisis de datos en KDD, donde la retroalimentación y la iteración son comunes para mejorar los resultados y refinar el proceso. El objetivo principal es transformar datos crudos en conocimiento valioso que pueda respaldar la toma de decisiones informadas en una variedad de campos, desde la investigación científica hasta el análisis empresarial (*Berzal, 2018*).

Tabla 1. Etapas de la Minería de Datos

Selección de datos	En esta etapa inicial se determina qué datos son relevantes para el análisis y se recopilan de las fuentes adecuadas. La calidad y la cantidad de datos son esenciales para el éxito del proceso.
Preprocesamiento de datos	Los datos recopilados a menudo contienen ruido, valores faltantes o datos inconsistentes. En esta etapa se realiza la limpieza y la transformación de datos para eliminar errores y asegurar que estén en un formato adecuado para el análisis posterior.
Minería de datos	En este paso, se aplican algoritmos de minería de datos para descubrir patrones, relaciones o tendencias ocultas. Esto implica utilizar técnicas de <i>machine learning</i> y estadísticas para extraer información valiosa.
Evaluación de resultados	Una vez que se han aplicado los algoritmos de minería de datos, se evalúan los resultados para determinar su calidad y relevancia. Esto puede incluir la validación cruzada, métricas de rendimiento y la comparación con los objetivos definidos.
Interpretación y presentación de resultados	En la fase final se interpreta el conocimiento extraído de los datos y se presenta de manera comprensible. Esto puede incluir visualizaciones, informes y explicaciones detalladas de los patrones descubiertos. Es importante colaborar con expertos en el dominio para asegurarse de que el conocimiento sea útil y tenga sentido en el contexto.

Nota: Elaboración propia (2024).

Fuente: Torres (2021).

Resultados

Análisis de los datos KDD (*Knowledge Discovery in Databases*)

Selección de datos

En esta primera etapa se realiza una búsqueda exhaustiva en diversas bases de datos abiertas y actualizadas que contengan información relevante sobre la temática. Para llevar a cabo este proceso se utiliza el buscador Google Dataset Search. Gracias a esta metodología, se identifica el portal de datos abiertos del gobierno colombiano en <https://www.datos.gov.co/>. Estos conjuntos de datos seleccionados son los siguientes:

Consumir datos

En esta fase se emplean funciones predefinidas en *Python* para agilizar el proceso de desarrollo y ejecución. En el primer paso se importa la biblioteca *PANDAS*, diseñada específicamente para la manipulación y análisis de datos. Asimismo, se incorpora la biblioteca *REQUEST*, que posibilita realizar solicitudes *HTTP*, y la biblioteca *JSON* que facilita la conversión (parseo) de diversos tipos de datos a formato *JSON*.

Con estas bibliotecas se puede establecer una ruta mediante una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API). En consecuencia, se conecta el entorno de desarrollo *Colaboratory (COLAB)* directamente a la página que alberga los datos, en este

Tabla 2. Entidad de la cual se seleccionan los Datos Abiertos

Entidad	Variable	Formato	Años	Columnas-filas	Datos
DAPRE	Eventos Minas Antipersonal en Colombia	CSV-API	1980-2023	-14 -38 827	543538
DAPRE	Situación Víctimas Minas Antipersonal en Colombia	CSV-API	1984-2023	-18 -12 365	160732
DAPRE	Situación de Desminado Humanitario en Colombia	CSV-API	2004-2023	-18 -98 046	5448

Nota: Elaboración propia (2023) a partir de <https://www.datos.gov.co/>. En este sitio se eligen tres conjuntos de datos que recopilan la información necesaria para el estudio.

caso: <https://www.datos.gov.co>. Luego de realizar la correspondiente solicitud los datos son devueltos en formato *JSON*. Posteriormente, se convierten a texto y finalmente se estructuran en un *dataframe* para su posterior manipulación.

Preprocesamiento de datos

La depuración de datos es un proceso esencial para garantizar su calidad y consiste en eliminar cualquier información que pueda estar contaminada con datos no deseados. Estos datos pueden ser incorrectos, incompletos o irrelevantes para el propósito del estudio (Ramos, 2021). En esta fase se depuraron los datos mediante una serie de operaciones de exclusión y conversión con el lenguaje de programación de *Python*.

Mientras las operaciones de exclusión se centraron en la eliminación de datos que se encontraban fuera del rango de valores esperados, las operaciones de conversión se centraron en la eliminación de símbolos, números y patrones que carecían de relevancia en el contexto del estudio. También se realizaron modificaciones básicas a nivel de léxico que incluyeron la conversión de mayúsculas a minúsculas, la supresión de acentos y la unificación de espacios consecutivos.

Minería de datos

Se realiza un análisis exploratorio y descriptivo de la información, en este se utiliza técnicas de visualización de datos que cumplen una función esencial, teniendo dos objetivos fundamentales: aprovechar la excepcional capacidad humana para identificar patrones,

anomalías y tendencias a través de representaciones visuales, lo que simplifica en gran medida la comprensión de la información contenida en los datos (Lauder, 2013). Y contribuir significativamente a agilizar la comprensión por parte del usuario de los patrones que son descubiertos de manera automática por un sistema de KDD (Hernández-Orallo, et al., 2005).

Eventos Minas Antipersonal

Al analizar los eventos reportados de MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE en el territorio nacional, según los datos suministrados por el DAPRE, se identifican un total de 543.538 datos y 39.171 eventos registrados desde 1990 hasta 2023 (Datos Abiertos Colombia, 2023).

Se destaca que los años con mayor cantidad de eventos reportados son los siguientes: en 2012, con un 8.8% (3448 casos); en 2011, con un 7.5% (2946 casos); en 2013, con un 7.1% (2799 casos); en 2009, con un 6.8% (2690 casos); y en 2014, con un 6.8% (2680 casos) del total (figura 1).

Al analizar los tipos de eventos o incidentes ocurridos durante el período comprendido entre los años 1990 y 2023, se observa que el 66.2% (25.932) corresponden a desminado militar en operaciones. Por otro lado, el 17.9% (7042) está vinculado a MAP, mientras que el 8.9% (3494) se relaciona con incautaciones. La sospecha de campo minado representa el 6% (2366), seguido por el 0.6% (257) debido a MUSE, el 0.1% (44) por razones de municiones sin explotar, la producción de minas con el 0.07% (28) y el arsenal almacenado con el 0.02% (8), (figura 2).

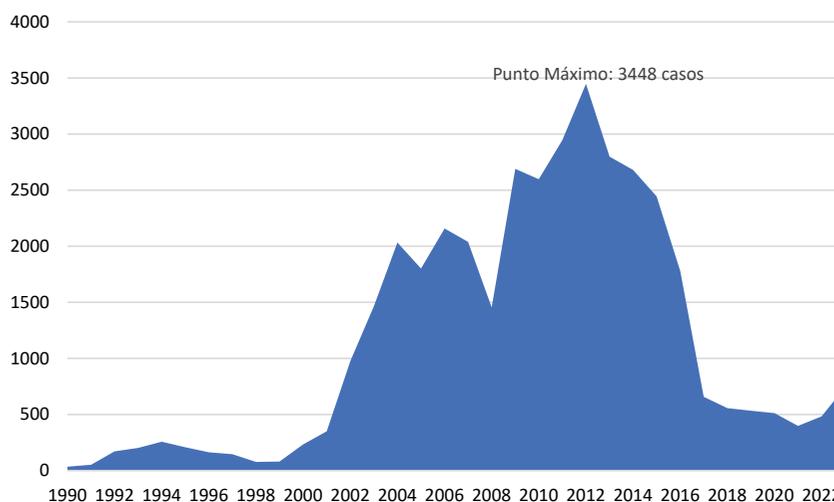


Figura 1. Eventos en Razón a los Años

Nota: Este gráfico ilustra la frecuencia de eventos relacionados con MAP, MUSE y AEI en Colombia de 1990 a 2023. Estructuración en lenguaje de programación Python.

Fuente: Elaboración propia (2024).

