

# **Programas que afectan a la población desplazada: el caso de las aspersiones aéreas con glifosato y el desplazamiento forzado en Colombia**

Santiago Pardo

## **Abstract**

## 1. Introducción

En Colombia el conflicto armado ha dejado al menos 8.391.662 víctimas de desplazamiento forzado interno registradas (RUV, 2022)<sup>1</sup>. Esto equivale aproximadamente al 16% de la población colombiana actual. Son múltiples las razones por las que una víctima decide desplazarse de su territorio, probablemente la más evidente es la violencia que generan las disputas territoriales (Arjona, 2016; Ballvé, 2012; Czaika & Kis-Katos, 2009; Deacon et al., 2019; Kalyvas, 2006; Lozano-Gracia et al., 2010). Sin embargo, también existen eventos asociados a la guerra que van más allá de la violencia e inciden sobre el bienestar de las poblaciones obligándolas a movilizarse masivamente (Ibáñez & Vélez, 2008; Steele et al., 2007). Dentro de estos eventos, se ha estudiado poco la incidencia que la lucha contra las drogas, en el marco del Plan Colombia<sup>2</sup>, puede tener sobre el desplazamiento forzado, en especial el Programa de Aspersiones Aéreas con Glifosato (PECIG).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar cuál fue la magnitud del efecto del PECIG sobre el desplazamiento forzado durante el Plan Colombia. Responder a esta pregunta implica una complejidad importante: Aunque el desplazamiento está ampliamente documentado en Colombia, no sucede lo mismo con sus motivos. La dificultad de identificar a cabalidad las causas del desplazamiento tiene que ver, entre otras cosas, con que para las víctimas el proceso de registro resulta más complicado cuando no está asociado a la violencia derivada del conflicto. En el caso del PECIG, el Registro Único de Víctimas (RUV) asocia 9155 víctimas de conflicto armado con fumigaciones de cultivos como su causa (anexo 1). Sin embargo, desde la ley 387 de 1997, las aspersiones con glifosato dejaron de ser una razón directa considerada dentro del registro de las víctimas<sup>3</sup>. Esto quiere decir que la cifra mencionada es producto de un claro subregistro.

Esta investigación busca solucionar ese problema estableciendo la relación existente entre las aspersiones aéreas y los desplazamientos forzados registrados. No obstante, por el diseño del Plan Colombia, los municipios en los que se asperjó están asociados directamente con el conflicto armado, que a su vez se encuentran relacionados con el desplazamiento forzado. Esto implica que no se puede determinar un efecto causal de ambas variables dado que presentan problemas de endogeneidad. Para corregirlos, se utiliza el método de Variables Instrumentales (IV) que permite identificar el efecto causal de ambas variables través de un instrumento exógeno. En este documento se emplea como instrumento la fuerza de los vientos. Dentro de los líneamientos en el momento de fumigar, el viento era una variable decisión que afectaba directamente probabilidad y la intensidad de aspersión. Por lo tanto, este instrumento permite encontrar variación exógena, no en la aplicación del programa, sino en la intensidad de las aspersiones, lo cual permite exponer los resultados en términos de relaciones de cambio.

<sup>1</sup>El Registro Único de Víctimas empezó su registro en 1985 y continua hasta la actualidad

<sup>2</sup>El Plan Colombia fue un acuerdo de cooperación bilateral con Estados Unidos para luchar contra el narcotráfico y acabar con el conflicto armado colombiano, cuyo programa principal consistía en la erradicación aérea de cultivos de coca.

<sup>3</sup>Decreto 2562 de 2001. Donde se establece una atención especial a las víctimas de desplazamiento forzado por violencia.

Los resultados de este trabajo estiman que por cada 10 hectáreas adicionales de coca asperjada existió un aumento del % de desplazamientos forzados en los municipios y meses donde se aplicó el programa. Además, la decisión de desplazarse no es inmediata en todos los casos: los resultados indican que también existe una relación entre las aspersiones y la migración forzada acumulada tres meses después de la aplicación del programa. En este caso, por cada 10 hectáreas asperjadas adicionales, los desplazamientos aumentaban en un %. Más aún, se encontró que existen efectos diferenciados de acuerdo a la intensidad de aspersión. Es decir, el efecto es mayor en los municipios donde se intensificó el PECIG. Esto ocurre especialmente en los municipios que se encuentran en el quintil de intensidad más alto.

Son cuatro los posibles canales directos por los cuales existe esta relación: las alteraciones en salud, los daños ambientales, la intensificación de la violencia y los efectos económicos adversos. Estos obedecen a consecuencias del conflicto armado que han sido ampliamente estudiadas pero pocos estudios las han relacionado con la política antidroga, además del conflicto armado. La mayoría de estudios se centran en la relación del narcotráfico como financiador y prolongador de diferentes conflictos armados en el mundo (Angrist & Kugler, 2008; Ballvé, 2012; Cornell, 2005; Gutiérrez & Thomson, 2020; Mercille, 2011; Monteleone, 2016), más que en la evaluación de los programas de política antidroga frente a las guerras civiles. Es decir, son menos los estudios que exponen estos programas como un agravante de la violencia en los territorios (Abadie et al., 2014; Reyes, 2014; Turkoglu, 2022; Zuleta & Ferro, 2017). En consecuencia, esta investigación contribuye a esa literatura cuantificando el efecto que tuvo el programa principal de política antidroga como un intensificador del conflicto armado y explicando los posibles canales por los que se da esta relación.

Paralelamente, esta investigación ofrece elementos de política pública en dos líneas: la política antidroga y los programas para mitigar el conflicto armado. Respecto a la primera, recientemente se ha debatido la posibilidad de legalizar las aspersiones aéreas y retomarlas como principal política para combatir el narcotráfico <sup>4</sup>. Han sido múltiples los estudios que cuestionan su efectividad (Gaviria & Mejía, 2011; Mejía, 2016) y muestran sus consecuencias negativas sobre la población (Camacho & Mejía, 2014; Reyes, 2014; Rodríguez, 2020). Estos resultados contribuyen al debate de los costos y beneficios de este programa, en particular, aportan una nueva variable a tener en cuenta en la evaluación de las consecuencias no deseadas que las aspersiones con glifosato pueden generar sobre la población.

La segunda línea está relacionada con los programas de seguridad. Las dinámicas del conflicto armado en los territorios son complejas y tienen múltiples elementos que considerar a la hora de formular políticas públicas. Varios estudios han demostrado que la prestación de bienes públicos y las políticas de seguridad en regiones con conflicto y baja capacidad estatal terminan convirtiéndose en incentivos perversos a favor del clientelismo armado y la violencia en contra de la población civil (Acemoglu et al., 2020; Ballentine & Nitzschke, 2003; Fergusson, 2017; Gutiérrez-Sanín & Wood, 2017). Este trabajo proporciona elementos que ponen en el centro

<sup>4</sup>Para el 2022 se debatió en el congreso sobre la posibilidad de eliminar la prohibición de las aspersiones con glifosato en Colombia. Para más información ver: <https://www.portafolio.co/internacional/estados-unidos-estaria-de-acuerdo-con-posibles-fumigaciones-aereas-en-colombia-575312>.

de la discusión las consecuencias negativas que estos programas antidrogas tuvieron en los territorios asperjados con glifosato que en la mayoría de casos eran desprotegidos. Frente a esto, han sido múltiples las quejas de campesinos que se vieron obligados a migrar por los efectos del uso del glifosato y no han encontrado atención estatal, pues como lo afirma una lideresa social de Argelia, Cauca:

*“El desplazamiento que se tuvo, que se vio en ese tiempo, fue bastante masivo. La gente salió y el territorio quedó prácticamente solo y la atención a las comunidades fue mínima por parte del gobierno. Como digo, no había un plan de contingencia para atender a las personas desplazadas por las fumigaciones; no lo hubo, ni lo hay”* (Yonda, 2021)

El resto de este artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la sección dos se exponen cuáles son las causas del desplazamiento forzado desde lo que se ha trabajado en la literatura. La sección tres contiene un contexto del Plan Colombia, específicamente del Programa de Aspersiones Aéreas con Glifosato (PECIG). La sección cuatro presenta el marco conceptual de este trabajo. La sección cinco determina la estrategia empírica, los problemas de identificación y la construcción de la variable instrumental. La sección seis expone los datos y las estadísticas descriptivas que se tomaron como base en este trabajo. La sección siete muestra los principales resultados. La sección ocho profundiza sobre los mecanismos que ayudan a entender mejor los resultados. Finalmente, la última sección cierra con las conclusiones de esta investigación.

## **2. Causas del Desplazamiento Forzado Interno**

El desplazamiento forzado interno es el hecho victimizante de mayor magnitud en las guerras civiles actuales. De acuerdo con el Centro Global de Monitoreo de Desplazamiento Interno - IDMC (2022), para finales del 2021 la cifra de personas forzadas a migrar al interior de sus países ascendía a 59 millones. Esto ha enfocado los esfuerzos de política pública y los estudios sobre migración forzada a entender las causas que la producen alrededor de los diferentes conflictos armados en el mundo (Arjona, 2016; Kalyvas, 2006; Steele, 2019; Turkoglu, 2022).

El canal más directo es la violencia, la cual usualmente no es aleatoria. En las guerras internas la población civil es un actor clave para la supervivencia de los grupos armados, lo cual los lleva a buscar su control constatemente a través de la coacción. Por lo tanto, en los procesos de disputa por el control territorial surgen la mayoría de violaciones a derechos humanos que llevan a poblaciones a movilizarse masivamente (Arjona, 2016; Crisp, 2010; Ibáñez & Vélez, 2008; Kalyvas, 2006; Steele, 2019). Además, los procesos de recuperación de la presencia estatal en estas regiones, en muchas ocasiones, también viene acompañada de combates y enfrentamientos que deja a los civiles en el medio. Estas políticas de seguridad basadas en violencia en territorios con poca presencia estatal, genera efectos adversos sobre la población que usualmente termina en desplazamientos forzados (Acemoglu et al., 2020; Comisión de la Verdad, 2022; Fergusson, 2017; Moore & Shellman, 2006; Turkoglu, 2022).

Por otra parte, las guerras civiles obedecen a patrones que van más allá de la violencia. Estos se traducen en múltiples razones por las cuales las personas deciden abandonar sus hogares debido a su inmersión en un contexto de conflicto latente. Por ejemplo, el miedo y la incertidumbre es una causa común que motiva a las personas a movilizarse (Griffiths, 2020; Hammar, 2020). También, las redes de apoyo que pueden existir en otros territorios, incluso aquellas conformadas por personas que previamente se desplazaron, aumentan la probabilidad de que las personas en regiones vulnerables migren (Chávez-Plazas & Bohórquez-Bohórquez, 2011; Revkin, 2021; Wachter & Gulbas, 2018). En este sentido, el estudio de las causas del desplazamiento forzado debe preceder la comprensión de las dinámicas del conflicto en cada país (Steele, 2019).

En Colombia las causas del desplazamiento forzado, además de la violencia directa, se han asociado principalmente a razones económicas, sanitarias y políticas (Bandiera, 2021; CNMH, 2015; Comisión de la Verdad, 2022; Deacon et al., 2019; Grajales, 2017; Ibañez, 2008; Steele et al., 2007). En primer lugar, la usurpación ilegal de la tierra tiene un componente de estrategia económica de guerra: al despoblar un territorio determinado, los grupos armados pueden explotar sus recursos naturales y el resto de sus activos (Grajales, 2017; Ibañez, 2008). Frente a esto, estudios como el de Bandiera (2021) han mostrado que ante un aumento en los precios de los stocks en regiones vulnerables, como el banano en Urabá, los desplazamientos forzados también se incrementan. En esa misma línea, los cultivos ilícitos y los territorios que pertenecen a corredores de comercio de droga, también motivan desplazamientos masivos para integrar la cadena de producción del narcotráfico (CNMH, 2015).

En cuanto a los factores políticos que explican la migración forzada, un estudio sobre las elecciones en Urabá, muestra que en períodos electorales, la violencia aumenta y los actores armados expulsan en mayor medida a personas pertenecientes a movimientos sociales (Steele, 2011). Por otro lado, las relaciones entre actores armados y políticos locales, produjeron dinámicas de poder social y político, donde el desplazamiento más que una consecuencia, era un mecanismo de control e intimidación (CNMH, 2015; Comisión de la Verdad, 2022).

Las causas sanitarias se pueden dividir en dos: las afectaciones medioambientales y a la salud de los campesinos. En este sentido, estudios muestran que en Putumayo, las voladuras de oleoductos y las aspersiones aéreas producían daños ambientales y en salud que afectaban el bienestar de la población que los forzaba a irse de sus tierras (Comisión de la Verdad, 2022; Deacon et al., 2019). Además, varias investigaciones muestran que el conflicto armado ha intensificado las deforestaciones y la minería ilegal afectando directamente el medio ambiente y la biodiversidad de las regiones. (ICG, 2022; Mier, 2015; Rettberg et al., 2018).

De acuerdo a lo anterior, diferentes investigaciones han tratado múltiples causas que se relacionan con el desplazamiento forzado interno. Sin embargo, a nivel cuantitativo, existen pocos estudios que analicen los efectos no deseados de políticas de seguridad sobre este problema en Colombia. Del mismo modo, ningún estudio ha cuantificado la relación que tuvieron las aspersiones aéreas sobre otras variables del conflicto armado. Por esta razón, este trabajo contribuye a la literatura estimando el efecto que tuvo la política antidroga con el

Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG) sobre el desplazamiento forzado en el periodo comprendido entre 2004 y 2012.