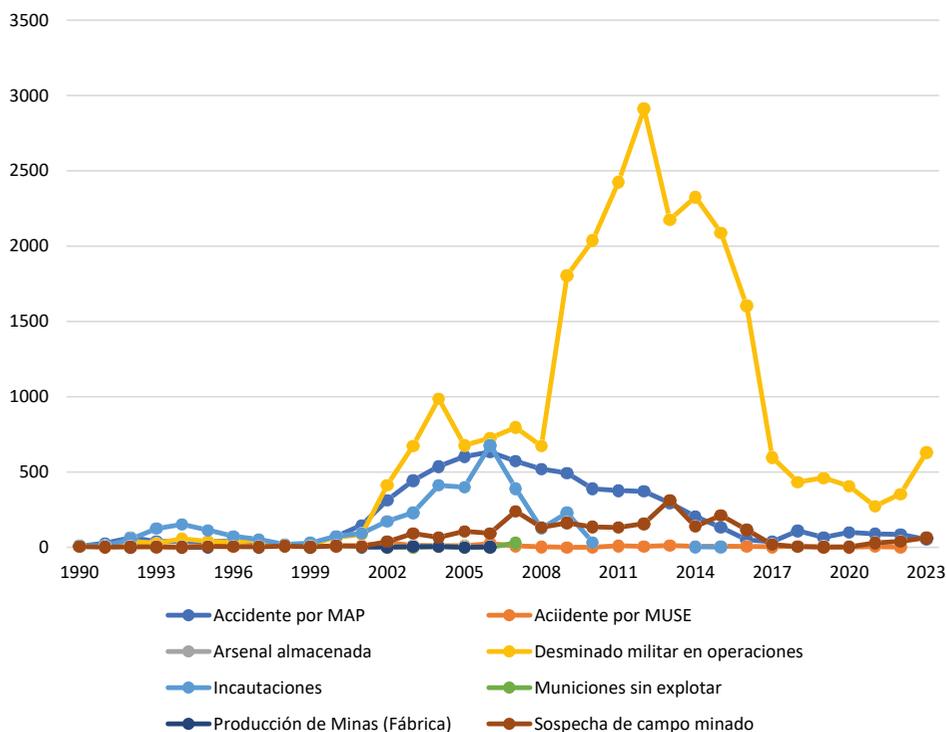


Figura 2. Evolución de Eventos por Año

Nota: la gráfica ilustra los distintos tipos de eventos en relación con los años.
 Estructuración en lenguaje de programación Python.

Fuente: Elaboración propia (2024)

En este análisis se examinan los eventos o incidentes según la ubicación del suceso, revelando que los departamentos más afectados son Antioquia, con el 16.1% (6343 casos); Meta, con el 14.6% (5752 casos); Caquetá, que presenta el 8.2% (3218 casos); Nariño, con un 7.4% (2904 casos); y Arauca, con el 6.6% (2595 casos). Estos eventos se concentran principalmente en los municipios de Uribe-Meta (1645 casos), Tumaco-Nariño (1435 casos), Arauquita-Arauca (1163 casos), Mesetas-Meta (991 casos), San Vicente del Caguán-Caquetá (884 casos), Vistahermosa-Meta (843 casos), Tame-Arauca (826 casos), Montañita-Caquetá (716 casos), Planadas-Tolima (706 casos) y Puerto Rico-Meta (684 casos), (figura 3.).

En relación con el tipo de lugar donde ocurrieron los eventos, aunque la información reportada no es muy extensa, los datos proporcionados indican que estos sucesos se registraron principalmente en lugares como cerros, caminos, riveras de ríos, entre otros. En cuanto al tipo de área, se observa que el 99% ocurrieron en zonas rurales, mientras que el 0.9% correspondió a áreas urbanas.

En el análisis de la naturaleza de los eventos se destaca que el 81.3% se originaron como consecuencia de accidentes, mientras que el 18.6% fueron clasificados como incidentes. Y al examinar la distribución de los eventos por mes, se reporta que el 9.1% (3594) de los

casos ocurrieron en marzo, el 9% (3530) en enero, el 8.9% en mayo, el 8.9% en febrero, y el 8.8% en junio, (figura 4.).

Por otro lado, al analizar la evolución durante periodos de tiempo específicos se observa un comportamiento particular de este fenómeno. Entre los años 1990 y 2000, los eventos estuvieron concentrados principalmente en los departamentos de Santander (23.3%), Antioquia (21.2%), Bolívar (10.5%), Cesar (6.4%) y Norte de Santander (5.4%). Estos incidentes se focalizaron en los municipios de San Vicente de Chucurí-Santander, Barrancabermeja-Santander, El Carmen-Santander, Morales-Bolívar y Segovia-Antioquia.

Durante este periodo, el tipo de evento predominante fue la incautación, representando el 44.3% de los casos. Le siguieron los accidentes con MAP con un 25.2%, el desminado en operaciones con el 22.7%, MUSE con el 3.6%, sospecha de campo minado con el 3.3%, producción de minas con el 0.6% y MUSE con el 0.06%.

Durante los años 2001 a 2010 se registraron casos en gran medida en los departamentos de Antioquia (19.6%), Meta (14.9%), Caquetá (8.4%), Bolívar (6.9%), Arauca (5.6%) y Norte de Santander (5%). Estos incidentes se concentraron principalmente en los municipios de Vistahermosa-Meta, La Uribe-Meta, El Carmen de Bolívar-Bolívar, San Vicente del Caguán-Caquetá y Puerto Rico-Meta.

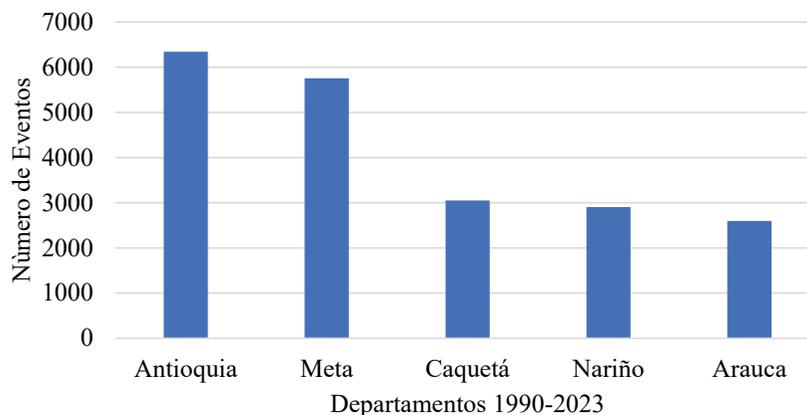


Figura 3. Eventos o Incidentes por Departamento

*Nota: la gráfica visualiza los departamentos más afectados por el fenómeno en estudio.
Fuente: Elaboración propia (2024).*

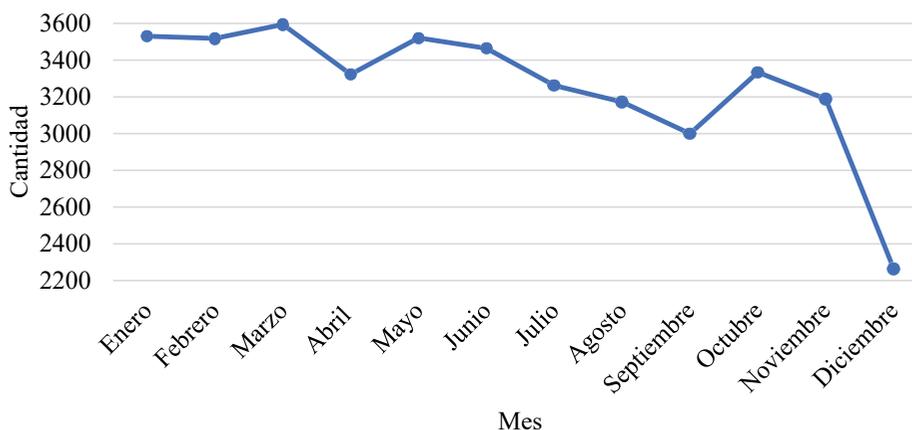


Figura 4. Eventos o Casos por Meses

*Nota: en la gráfica se muestra la evolución de los eventos por mes.
Fuente: Elaboración propia (2024)*

Los eventos reportados durante este periodo se clasificaron mayormente como desminado militar en operaciones, representando el 50.5% (8876 casos), seguidos por accidentes con MAP con el 26.4% (4654 casos), incautaciones con el 15.7% (2767 casos), sospecha de campo minado con el 6.1% (1076 casos), accidentes por MUSE con el 0.6% (121 casos), municiones sin explotar con el 0.2% (43 casos), producción de minas con el 0.1% (18 casos) y arsenal almacenado con el 0.04% (8 casos), (figura 5.)