### **3. Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG)**

Durante el año 1999 se estableció el Plan Colombia, un acuerdo bilateral entre Colombia y Estados Unidos con el objetivo de combatir el narcotráfico y el crimen organizado, y así contribuir a la consecución de la paz y el desarrollo económico en Colombia (DNP, 2005). Para ello, se diseñó el plan en cuatro etapas (anexo 2), siendo la primera etapa la reducción del 50% de los cultivos de coca en el territorio colombiano. Bajo este contexto, se creó el Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG), a cargo de la Policía Nacional Antinarcóticos, un programa de aspersión aérea con glifosato que se aplicó masivamente en los municipios con mayor presencia de cultivos de coca y actores al margen de la ley (DNP, 2005).

Aunque las aspersiones aéreas con glifosato ya se habían utilizado para combatir el narcotráfico desde los años 70, con la implementación del Plan Colombia se intensificaron su uso. Para minimizar los efectos ambientales de estas actividades, se elaboró un Plan de Manejo Ambiental (PMA) que regulaba el programa del Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG). Este plan se implementó desde finales de 2003<sup>5</sup>, y estableció parámetros fijos que determinaban la cantidad de glifosato que se podía utilizar y el momento para su aplicación, según las condiciones del entorno, incluyendo la velocidad del viento, la probabilidad de lluvia, la humedad del suelo, la temperatura y la altura de no más de 30 metros de las aeronaves (DIRAN, 2020).

A pesar de la existencia del Plan de Manejo Ambiental, con la aplicación del PECIG empezaron a surgir demandas nacionales e internacionales en contra del Estado colombiano por los efectos que el glifosato tenía sobre la población. Para 2005, el colectivo de abogados José Alvear Restrepo presentó una demanda colectiva de más de 1.400 personas afectadas por el herbicida en 58 veredas de Putumayo (CAJAR, 2005). Además, para 2008, Ecuador presentó una demanda internacional ante la Haya por afectaciones a la población en la frontera, demanda que Colombia perdió en 2013 (Cardenas, 2020). Esto generó que para ese mismo año se abriera el debate sobre el uso de este herbicida de forma masiva, produciendo una disminución de su aplicación a menos de la mitad. En 2014, este debate fue estudiado por la Corte Constitucional, que prohibió su uso a partir del año 2015 por los efectos en salud que sufría la población.

Bajo este contexto, el período de estudio de esta investigación se extiende desde 2004, cuando se implementaron los lineamientos y parámetros del PMA para aplicar el programa, hasta 2012, el año previo a la disminución radical de las aspersiones por las denuncias y efectos negativos que tuvo en la población. Como resultado, este trabajo contribuye al debate sobre el uso del glifosato en la lucha contra el narcotráfico, ya que demuestra que las quejas y

---

<sup>5</sup>Resolución 1054 del 30 de septiembre del 2003.

demandas presentadas contra el PECIG coincidieron con la migración forzada de personas de sus territorios debido a las afectaciones del mismo.

## 4. Marco Conceptual

La decisión detrás de un desplazamiento forzado no se debe a una sola razón, sino a la suma de eventos que pueden ocurrir en un territorio que sufre la guerra. Las víctimas tienen que ponderar la disyuntiva entre irse, y enfrentarse a un nuevo contexto; o quedarse y afrontar las consecuencias de hacerlo, ambas opciones bajo situaciones de plena incertidumbre. En este sentido, Ibañez (2008) modela esta decisión como la situación en la que la utilidad esperada del desplazamiento ( $u^D$ ) es mayor que la utilidad esperada de permanecer en el sitio de origen ( $u^P$ ).

$$u^D > u^P \quad (1)$$

Este trabajo busca entender si las aspersiones con glifosato son una variable que afecta la utilidad de permanecer en el sitio de origen. Es decir, se centra en estimar la derivada parcial de las aspersiones ( $g$ ) respecto a la utilidad de quedarse en su hogar.

$$\frac{\partial u^P}{\partial g} \quad (2)$$

No obstante, la forma en la que las aspersiones aéreas pueden afectar esta utilidad no es directa, sino que se da por medio de distintos canales. Primero, se ha demostrado que el glifosato en grandes cantidades concentradas genera problemas de salud como: enfermedades dermatológicas, abortos espontáneos, daños en la salud reproductiva e incluso aumenta la probabilidad de cáncer Linfoma Non-Hodgkins (Camacho & Mejía, 2014; Univalle, 2020; Zhang et al., 2019). Segundo, a nivel económico, además de destruir cultivos lícitos a su paso, produce daños en la fertilidad del suelo y dificulta la germinación de semillas (Bromilow et al., 1996; de et al., 2003; Ruiz-Toledo & Sánchez-Guillén, 2014). Tercero, a nivel ambiental el herbicida tiene efectos de largo plazo en la contaminación de ríos y lagunas, junto con daños a la biodiversidad (Brauman et al., 2011; Cox, 1995; Lajmanovich et al., 2015; Relyea, 2005). Por último, tiene efectos sobre la violencia en los territorios, dado que genera en las guerrillas la necesidad de ratificar su control territorial (Abadie et al., 2014; Reyes, 2014).

De acuerdo con lo anterior, la manera en la que el glifosato afecta la utilidad de permanecer en los territorios se puede describir del siguiente modo:

$$\frac{\partial u^P(h(g), e(g), a(g), s(g))}{\partial g} = \frac{\partial u^P}{\partial h(g)} \frac{\partial h(g)}{\partial g} + \frac{\partial u^P}{\partial e(g)} \frac{\partial e(g)}{\partial g} + \frac{\partial u^P}{\partial a(g)} \frac{\partial a(g)}{\partial g} + \frac{\partial u^P}{\partial v(g)} \frac{\partial v(g)}{\partial g} \quad (3)$$

Donde  $h(g)$  son las condiciones en salud,  $e(g)$  las económicas,  $a(g)$  las ambientales y  $s(g)$  las asociadas a seguridad, todo esto bajo un contexto de exposición a las aspersiones aéreas con glifosato. La aproximación a entender mejor estos canales se presenta en la sección 9.

En resumen, esta investigación se enfoca en medir la magnitud y dirección de  $\frac{\partial u^P}{\partial g}$ , lo que significa que el análisis se limita a los municipios donde se implementó el programa. Por lo tanto, el objetivo no es evaluar el efecto de aplicar o no el programa sobre el desplazamiento forzado, sino medir la relación de cambio al aumentar su intensidad. En la siguiente sección se describe la estrategia empírica utilizada para cuantificar este efecto, que implica medir la intensidad de aspersión y proponer un modelo que relacione la pérdida de utilidad de la población con las aspersiones, utilizando como indicador el número de desplazamientos forzados relacionados con las aspersiones aéreas de glifosato.