En el periodo comprendido entre los años 2011 y 2020 este flagelo se manifestó de manera más pronunciada en los departamentos de Meta (16.2%), Antioquia (13.3%), Caquetá (8.7%), Nariño (8.7%) y Arauca (8.0%). Se destaca que los municipios más afectados fueron La Uribe-Meta, Tumaco-Nariño, Arauquita-Arauca, Mesetas-Meta y San Vicente del Caguán-Caquetá.

Durante este lapso, los eventos se categorizaron principalmente como desminado militar en operaciones (84.0%), seguidos por accidentes con MAP con un 9.5%, sospecha de campo minado con un 6%, accidentes por municiones sin explotar (MUSE) con un 0.3%, e incautaciones con un 0.03%.

En el periodo de los años 2021 al 2023 se observa una concentración significativa de eventos en los departamentos de Nariño (30.4%), Cauca (19.6%), Norte de Santander (9.1%), Chocó (8.2%) y Antioquia (5.4%); circunstancias que afectaron directamente a municipios como Tumaco-Nariño, Argelia-Cauca, Balboa-Nariño, Arauquita-Arauca y San Vicente del Caguán-Caquetá.

En este intervalo, los casos predominantes fueron de desminado militar en operaciones, representando el 77.2% del total, seguidos por accidentes por MAP con

un 14.0%, sospecha de campo minado con un 8.2% y accidentes por MUSE con el 0.4%. Intervalos de tiempo que se representan de la siguiente forma:

Situación víctimas MAP

Por otra parte, al analizar los casos reportados de víctimas de MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE en Colombia, según la información proporcionada por el DAPRE, se dispone de un conjunto

de datos que consta de 160.732 datos y 12.390 casos, abarcando situaciones desde los años 1990 hasta el 2023 (Datos Abiertos Colombia, 2023).

En una vista más general, se destaca un significativo repunte en el año 2006, representando el 9.8% (1224 casos); le siguen el año 2005 con un 9.4% (1176 casos); el 2007 con un 7.9% (980 casos); el 2004 con un 7.2% (900 casos); y el 2008 con un 6.8% (851 casos) de los registros (Figura 7).

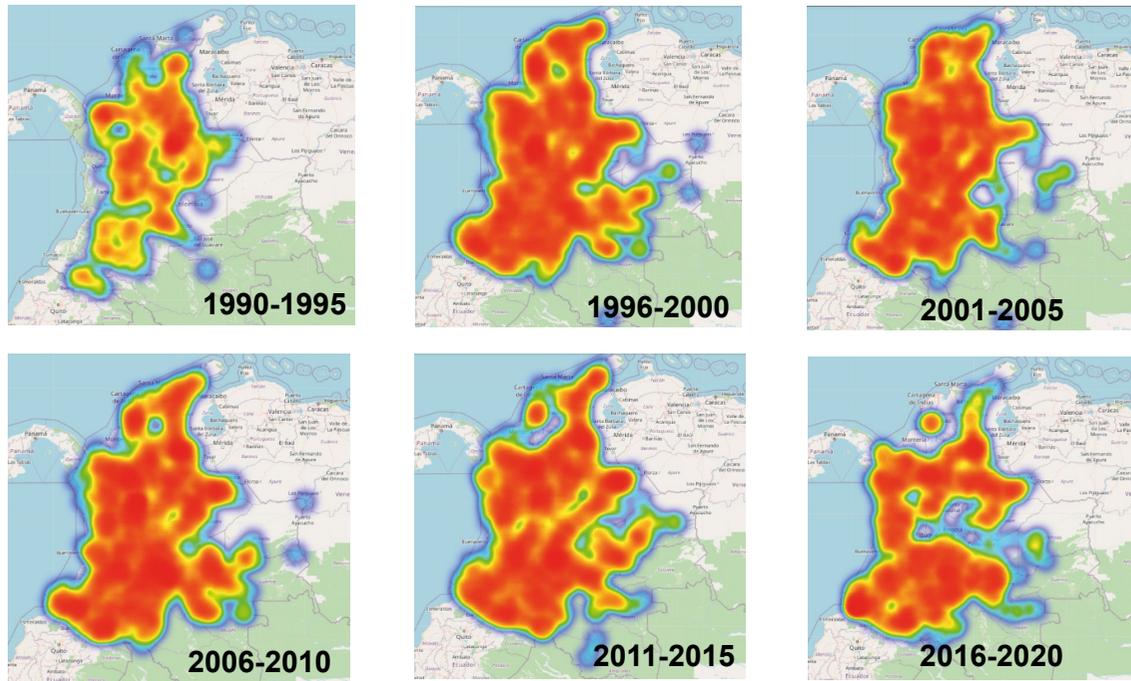


Figura 5. Comportamiento de los Eventos por Año

Nota: mapa de calor de los eventos durante los periodos de tiempo. Estructuración en lenguaje de programación Python.

Fuente: Elaboración propia (2024)

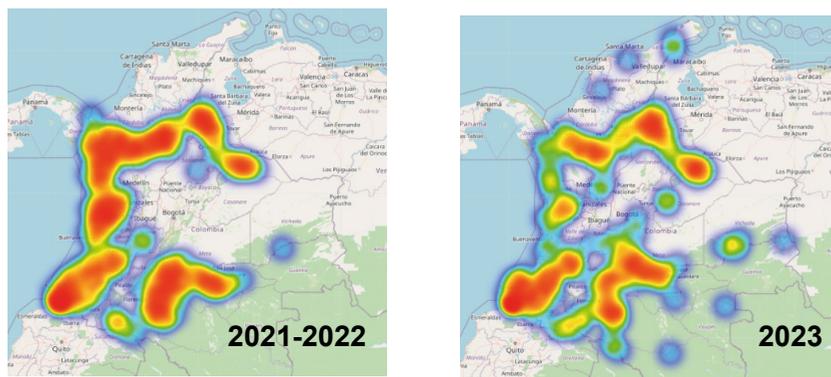


Figura 6. Comportamiento de los Eventos de 2021 a 2023

Nota: mapa de calor de los eventos durante los periodos de tiempo.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Por otro lado, los meses que presentan un elevado número de casos reportados son marzo con un 10.6%, febrero con un 10.1% y abril con un 9%. Asimismo, los departamentos con mayor incidencia son Antioquia, representando el 21.4% de los casos, seguido por Meta con el 9.2%, Nariño con el 9%, Norte de Santander con el 7.8% y Caquetá con el 7.6%. Estos impactos se centran en los municipios de Tumaco-Nariño, Vistahermosa-Meta, Tame-Arauca, Tarazá-Antioquia y San Vicente del Caguán-Caquetá. En cuanto al tipo de

área reportado, el 97.9% se relaciona con zonas rurales y el 2.1% con zonas urbanas (figura 8)

En lo referente al rango de edad de las víctimas de MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE, se observa que el 89.6% de los casos afecta a personas mayores de edad, mientras que el 10.3% corresponde a menores. En relación con la pertenencia a un grupo étnico específico, el 95% de las víctimas no se asocia a ninguna etnia, el 3.9% pertenece a la comunidad indígena y el 1% a la población afrodescendiente.

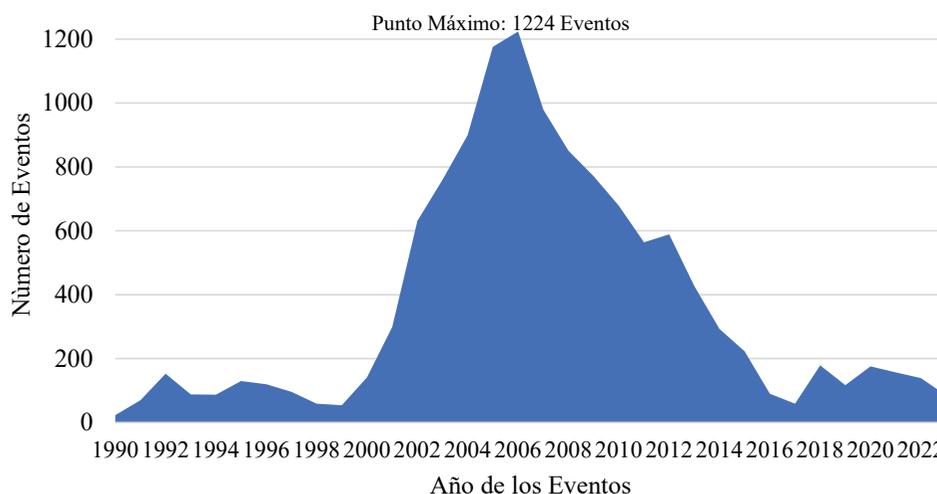


Figura 7. Comportamiento de los Casos de Víctimas por Año

Nota: en la gráfica se presenta la distribución de eventos o casos de víctimas a lo largo de los años, resaltando el punto máximo de casos.

Fuente: Elaboración propia (2024)

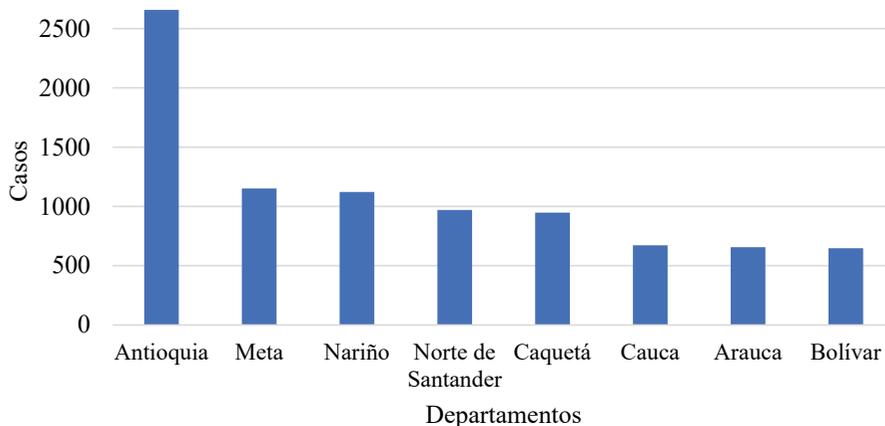


Figura 8. Comportamiento de los Casos de Víctimas por Departamento

Nota: en la gráfica se muestra la estadística de los casos de víctimas por departamento.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Respecto a la condición, el 59.4% de las víctimas son personal vinculado a la fuerza pública, y el 40.5% son personas civiles. Con relación al género, el 94.2% de las víctimas son hombres, y el 5.7% son mujeres. En cuanto a las consecuencias provocadas, el 81% de los casos resultaron en heridas, mientras que el 19% ocasionaron la muerte (figura 9.)

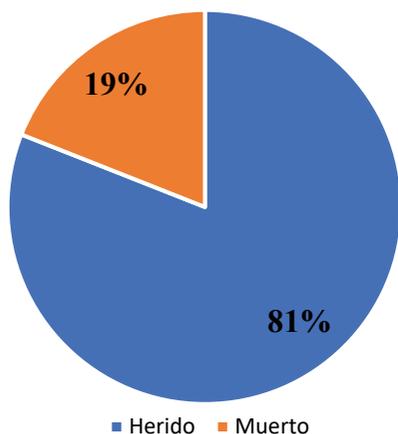


Figura 9. Consecuencia de la Exposición a las MAP

Nota: en la gráfica se presenta la estadística de los casos según las consecuencias asociadas a las exposiciones a MAP.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Referente al lugar específico donde ocurrieron los casos, se observa que sucedieron predominantemente en lugares como cerros, caminos, riveras de ríos, campos, viviendas abandonadas, fincas, entre otros. Simultáneamente, las actividades que se realizaban en el momento del altercado con las MAP incluyen patrullaje de la fuerza pública, erradicación manual, tránsito por vía, agricultura, cuidado de animales, entre otras. Los casos de los últimos cinco años se representan en la figura 10.

Situación de Desminado Humanitario en Colombia

En relación con el análisis de las operaciones de desminado humanitario llevadas a cabo en el territorio colombiano se utilizan los datos proporcionados por el DAPRE, que presenta un conjunto de 102.978 datos, 5721 registros correspondientes a actividades realizadas entre los años 2005 y 2023 (Datos Abiertos Colombia, 2023). Al examinar las actividades durante el periodo mencionado, se observa que los años que destacan por la considerable cantidad de operaciones son, 2018 con un 16.7%, 2019 con un 14.7%, 2022 con un 11.5%, 2021 con un 11.1%, 2017 con un 10.1% y 2020 con un 8.4%. En cuanto a los meses, se concentran principalmente en marzo 10.3%, agosto con un 9.5%, mayo con un 9.3%, junio con el 9.3% y septiembre 9% (figura 11).

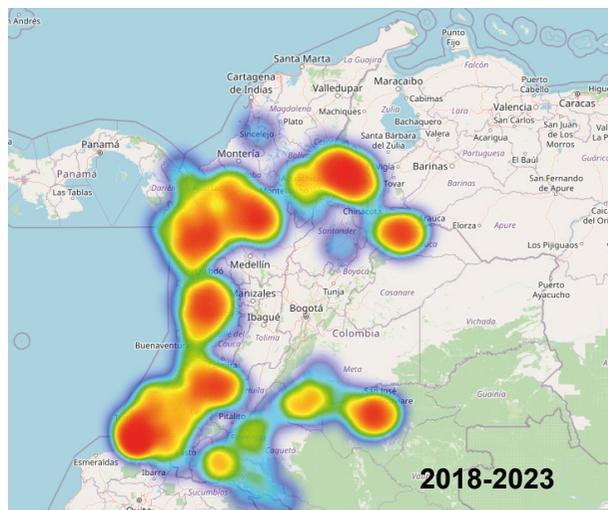


Figura 10. Casos de víctimas de los últimos cinco años

Nota: mapa de calor de los casos de víctimas de MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE, registros desde 2018-2023.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Los esfuerzos del desminado humanitario se han focalizado principalmente en los departamentos de Antioquia con el 24.1%, Caquetá con un 9.3%, Meta con el 8.7%, Putumayo con el 8% y Santander con el 7.5%. Este enfoque se ha materializado especialmente en los municipios de Samaná-Caldas, Vistahermosa-Meta, Granada-Antioquia, El Carmen de Bolívar-Bolívar y El Carmen-Santander. Las actividades de desminado humanitario se han dirigido hacia las comunidades en un 98.8% y hacia las bases militares que utilizaban estos artefactos para su defensa con el 1.2% (figura 12)-

En las intervenciones se han llegado a despejar alrededor de 13.631.728 m². De estos datos, se resalta el mayor despeje de zonas en los municipios de Argelia-Antioquia donde se han hecho operaciones de desminado humanitario en un total del 61.35% (155 82 m²) del territorio municipal. En el municipio de Vistahermosa-Meta se presenta un 19.05% (904 862 m²), en el municipio de Palmira-Valle del Cauca con el 38.81% (435 789 m²), en el municipio de Baraya-Huila responde al 42.08% (310 141 m²) del territorio, en el municipio de Chaparral-Tolima reporta un promedio de 21.15% (44 9136 m²) del territorio, en el municipio de San Luis con el 82.65% (435 789 m²) del territorio.