## 5. Estrategia Empírica

Para estimar la relación entre el desplazamiento forzado interno y las aspersiones con glifosato, se mide su variación a nivel municipal y mensual. Desagregar a nivel municipal es necesario porque esta era la división al momento de aplicar el programa. Además, se desagrega la información mensualmente para capturar las diferencias en el efecto según la intensidad de la aspersión, ya que el PECIG se aplicaba, máximo, tres meses al año<sup>6</sup>. En consecuencia, la relación se modela mediante la siguiente ecuación.

$$\log(y_{it}) = \alpha + \beta AG_{it-p} + \theta X_{it-p} + \delta_i + \delta_m + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde  $\log(y_{it})$  es el logaritmo de los desplazamientos mensuales<sup>7</sup> en el municipio  $i$  en el mes  $t$  y  $AG_{it-p}$  es la aplicación del programa en ese mismo municipio en un periodo  $p$  previo. Es decir, si  $p = 1$  las aspersiones aéreas se habrían suministrado en el mes justamente anterior. Esto se debe a que no se puede establecer una relación temporal exacta entre los desplazamientos y el período de fumigación, ya que no hay forma de determinar cuál de los dos eventos ocurrió primero. Si el modelo se mantuviera en el mismo período  $t$ , se cometería un error de medición que llevaría a que el coeficiente  $\beta$  tendiera a cero (Angrist & Pischke, 2009). Además, como la decisión de desplazarse no es inmediata, medir el efecto dinámico del programa en el desplazamiento permite conocer la ventana de tiempo en la que las personas tienden a desplazarse después de la aspersión.

La matriz de controles  $X_{it-p}$  contiene variables que influían en la asignación y la aplicación del programa. Estas también se encuentran en el período  $t - p$  debido a que son las variables contextuales que se tenía en cuenta antes y durante el momento de asperjar. En cuanto a

---

<sup>6</sup>Una vez se aplicaba el programa era necesaria una ventana de tiempo de 4 a 6 meses para volver a fumigar.

<sup>7</sup>Se aplicó el método de cuartiles (Stahel, 2013) al logaritmo de los desplazamientos para corregir los casos en donde estos tomen valores iguales a cero. En este link, se encuentra una explicación más detallada: <https://aosmith.rbind.io/2018/09/19/the-log-0-problem/#thinking-about-0-values>.

las variables que afectaban la asignación del programa, se incluyeron variables asociadas a la presencia de grupos armados, principalmente enfocadas en violencia contra la población civil y enfrentamientos contra el ejército. Además, dado que uno de los objetivos fijados del plan era promover el desarrollo económico en los municipios desprotegidos, se utilizó la variable de luminosidad municipal para aproximarse al desarrollo económico, o la falta de este, en cada región (Baugh et al., 2010; Elvidge et al., 1997).

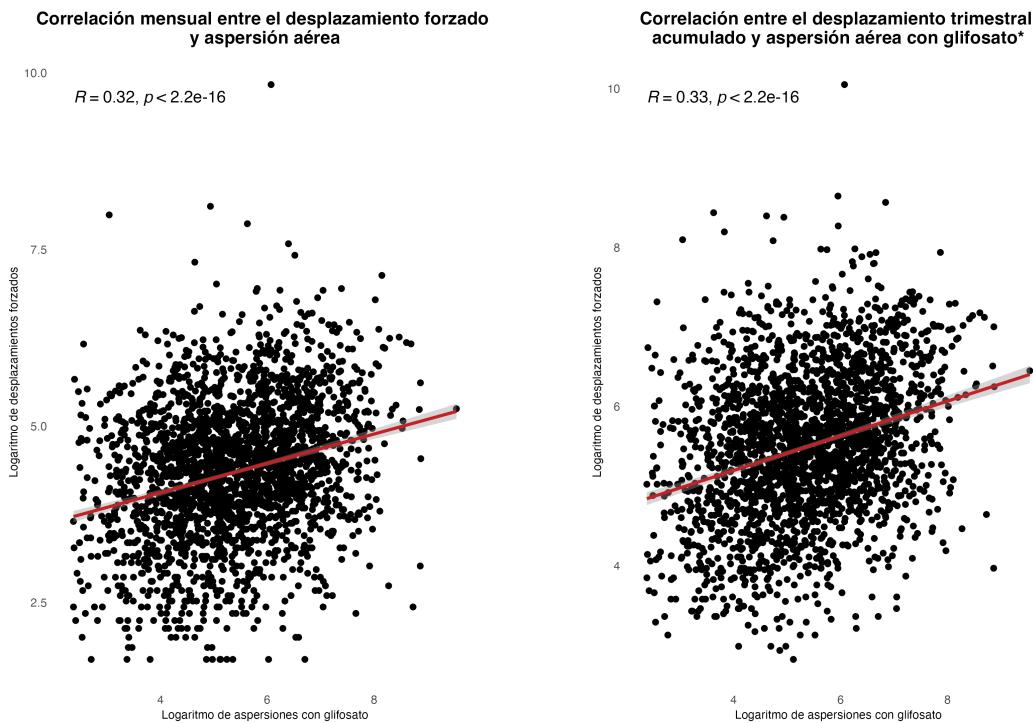
Del mismo modo, existen variables que afectaban directamente la aplicación del programa determinadas por el PMA, por esto se añadió la intensidad de las lluvias como una variable que controla la probabilidad de aspersión. Además, se añadieron los choques de viento municipales, dado que cuando estos eran mayores a un rango de 7,4km/h a 10km/h era prohibida la ejecución del programa. Por lo tanto, esta variable controla los días del mes en donde los vientos eran anormales municipalmente.

Por otro lado, no se incluyeron los cultivos de coca debido a que el objetivo principal del programa era la reducción de estos, lo cual significa que más que ser una variable de control es una variable de resultados, por lo tanto su inclusión podría generar problemas de sesgos en el modelo (Angrist & Pischke, 2009). No obstante, dado que el programa estaba enfocado en las zonas rurales donde se plantaban estos cultivos, se introdujo el uso del suelo como una variable que ayuda a medir los cambios en la vegetación y la presencia de cultivos licitos e ilícitos.

Para controlar la variabilidad sistemática relacionada con factores no observados, se aplican efectos fijos por municipio, año y mes. Los efectos fijos por municipio ( $\delta_i$ ) controlan la heterogeneidad geográfica, como la estructura socioeconómica o características culturales. Los efectos fijos ( $\delta_{t-p}$ ) por año y mes permiten controlar la posible tendencia temporal de la relación entre las variables, paralelamente también controlan la posible estacionalidad en los datos. Al incorporar estos efectos fijos, se diferencian los efectos de las variables explicativas y los factores específicos de cada unidad geográfica y temporal.

Además,  $\varepsilon_{it}$  es el error de regresión de cada municipio y cada mes. Dado que la aspersión solo se podía dar hasta tres veces al año, en el resto de meses no se aplicaba el programa. Esto significa que, en las observaciones hay grupos de observación que no varían a nivel municipal. De este modo, los errores convencionales pueden subestimar la varianza de los coeficientes (Moulton, 1986), por lo tanto, para corregirlos se clusterizaron a nivel municipal.