En los operativos de desminado humanitario se han encontrado 9105 artefactos o MAP en promedio 1.5 en actividades en cada municipio. Igualmente, se han encontrado 1535 artefactos o munición sin explotar (MUSE). Además, 524 artefactos explosivos improvisados. Donde por cada artefacto en promedio se despejan 1497 m² de territorio. Es así como, en este proceso de desminado humanitario han participado

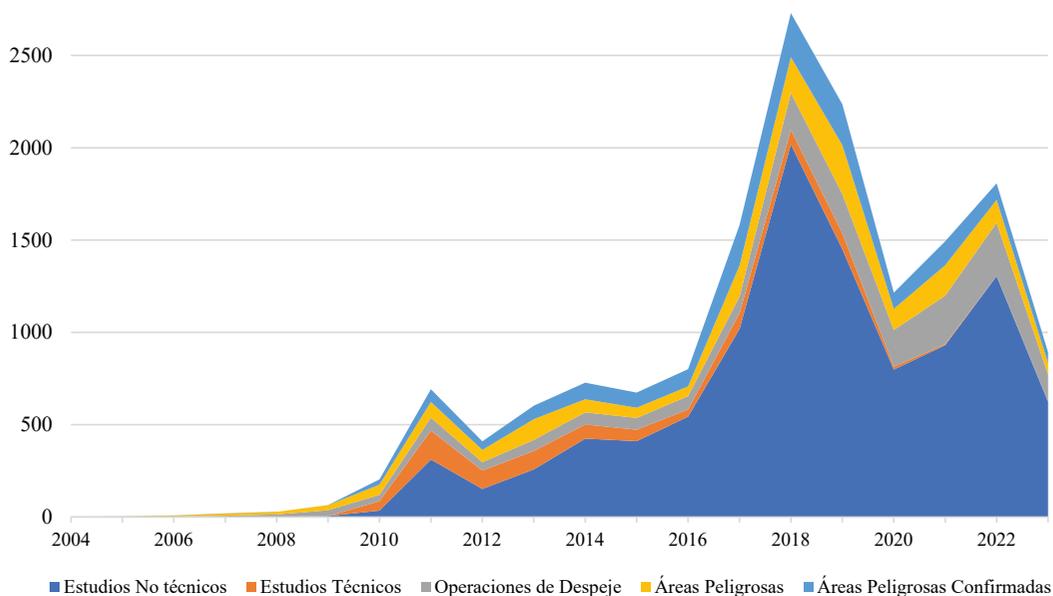


Figura 11. Comportamiento de los Estudios y Operaciones de Desminado Humanitario por Año

Nota: en la gráfica se muestra los estudios y operaciones de desminado humanitario al transcurrir el tiempo.

Fuente: Elaboración propia (2024).

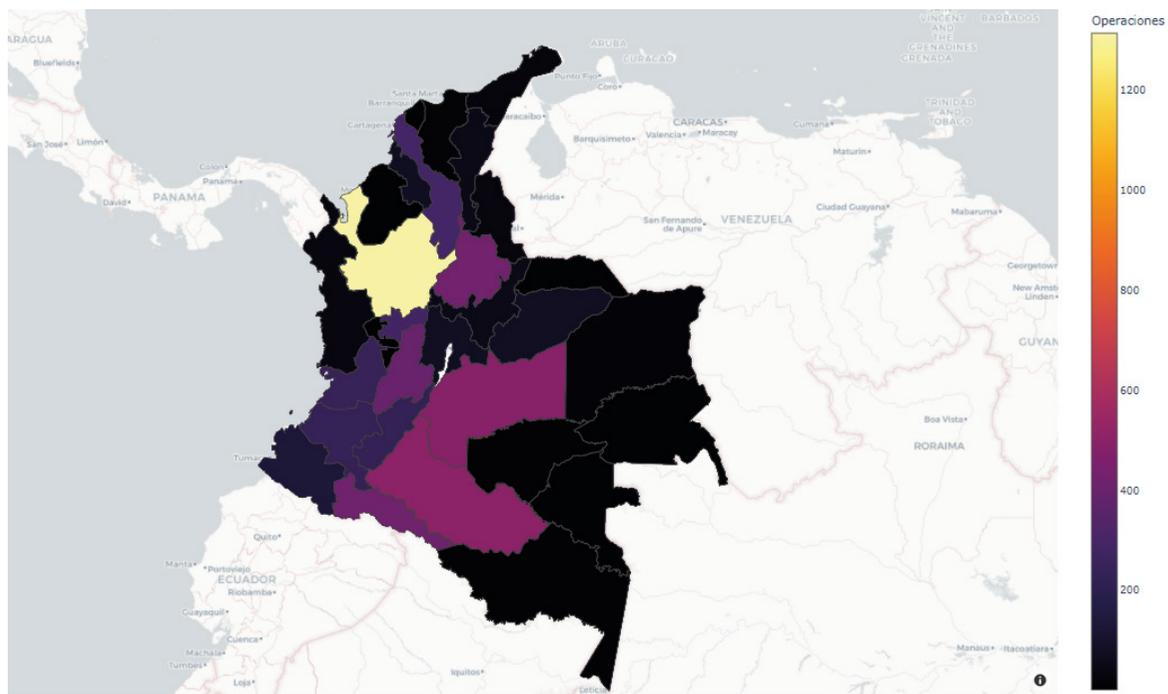


Figura 12. Comportamiento de las Operaciones de Desminado Humanitario por Año

Nota: se presenta el mapa que detalla las operaciones de desminado humanitario en los departamentos y municipios a lo largo de los años reportados, exhibiendo una línea de intensidad para resaltar la distribución y enfoque de estas actividades.

Fuente: Elaboración propia (2024)

organizaciones como HALO Trust con 2761 actividades u operaciones; el Batallón de Desminado e Ingenieros Anfibios (BDIAN) con 628; y la Brigada de Ingenieros de Desminado Humanitario (BRDEH) con 9.593; la Campaña Colombiana Contra Minas (CCCM) con 1.598; el Consejo Danés para los Refugiados (DRC) con 322; la organización Humanity & Inclusion (HI) con 780; Humanicemos DH con 91; Perigeo con 27; la Asociación

Atexx con 15; y el organismo Ayuda Popular Noruega (APN) con 178 actividades u operaciones de desminado humanitario (Figura 14).

Análisis predictivo

La analítica predictiva es una disciplina que utiliza datos históricos y algoritmos para identificar patrones y tendencias que permitan predecir futuros escenarios o

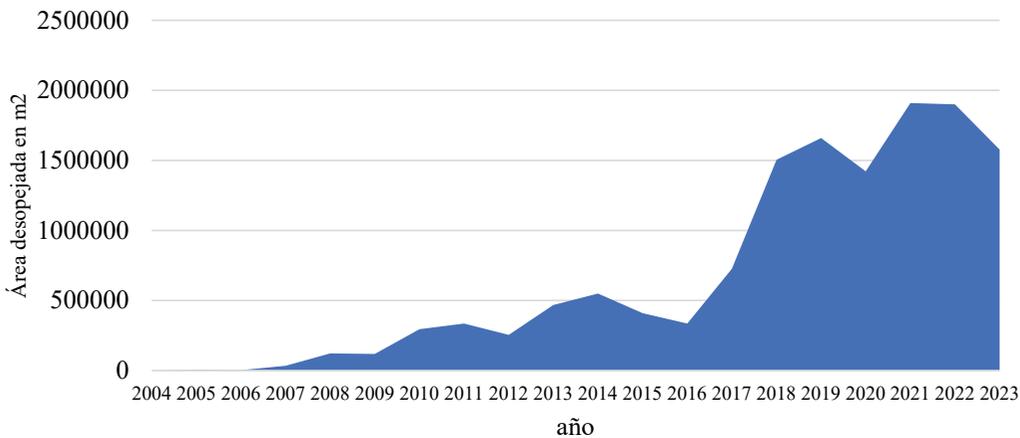


Figura 13. Área Despejada por Año

Nota: en la gráfica se observa el área despejada en desarrollo del programa de desminado humanitario a lo largo de los años 2004-2023.