La figura 3 muestra la posible relación entre el desplazamiento forzado interno y las aspersiones con glifosato. La línea roja representa la medida de ajuste del modelo. La figura indica que hay una correlación positiva tanto para el desplazamiento en el mes siguiente como para el acumulado en los tres meses siguientes. Sin embargo, el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos con Glifosato (PECIG) fue implementado como parte de un acuerdo entre Colombia y Estados Unidos para combatir la guerra interna en Colombia. Dado que el desplazamiento forzado es la violación de derechos humanos a la que más recurren los actores armados en Colombia, al tener en cuenta el contexto de estos municipios, existe un sesgo de selección que podría subestimar la relación existente entre ambas variables.



\*El primer mes de desplazamiento forzado acumulado se cuenta a partir del mes en el que asperjó

Figura 1: Correlación Desplazamiento y Aspersión Aérea con Glifosato

Para comprobar si existe una correlación espacial entre ambas variables, la figura 4 muestra la asociación espacial LISA entre las variables. El color rojo representa los puntos en los que se aglomeró esta correlación de manera fuerte, es decir, donde el desplazamiento fue alto y las aspersiones también. El color azul muestra los puntos donde ambas variables tuvieron un bajo comportamiento. El color azul claro refleja las regiones donde hubo altos niveles de desplazamiento y baja intensidad de aspersión y el color amarillo claro representa el caso contrario. Además, los municipios grises son aquellos donde no hubo correlación significativa entre ambas variables.

En este caso, se observa que la correlación se aglomera en los municipios del sur y nororiente del país, junto con la región del Magdalena Medio, mientras que en el centro del país no se observa ninguna correlación. Esto indica que la dinámica de estas dos variables se concentra en regiones específicas del país que históricamente han estado fuertemente asociadas con el conflicto armado y tienen dinámicas muy diferentes a las de los municipios centrales que no recibieron el programa. Por lo tanto, los municipios donde se aplicó el programa son sistemáticamente diferentes respecto a los que no lo recibieron, lo que implica que esta correlación no se puede considerar como una relación causal.

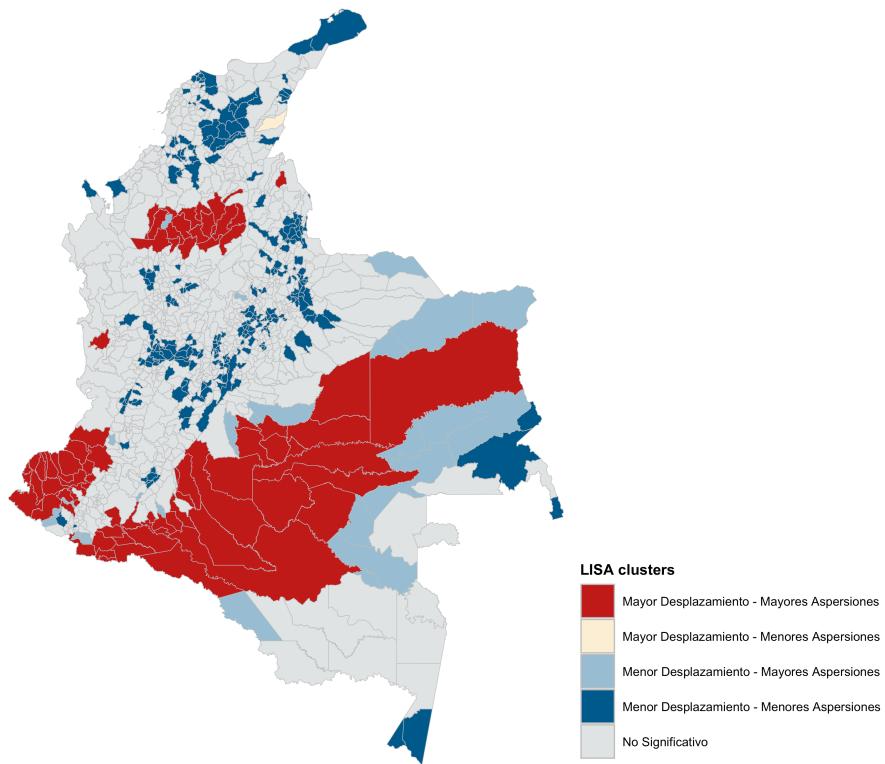


Figura 2: Correlación espacial entre desplazamiento y aspersiones (2004 - 2012)

Para corregir estos problemas de endogeneidad se utiliza un modelo de variables instrumentales que introduce aleatoriedad sobre la probabilidad en la intensidad de aspersión. Para ello, se seleccionó el promedio mensual de la velocidad del viento de cada municipio como instrumento, ya que era una variable determinante en la cantidad de hectáreas asperjadas. De esta manera, el instrumento captura la variación exógena en los cambios en la intensidad del programa de aspersión, en función de las condiciones favorables o desfavorables del viento.

### **5.1. Instrumento: Velocidad del Viento.**

Para cumplir con el Plan de Manejo Ambiental (PMA), la Policía Antinarcóticos contaba con un sistema que proporcionaba información en tiempo real sobre las condiciones climáticas y la densidad de los cultivos de coca en una grilla de 10 km (Rodríguez, 2020). La intensidad de las aspersiones se encontraba condicionada por estas variables contextuales para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos en el PMA (anexo 3). Dentro de estos, se

requería una velocidad del viento menor a 10 km/h<sup>8</sup> para lograr una fumigación precisa, incluso cuando esta no alcanzaba su límite, la aplicación total del programa se encontraba condicionada por esta variable. En consecuencia, la velocidad del viento es un instrumento relevante en la decisión de la intensidad de las aspersión en cada municipio<sup>9 10</sup>.

La Figura 5 muestra los promedios anuales del número de hectáreas asperjadas con glifosato y la velocidad del viento de cada mes a nivel municipal. En ella se puede observar que existe una relación negativa entre ambas variables, es decir, a mayor velocidad del viento, menor es el número de hectáreas asperjadas en cada territorio. De modo que este instrumento permite capturar la variación aleatoria en el cambio de la intensidad de la aspersión en cada municipio derivada de los cambios en la velocidad del viento.

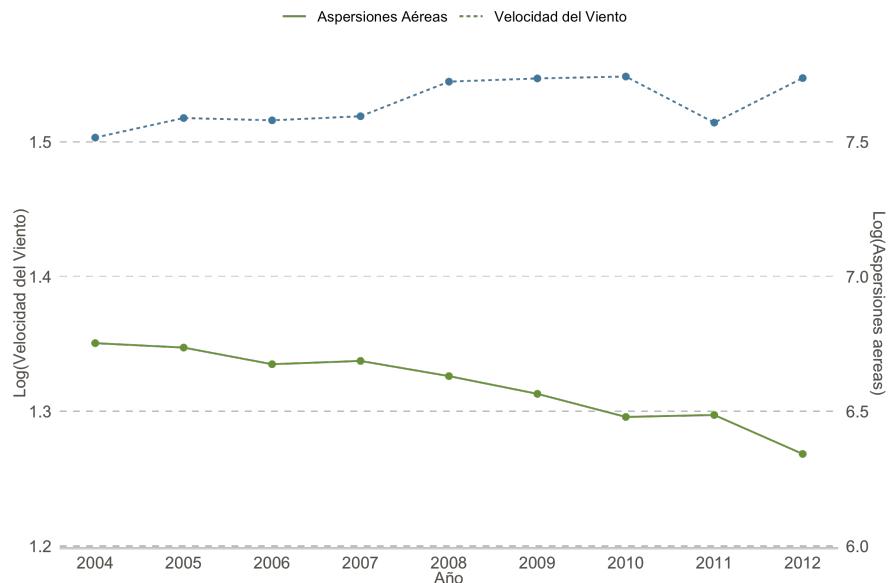


Figura 3: Velocidad del viento y Aspersiones Aéreas municipales en el tiempo

Para construir el instrumento, se utilizó la base de datos RMOBS<sup>11</sup> del portal de datos GES DISC de la NASA. La base cuenta con la información mensual del promedio de velocidad del viento diaria entre las 8 de la mañana y las 5 de la tarde<sup>12</sup>. Además, se encuentra dividida

<sup>8</sup>Esta era la velocidad máxima para las avionetas, en el caso de los helicópteros que eran menos precisos se requería una velocidad del viento menor a 7,4 km/h.

<sup>9</sup>Intensidad contado en términos de número de hectáreas asperjadas por municipio.

<sup>10</sup>Además para pruebas de robustez se utilizaron las bases FLDAS y MERRA2 del mismo portal que estiman la velocidad del tiempo por medio de otros modelos. La base FLDAS fue utilizada porque es la que contiene información con menor número de grados, es decir es más detallada a nivel de grilla.

<sup>11</sup>Además para pruebas de robustez se utilizaron las bases RMBOS y MERRA2 del mismo portal que estiman la velocidad del tiempo por medio de otros modelos. La base FLDAS fue utilizada porque es la que contiene información con menor número de grados, es decir es más detallada a nivel de grilla.

<sup>12</sup>Estas eran las horas a las que se permitía asperjar de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

por pixeles de 0.25x0.25 grados. Esta información se agregó calculando la media mensual de la velocidad del viento de cada municipio ( $V_{it}$ ). La ecuación de la variable instrumental ( $V_{it}$ ) se muestra a continuación:

$$V_{it} = \frac{\sum_{j=1}^n WS_{ij}}{n} \quad (3)$$

Donde  $WS_{ij}$  es la velocidad del viento diaria de cada municipio  $i$  y  $n$  los números de día de cada mes.

## 5.2. Ecuaciones de Estimación

Para corregir el problema de endogeneidad a través de la velocidad del viento como variable instrumental, se utiliza un método de Minimos Cuadrados en Dos Etapas (2SLS). La primera etapa representa la relación entre las aspersiones aéreas con glifosato y la velocidad del viento junto con las demás variables del modelo. Su forma reducida se puede entender del siguiente modo:

$$AG_{it} = \gamma + \phi V_{it} + \omega X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

Donde  $V_{it}$  es la velocidad del viento en el municipio  $i$  en el mes  $t$ . Además  $\phi$  muestra el impacto que tiene el instrumento sobre la variable de interés. Los resultados de la primera etapa se muestran en la tabla 1.

La segunda etapa representada en la ecuación 6 expone la relación entre la variable dependiente y la variable instrumenda estimada ( $\widehat{AG}_{it}$ ) en la primera etapa. Esto quiere decir que el nuevo estimador  $\dot{\beta}$  presenta relación del desplazamiento forzado con las aspersiones aéreas con glifosato corregidas por la variación aleatoria que le impone la velocidad del viento.

$$\log(\dot{y}_{it}) = \dot{\alpha} + \dot{\beta} \widehat{AG}_{it-p} + \dot{\theta} X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \dot{\varepsilon}_{it} \quad (6)$$

Finalmente, la figura 5 muestra que el número de hectáreas asperjadas con glifosato era distinta entre regiones. Por lo tanto, pueden existir efectos heterogéneos en cuanto a la intensidad de la aplicación. La ecuación para estimar estos efectos diferenciados es:

$$\log(\tilde{y}_i) = \delta_d + \tilde{\beta} \widehat{AG}_{it-p} + \tilde{\beta} \widehat{AG}_{it-p} * Int_{jt-p} + \tilde{\theta} X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \delta_{int} + \tilde{\varepsilon}_{it-p} \quad (7)$$

Donde  $\delta_{int}$  son los efectos fijos por quintiles de intensidad de aspersión y  $Int_{jt}$  es una variable binaria que toma valores de 1 por cada quintil. En este caso, el modelo toma como punto de comparación el primer quintil, debido a que así se pueden evaluar que tanto cambia el efecto acorde al aumento en el número de hectáreas asperjadas.

### 5.3. Supuestos de Identificación y Verificación de Validez.

Para corroborar que el instrumento puede ser utilizado dentro del modelo es necesario que se cumplan dos supuestos: la relevancia del instrumento y la restricción de exclusión.

Primero, la relevancia del instrumento significa que la variable de interés, en este caso las aspersiones aéreas con glifosato, debe estar fuertemente correlacionada con el instrumento, la velocidad del viento. La tabla 1, muestra el resultado de la primera etapa de la regresión. Allí se puede notar que la correlación entre la velocidad del viento y las aspersiones aéreas son estadísticamente significativas y con dirección negativa. Esto significa que, a mayor velocidad del viento, menores niveles de aspersión aérea, lo cual es consistente con las condiciones del PMA.

Por otro lado, en la tabla 1 se puede observar que el valor del F estadístico es mayor a 10, lo que sugiere que el instrumento utilizado es fuerte (Stock & Yogo, 2002). Además, al considerar los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación de los errores del modelo, por medio del F estadístico efectivo (Olea & Pflueger, 2013), se muestra que el instrumento pierde un poco de relevancia <sup>13</sup> pero no la suficiente para determinarse como un instrumento débil. Por lo tanto, la velocidad del viento no solo es relevante teóricamente, sino que en los datos también se puede considerar como tal.

Tabla 1: Resultados primera etapa

(a) Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	(1)
Velocidad viento	-168,9*** (46,7)
N	10.180
R2	0,022
F estadístico	17.98
F estadístico efectivo	12.730
Controles	Sí
Efectos Fijos	Sí

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Los errores estándar son robustos y están corregidos por clusters a nivel municipal.