Fuente: Elaboración propia (2024)

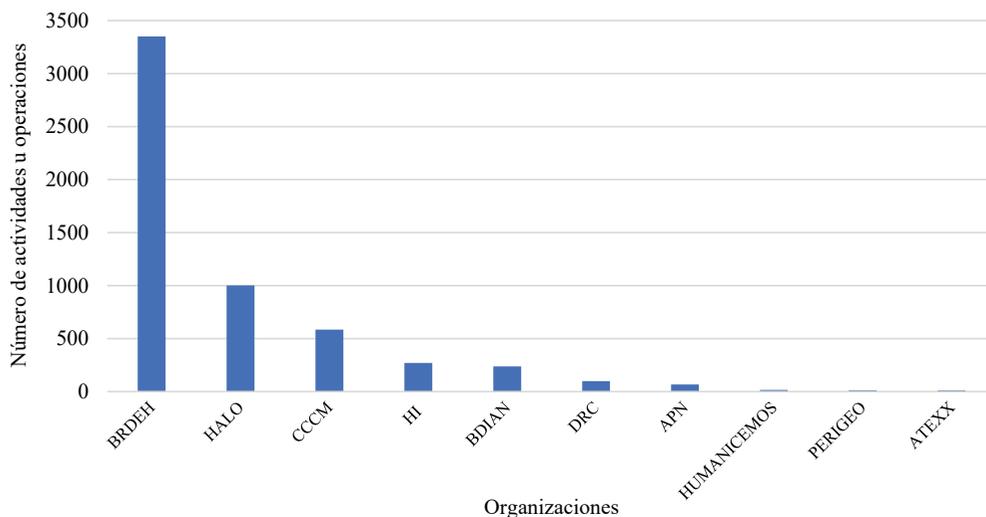


Figura 14. Organizaciones que Participan con Actividades u Operaciones de Desminado Humanitario

Nota: se muestra de forma general las actividades u operaciones de desminado humanitario por las organizaciones.

Fuente: Elaboración propia (2024)

resultados. Esta información puede utilizarse para tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia y la eficacia de las organizaciones (Joyanes, 2019). El análisis predictivo desempeña un papel esencial en el estudio de los eventos, casos de víctimas y desminado humanitario de MAP en Colombia desde 1984 hasta 2023. En esta sección, se aplica un algoritmo de aprendizaje automático, específicamente la regresión lineal, para modelar y prever el comportamiento futuro de una de las variables de interés, como es el área despejada o descontaminada en razón al tiempo.

La regresión lineal es un método de aprendizaje supervisado que busca establecer una relación lineal entre una variable dependiente y una o más variables independientes (Jones, 2019). En el contexto del análisis, se considera el año como la variable independiente y las áreas despejadas como variable dependiente. Se identifican los valores atípicos, estos pueden afectar negativamente el rendimiento del modelo, ya que la regresión lineal intentará ajustarse a estos puntos extremos que pueden no representar bien la tendencia general de los datos. Estos pueden provocar predicciones inexactas, ya que la regresión lineal puede sobreponderar su influencia y generar resultados sesgados (Joyanes, 2013). Así se muestra en la Figura 15.

El conjunto de datos se divide en: de entrenamiento y prueba. El conjunto de entrenamiento se utiliza para entrenar el modelo, mientras que el conjunto de prueba se utiliza para evaluar su capacidad predictiva (Hush, 2021).

La Figura 16 muestra una comparación entre las predicciones del modelo de regresión lineal y los datos reales correspondientes al área despejada en función del tiempo (año). La presencia de la línea de regresión que sigue de cerca los puntos dispersos indica una concordancia entre las predicciones del modelo y las observaciones reales. Esta cercanía sugiere que el modelo está capturando eficazmente la relación subyacente entre el tiempo y el área despejada.

La gráfica muestra una comparación entre las predicciones del modelo de regresión lineal y los datos reales correspondientes al área despejada en función del tiempo (año). La presencia de la línea de regresión que sigue de cerca los puntos dispersos indica una concordancia entre las predicciones del modelo y las observaciones reales. Esta cercanía sugiere que el modelo está capturando eficazmente la relación subyacente entre el tiempo y el área despejada.

La Figura 17 proporciona una visualización del pronóstico del área despejada en función de los años, utilizando un modelo de regresión lineal. Los puntos azules representan los datos históricos reales, mientras que la línea continua muestra la proyección del modelo para el conjunto de prueba. Por último, se incorporan puntos rojos que representan las predicciones del modelo para años futuros, ofreciendo una perspectiva visual de las estimaciones a largo plazo.

Acerca de los datos de las predicciones se espera un crecimiento de las áreas despejadas en los próximos

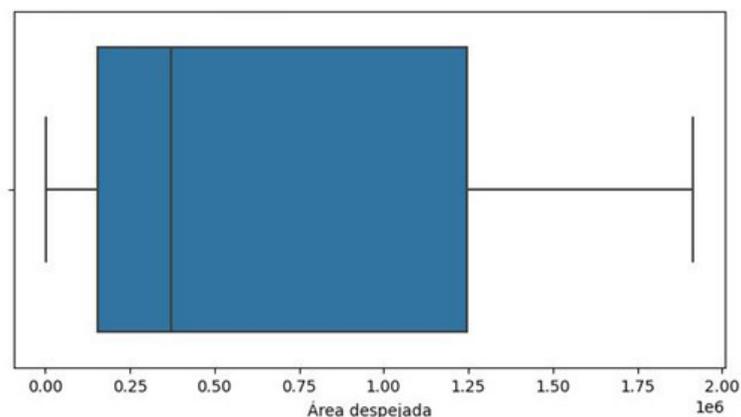


Figura 15. Diagrama de Caja para Detección de Valores Atípicos (outliers)

Nota: en la figura se muestra el análisis de los valores atípicos, los cuales no están presentes en los datos, siendo un aspecto esencial para tener en cuenta en algoritmos de predicción.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 3. Coeficientes del Modelo

Ecuación de Regresión Lineal	Muestra la ecuación de la recta que representa la relación lineal. En el caso de una regresión lineal simple, la ecuación es representada como $y = mx + b$, donde y es la variable dependiente, x es la variable independiente, m es la pendiente y b es la ordenada al origen (García et al., 2018). En este caso, y puede representar el número de eventos, casos de víctimas o áreas despejadas, mientras que x es el año.
Pendiente (m)	indica la tasa de cambio de la variable dependiente con respecto a la variable independiente. Un valor positivo sugiere un aumento, mientras que un valor negativo sugiere una disminución a lo largo del tiempo. Es así como, el coeficiente de la pendiente del modelo de regresión es 57238.075, de tal manera que, por cada unidad adicional de cambio en el año, se espera un aumento promedio de aproximadamente 57.238 unidades en el área despejada.
Intercepto (b):	Representa el valor de la variable dependiente cuando la variable independiente es cero, proporcionando un punto de partida en la línea de regresión. Donde el modelo presenta un intercepto de -114865472.165.

Nota: Elaboración propia (2024).

Fuente: (Hush, 2021; García, et.al., 2018)

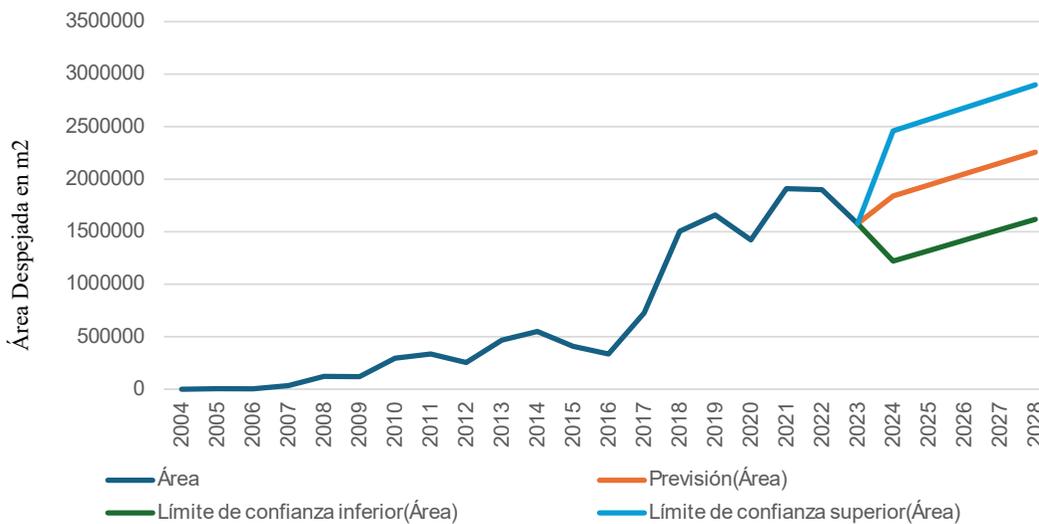


Figura 16. Comparación entre Datos Reales y Predicciones del Modelo

Nota: en la gráfica se expone la línea de regresión y su ajuste a los datos reales.