En segundo lugar, la restricción de exclusión implica que el instrumento seleccionado no debe estar relacionado con características no incluidas en el modelo que puedan afectar el

<sup>13</sup>Este tiene un valor de 12.936 y, si bien supera el umbral establecido para la hipótesis nula de que el instrumento no contiene más del 20% del sesgo de los casos más críticos, no logra superar la prueba con un umbral del 10%. Esto sugiere que el instrumento puede contener un cierto grado de sesgo que afecta la precisión de la estimación.

desplazamiento forzado. Esto significa que la variable instrumental no debe estar correlacionada con el término de error. Además, implícitamente se asume que la velocidad del viento solo afecta al desplazamiento forzado a través de las aspersiones aéreas. Esta suposición puede formularse formalmente de la siguiente manera:

$$E[V_{it} \times \tilde{\varepsilon}_{it} | X_{it}] = 0 \quad (8)$$

A pesar de que este supuesto no puede ser testeado directamente, resulta intuitivo que el único canal por medio del cual el viento afecte el desplazamiento forzado sea la aspersión aérea. Cuando el desplazamiento es forzado, debe darse por un motivo propio del conflicto armado, por lo tanto, la velocidad del viento no podría ser una razón válida para registrarse como víctima.

Para confirmar lo anterior, se presenta en la Tabla 2 una comparación de la regresión del desplazamiento forzado y la velocidad del viento en los municipios con cultivos de coca que recibieron el programa y los que no lo recibieron <sup>14</sup>. Aunque estos resultados no establecen una relación causal entre ambas variables, sí indican que en los municipios donde se realizaron las aspersiones aéreas, la correlación del desplazamiento con la velocidad del viento es estadísticamente significativa, mientras que en los municipios donde no se llevó a cabo, no es concluyente. Además, la Tabla 2 confirma que la correlación es negativa, lo cual es coherente con la correlación entre la velocidad del viento y las aspersiones aéreas. Por lo tanto, a partir de los datos, existen indicios de que el instrumento utilizado cumple con la restricción de exclusión.

Tabla 2: Restricción de exclusión

(a) Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	Municipios con Aspersion Aérea	Municipios sin Aspersion Aérea
Velocidad viento	-0,061* (0,0324)	-0,021 (0,0243)
N	10.180	18.657
R2	0,0432	0,0158
Controles	Sí	Sí
Efectos Fijos	Sí	Sí

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Los errores estándar son robustos y están corregidos por clusters a nivel municipal.

<sup>14</sup>El modelo se calculó con las mismas variables del modelo principal. Es decir, la misma matriz de controles aplicadas en ambas etapas de los Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (2SLS) y los mismos efectos fijos de la sección anterior.

## **6. Datos y Estadísticas Descriptivas**

En esta sección se presentan los datos que se utilizaron para estimar los modelos presentados en la estrategia empírica.

### **6.1. Desplazamiento Forzado Interno.**

Para medir el desplazamiento forzado interno se utilizó como fuente el Registro Único de Víctimas (RUV), ya que es la base de datos que mejor documenta el desplazamiento en Colombia<sup>15</sup>. La Unidad de Víctimas, institución responsable del RUV, se creó con la ley 1448 del 2011 con el fin de brindar medidas de atención, asistencia y reparación a las víctimas del conflicto armado. Dicha ley acoge a las personas que hayan sufrido de algún hecho victimizante desde 1985 hasta la actualidad, entre ellas el desplazamiento forzado. Para ser acogidas, las víctimas deben brindar un testimonio detallado de los hechos. Por esta razón, en la base de datos la información puede encontrarse a nivel diario, mensual y anual.

La figura 4 ilustra el desplazamiento forzado a nivel municipal en todo el país durante los años de este estudio. De los 1122 municipios de Colombia 1116 registraron al menos un desplazamiento. Sin embargo, como se puede notar, las intensidades han sido distintas y las mayores magnitudes se concentran regionalmente. Los territorios más afectados se identifican en la franja del sur del país (Nariño, Guaviare, Putumayo, Caquetá, Meta); la región del litoral pacífico (Cauca, Valle del Cauca, Chocó); el magdalena medio (Santander, Antioquía, Cesar) y la frontera con Venezuela (La Guajira, Norte de Santander y Vichada).

De la misma manera, la figura 4 muestra que el rango del último quintil se encuentra entre 4.157 hasta 107.137 desplazamientos. Esto significa que existen municipios donde la magnitud de este hecho victimizante fue diferencialmente masiva respecto a todo el país. El municipio más afectado es Buenaventura; seguido de Tumaco con 87.943 desplazamientos registrados; Medellín con 74.098; Santa Marta con 43516; y Tame con 40312. Todos estos municipios, junto con los que estuvieron tres desviaciones estandar por encima del promedio, fueron tomados como outliers dentro del modelo<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup>En los datos sobre violaciones a derechos humanos son notorios los problemas de subregistro, debido a que existen múltiples causas por las que una víctima no se documenta, desde razones de seguridad hasta dificultades burocráticas. Para mitigar eso, la Comisión de la Verdad (2022) recogió más de 112 bases de datos, y publicó estimaciones estadísticas del rango en el que puede encontrarse el número real de víctimas para cinco violaciones a derechos humanos, incluyendo desplazamiento. Como resultado, se estableció que el Registro Único de Víctimas es la única base representativa de datos sobre desplazamiento forzado en Colombia. Por lo tanto, esta es la mejor fuente disponible para medir el número de hechos ocurridos.

<sup>16</sup>Los outliers en el modelo fueron excluidos porque afectaban las estimaciones.

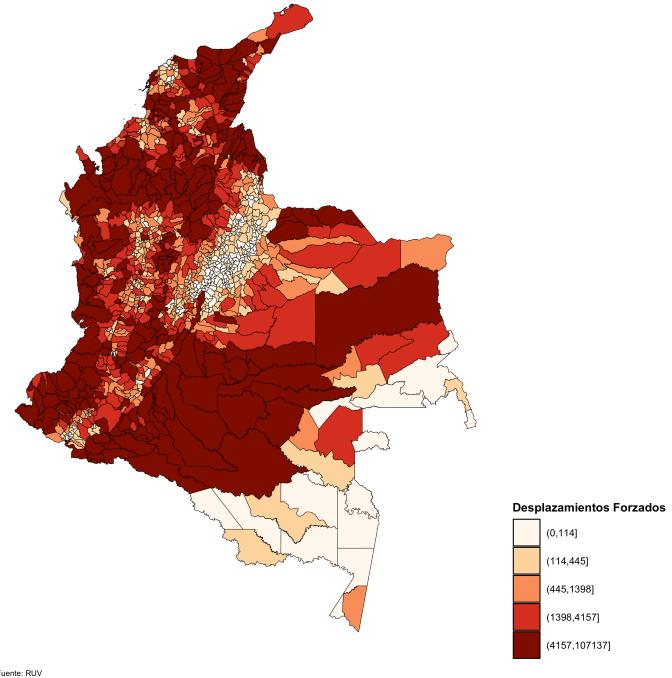


Figura 4: Hechos de desplazamiento forzado a nivel municipal en Colombia (2004 - 2012)

### 6.3. Aspersiones Aéreas con Glifosato

Los datos utilizados en este estudio fueron proporcionados por la Dirección de Antinarcóticos de la Policía (DIRAN) y consistieron en mediciones mensuales de la cantidad de hectáreas asperjadas con glifosato a nivel municipal. Durante el período de interés que abarca desde 2004 hasta 2012, se asperjaron un promedio de 120,000 hectáreas cada año. Como se muestra en la Figura 5, el programa se concentró principalmente en el sur del país, la región del Pacífico, el Magdalena Medio y en áreas cercanas a la frontera con Venezuela. Además, esta figura sugiere que la distribución geográfica del programa coincide en gran medida con las zonas que experimentaron un mayor desplazamiento poblacional.