Fuente: Elaboración propia (2024)

cinco años (2024-2028) con un promedio de aumento de 7.14%, donde para el año 2024 se esperaría un área descontaminada de MAP de 1.839.812 m² con un incremento del 16%, para el año 2025 un estimado de

1.944.336 m² con el 5.6%, para el 2026 un 2.048.914 m² con el 5.3%, en el 2027 un 2.153.465 m² con el 5.1%, por último, en el año 2028 2.258.015 m² con el 4.8% de aumento de áreas despejadas.

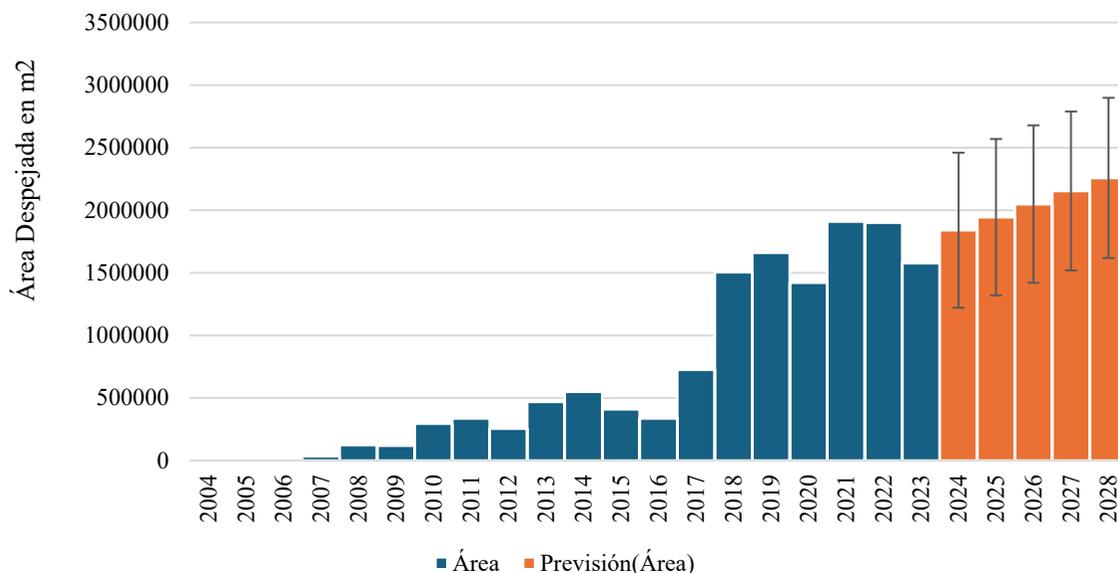


Figura 17. Pronóstico del Área Despejada en Colombia (2005-2028)

Nota: en la gráfica se expone la línea de regresión y su ajuste a los datos reales.

Fuente: Elaboración propia (2024)



Figura 18. Dashboard del Estudio de los Eventos, Casos de Víctimas y Desminado Humanitario MAP

Nota: Dashboard generado en Power BI.

Fuente: Elaboración propia (2024)

Evaluación del modelo

Para evaluar el modelo de regresión lineal estructurado que predice el comportamiento del área despejada o descontaminada de MAP en razón al tiempo, se emplea la métrica de coeficiente de determinación o

R^2 score, siendo de 0.974227353725741 en un conjunto de prueba. Esta medida indica que el modelo explica aproximadamente el 0.97% de la variabilidad total en los datos de prueba. El R^2 score varía entre 0 y 1, donde 1 indica una predicción perfecta y 0 indica que el

modelo no explica nada de la variabilidad en los datos (Quevedo y Pérez-Salvador, 2014).

Interpretación y presentación de resultados

Para exponer los resultados concernientes a los registros de eventos, casos de víctimas y desminado humanitario de MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE en Colombia durante los últimos años, se ha desarrollado un panel de control en *Microsoft Power BI*. Este panel exhibe tanto la estadística descriptiva como la predictiva de las variables pertinentes presentes en el conjunto de datos bajo investigación.

Discusiones

Según la *Campaña Colombiana Contra Minas (2018)*, se estima que en Colombia existe un área de aproximadamente 46.024.965 m² afectada por MAP para el año 2017. Es importante destacar que esta cifra es susceptible de cambios significativos debido a la dinámica evolutiva de esta problemática. Hasta la fecha mencionada se han requerido 18 años para despejar aproximadamente 13.631.728 m² de terreno contaminado. Al contrastar esta cantidad con la estimación previa, se observa que los esfuerzos destinados al desminado han logrado abarcar un 29,62% del área total afectada por MAP, así como por artefactos o MUSE, o artefactos explosivos improvisados.

Los hallazgos revelan que el grupo demográfico más afectado por los eventos de MAP está compuesto por personas adultas de sexo masculino. Esta situación, particularmente prevalente en áreas rurales, repercute directamente en las actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras llevadas a cabo por la población. También se observa que los miembros de la Fuerza Pública son particularmente vulnerables a este tipo de eventos.

De acuerdo con *Oviedo (2017)*, las víctimas abarcan un espectro amplio que incluye a niños, mujeres y hombres de origen campesino. Es crucial resaltar que una proporción significativa de estas víctimas están vinculadas a la Fuerza Pública.

Por otro lado, las MAP han tenido un impacto considerable tanto en las Fuerzas Armadas como en la comunidad civil. Esto ha llevado, entre otras consecuencias, a que una parte sustancial de la población se vea forzada a emigrar, ya que los campos que solían utilizar para la agricultura o la cría de ganado, ahora están sembrados con dispositivos explosivos (Restrepo, 2021).

Es importante destacar que el desminado humanitario es una actividad esencial para garantizar los derechos y las necesidades básicas de las personas, permite la libre movilidad: ir a la escuela, trabajar y vivir en sus hogares sin temor a ser heridas o asesinadas por estos artefactos (Muñoz, 2021).

Aunque los resultados del estudio evidencian cómo las consecuencias provocadas por MAP o MUSE, o

artefactos explosivos improvisados en los casos registrados, en el 81% han provocado heridas y en el 19% la muerte, estas estadísticas se quedan cortas a comparación del impacto sobre las personas que la sufren, cuyas repercusiones son físicas, psicológicas, sociales y económicas. Estas consecuencias se interconectan entre sí, circunstancia que agrava los efectos negativos de la violencia (Ruiz y Castaño, 2019).

Es importante denotar que las personas afectadas suelen sufrir una amputación inmediata debido al daño causado por el impacto y la suciedad de la herida. Este proceso se ve agravado por la pérdida de empleo, oportunidades educativas, relaciones familiares y, en ocasiones, del hogar, debido al miedo. Lo anterior puede conducir a la decisión de abandonar todo. En la mayoría de los casos, las víctimas deben afrontar este duelo sin la ayuda de profesionales, prolongando el proceso, desde la pérdida hasta la aceptación de una nueva realidad interna y externa (Hernández-Díaz, 2003).

Por su parte, reconocer algunas limitaciones inherentes a este estudio, es también muestra de objetividad, especialmente en el análisis estadístico y predictivo. Donde, la precisión de las predicciones puede verse afectada por la calidad de los datos disponibles, ya que cualquier deficiencia en la recopilación o la representatividad de la muestra puede influir en los resultados. De esta manera, la selección incompleta o sesgada de variables puede limitar la capacidad del modelo para capturar la complejidad real de los fenómenos estudiados.

Asimismo, la evolución de las condiciones futuras puede depender de factores imprevistos o cambios en el entorno que no hayan sido considerados en el análisis.

Conclusiones

En el análisis de eventos relacionados MAP, AEI con características de minas antipersonal y MUSE en Colombia desde 1990 hasta 2023, se evidencia una tendencia histórica marcada. Los años de mayor incidencia, como 2012, 2011 y 2013, resaltan la persistencia del problema a lo largo del tiempo. La predominancia de desminado militar en operaciones y su impacto geográfico en departamentos como Antioquia, Meta y Caquetá, resalta la complejidad del desafío.

En cuanto a las víctimas, se registran 12.390 casos entre 1984 y 2023, mostrando un perfil de hombres mayores de edad. La necesidad de abordar el impacto físico y emocional de estas situaciones es evidente, considerando que el 81% de las víctimas sufrieron heridas. La concentración en áreas rurales y la evolución de eventos a lo largo del tiempo indican áreas críticas para intervenciones preventivas.

En lo que respecta a las operaciones de desminado humanitario entre 2005 y 2023, se ve un esfuerzo significativo en Antioquia, Meta y Santander, despejando

más de 13,6 millones de m². Esto destaca la importancia de continuar y fortalecer estas iniciativas para mitigar el impacto en las comunidades afectadas.

En materia de proyección, la aplicación de regresión lineal para realizar la estadística predictiva del área despejada indica un crecimiento promedio del 7,14% anual, cifra optimista para el desminado futuro. Las predicciones para los próximos cinco años, que sugieren un aumento gradual hasta por 2.258.015 m² en 2028, señalan los esfuerzos para la aplicación de las estrategias actuales.

Con el propósito de abordar de manera integral la problemática de MAP en Colombia y mitigar sus impactos, se plantean diversas estrategias: fortalecer las operaciones de desminado, priorizando áreas críticas y departamentos con altos índices de eventos. Este enfoque implica un aumento significativo en recursos y capacitación para garantizar la eficacia de las operaciones humanitarias destinadas a la eliminación de MAP.

De este modo, se destaca la importancia de promover la educación en comunidades vulnerables acerca de los riesgos asociados con MAP, así como fomentar prácticas seguras. Este enfoque preventivo busca reducir el riesgo de víctimas civiles y aumentar la conciencia sobre los peligros inherentes a la presencia de estos artefactos explosivos.

En el ámbito de la atención a las víctimas, se plantea la necesidad de brindar un apoyo integral, que incluya atención médica y psicológica, así como recursos para facilitar su reintegración social y laboral. La cooperación internacional emerge como un elemento clave en esta lucha, promoviendo el intercambio de mejores prácticas, tecnologías y recursos para mejorar la gestión de MAP a nivel global.

Declaración de Conflicto de Intereses

Los autores afirman que, durante la realización del trabajo o la redacción del artículo, no han permitido que intereses personales o externos influyan en su trabajo, evitando así conductas inapropiadas y valores que contradigan las normas éticas estándar de la investigación.

Las fuentes de financiamiento que respaldaron esta investigación son de carácter personal y están basadas en motivaciones profesionales. No se recibió financiamiento específico de entidades gubernamentales, sectores comerciales o sin fines de lucro para llevar a cabo este estudio.

Contribución de los Autores

Autor 1: conceptualización-curación de datos-análisis formal – técnicas estadísticas, análisis de datos-*Software* – programación, diseño e implementación-visualización – presentación de datos- proceso de investigación-metodología.

Autor 2: adquisición de fondos-investigación -- diseño y desarrollo-administración del proyecto – gestión y coordinación-recursos – suministro de materiales de estudio-supervisión y liderazgo en la planificación-validación – verificación-redacción – documento original-edacción – revisión y edición.

Referencias

- Berzal, F. (2018). *Redes neuronales & Delearning*. Editorial Universidad de Granada.
- Caminotti, M., y Toppi, H. (2020). *Metodología de la investigación social: Caja de herramientas*. Eudeba Universidad de Buenos Aires.
- Campaña Colombiana Contra Minas. (2018). *Monitor de minas antipersonal Colombia 2018*. International Campaign To Band LandMines. https://colombiasinminas.org/wp-content/uploads/2018/12/TEXTO-MONITOR-2018_DESAYUNOdic.pdf
- Casey, S. (2011). *Convención sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción*. United Nations Audiovisual Library of International Law. https://legal.un.org/avl/pdf/ha/cpusptam/cpusptam_s.pdf
- Centro Nacional de Memoria Histórica y Fundación Prolongar. (2017). *La guerra escondida. Minas Antipersonal y Remanentes Explosivos en Colombia*. Legis S.A.
- Comité Internacional de la Cruz Roja. (2003). *Convención de 1997 sobre la prohibición de las minas antipersonal y sobre su destrucción*. Servicio de Asesoramiento en Derecho Internacional Humanitario https://www.icrc.org/es/doc/assets/files/other/1997_minas.pdf
- Corona, E.; Jiménez, A.; y Cortés, G. (2023). Principales Metodologías en el Desarrollo de Proyectos de Minería de Datos. *Revista TecnoCultura*, 51(9), 16-34. <https://tecno-cultura.org/index.php/Tecnocultura/article/view/9>
- Datos Abiertos. (2023). *Portal de Datos*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). <https://www.datos.gov.co/>
- García, J.; Molina, J.; Berlanga, A.; Patricio, M.; Bustamante, A.; y Padilla, W. (2018). *Ciencia de datos. Técnicas analíticas y aprendizaje estadístico*. Alfaomega Grupo Editor.
- Guzmán, V. (2021). El método cualitativo y su aporte a la investigación en las ciencias sociales. *revista Gestionar: revista de empresa y gobierno*, 1(4), 1-15. <https://doi.org/10.35622/j.rg.2021.04.002>
- Hernández-Orallo, J.; Ramírez, M. y Ferri, C. (2005). *Introducción a la minería de datos*. Pearson Educación.

- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.a ed.). Editorial Mac Graw Hill.
- Hernández-Sampieri, R.; Mendoza, P.; Méndez, S.; y Cuevas, A. (2019). Metodología de la investigación para bachillerato. Mc Graw Hill.
- Hernández-Díaz, G. (2003). Minas antipersonales (M.A) en Colombia costo físico y emocional. Umbral Científico, 3(2), 1-17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400203>
- Hush, J. (2021). Python Para el Análisis de Datos Una Guía para Principiantes para Aprender el Análisis de Datos con la Programación Python. Editorial Independiente.
- Jones, H. (2019). Minería de Datos Guía de Minería de Datos para Principiantes, que Incluye Aplicaciones para Negocios, Técnicas de Minería de Datos, Conceptos y Más. Editorial Independiente.
- Joyanes, L. (2013). Big Data: Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones. Alfaomega Grupo Editor.
- Joyanes, L. (2019). Inteligencia de negocios y analítica de datos. Una visión global de Business Intelligence & Analytics. Alfaomega Grupo Editor.
- Lauder, H. (2013). Big Data. La revolución de los datos masivos. Editorial Epsilon.
- Muñoz, E. (2021). Desminado humanitario: Impacto socioeconómico en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, Colombia. Revista Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas -FACCEA, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.47847/faccea.v11n2a4>
- Oviedo, C. (2017). Mirada reflexiva de las minas antipersonal (MPA); municiones sin explotar (MUSE) y artefactos explosivos improvisados (AEI) en Colombia. Acercamiento desde el análisis de caso. Colectivus, Revista de Ciencias Sociales, 4(2), 20-35. <https://doi.org/10.15648/Coll.2.2017.4>
- Pérez, L., Pérez, R., y Seca, M. (2020). Metodología de la investigación científica. Editorial Maipue.
- Quevedo, H., y Pérez-Salvador, B. (2014). Estadística para Ingeniería y Ciencias. Grupo Editorial Grupo Editorial Patria
- Ramos, C. (2021). Aprende minería de datos con modelos y algoritmos: Aprende de minería de datos aplicado al análisis predictivo. Editorial Independiente.
- Restrepo, L. (2021). Vista de El impacto de las minas antipersona en Colombia en los últimos treinta años. Revista Criminalidad, 64(2), 77-88. <https://doi.org/10.47741/17943108.356>
- Ríos, D., y Gómez, D. (2019). Big data Conceptos, tecnologías y aplicaciones. Editorial CSIC.
- Ruiz, G., y Castaño, D. (2019). La expuesta vulnerabilidad del cuerpo. Registros de la victimización por minas antipersonal en Colombia. Revista mexicana de ciencias políticas y sociales, 64(236), 111-135. <https://doi.org/10.22201/fcpys.2448492xe.2019.236.61263>
- Torres, A. (2021). Análisis de opinión sobre tuits del COVID-19 generados por usuarios ecuatorianos. Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia, 11(1), 70-77. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1039>