Al igual que con el desplazamiento, hubo municipios donde la aspersión fue desproporcionalmente mayor respecto al promedio de la aplicación del programa. La mayoría de estos municipios se encuentran entre Nariño y Guaviare. Por ejemplo, municipios como Tumaco se alcanzaron a asperjar hasta 100.182 hectáreas entre 2004 y 2012; en Magüí 65.798; en San José del Guaviare 59.358; en Nariño 54.767; y el Charco 50.852. Esto es muestra que la aplicación del programa fue heterogénea de acuerdo a cada región.

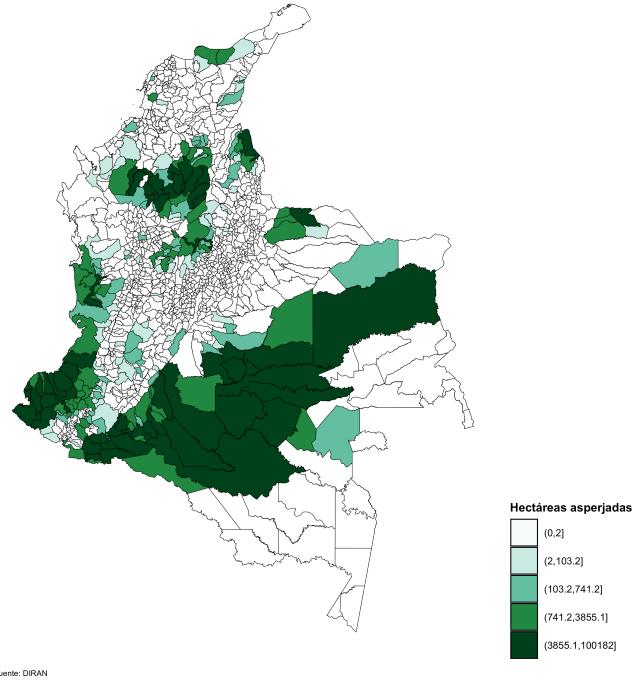


Figura 5: Aspersiones Aéreas municipales en Colombia (2004 - 2012)

### 6.3. Controles

Para incluir los controles basados en violencia, se utilizaron otras violaciones a derechos humanos dentro del Registro Único de Víctimas. Además, se complementó con información del Centro Nacional de Memoria Histórica. Es importante resaltar que estas variables presentan problemas de subregistro, por lo que no es correcto asumir que representan completamente la violencia de cada municipio.

En cuanto a las variables espaciales relacionadas con el programa, se utilizaron los datos de la frecuencia de las lluvias y la variación del uso del suelo del conjunto (Huete et al., 2002) de datos DISC de la NASA. Para medir la luminosidad, se emplearon los datos diarios proporcionados por el Earth Observation Group del Instituto de Política Pública de Payne. Por último, para medir los choques de viento a nivel municipal, se utilizaron los mismos datos que en el instrumento, pero se contabilizó el número de días en los que el viento fue anómalo tomando en cuenta su estacionalidad<sup>17</sup>. Todas estas variables se encontraban a nivel de píxel, por lo que se promediaron los píxeles que conformaban cada municipio y se calculó la media mensual para cada uno de ellos.

<sup>17</sup> Esta medición tiene en cuenta la variación en el uso del suelo de acuerdo a imágenes que día a día proporcionan tamaño y las características de la vegetación.

## 7. Resultados

El objetivo de este trabajo es mostrar la relación entre el desplazamiento forzado en Colombia y las aspersiones aéreas con glifosato. La tabla 3 muestra los resultados de tres modelos aplicados para responder a la pregunta de cuál es el efecto de la aplicación del PECIG en el desplazamiento del mes siguiente. La columna (1) expone la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Esta indica que existe una correlación condicionada positiva y estadísticamente significativa entre los desplazamientos forzados y las aspersiones aéreas. Sin embargo, esta relación puede asumirse como causal. La columna (2) refleja lo resultados de la segunda etapa del método de Variables Instrumentales (IV), sin introducir las variables de control que afectaban la ejecución del programa. Este efecto no es estadísticamente significativo. No obstante, al introducir los controles en la columna (3) sobre el IV, el efecto es mayor, y significativo. Lo anterior significa que al controlar por variables relacionadas con violencia, desarrollo económico y las condiciones ambientales, se captura el efecto neto de la razón de cambio entre el número de hectáreas asperjadas y los desplazamientos forzados en el mes siguiente.

Tabla 3: Relación entre aspersiones aéreas y desplazamientos forzados

(a) Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	(1)	(2)	(3)
Aspersiones Aéreas con Glifosato	0,0065*** (0,000024)	0,004 (0,000237)	0,0359* (0,000191)
N	10.180	10.180	10.180
Controles	Sí	No	Sí
Efectos Fijos	Sí	Sí	Sí

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Los errores estándar son robustos y están corregidos por clusters a nivel municipal.

La tabla 3 expone que la relación entre ambas variables es consistentemente positiva, es decir, a mayor cantidad de hectáreas asperjadas, mayor número de desplazamientos en el mes siguiente. En la columna (3) se observa la relación causal entre ambas variables, mostrando que ante el aumento de una hectárea adicional asperjada, el desplazamiento en el mes siguiente aumenta en un 0,03%. Este efecto parece ser pequeño, sin embargo, la aplicación del programa fue masiva y existen municipios que alcanzaron niveles de aspersión de hasta 7.000 hectáreas en un mes. En otras palabras, 100 hectáreas fumigadas adicionales implicaban un crecimiento en el desplazamiento de 3,6% respecto a los meses en los que no se asperjó en los municipios que hacían parte del programa.

Ahora bien, la decisión de desplazarse no puede asumirse como inmediata: esta podía tomarse en una ventana de tiempo más amplia que el mes siguiente. Por lo tanto, la figura 6 muestra la

relación dinámica en el tiempo que podía tener el programa sobre el desplazamiento forzado. Esta figura muestra el efecto mensual de las aspersiones sobre el desplazamiento forzado en un período de cuatro meses después de la aplicación del programa. La razón por la que se escogió esta ventana de tiempo es que la re-aplicación del programa se daba entre cuatro y seis meses después de fumigar, dependiendo de las condiciones ambientales de cada municipio. Además, se añadieron dos períodos anteriores como efecto placebo para confirmar que el efecto sobre el desplazamiento no existe antes de la aspersión.

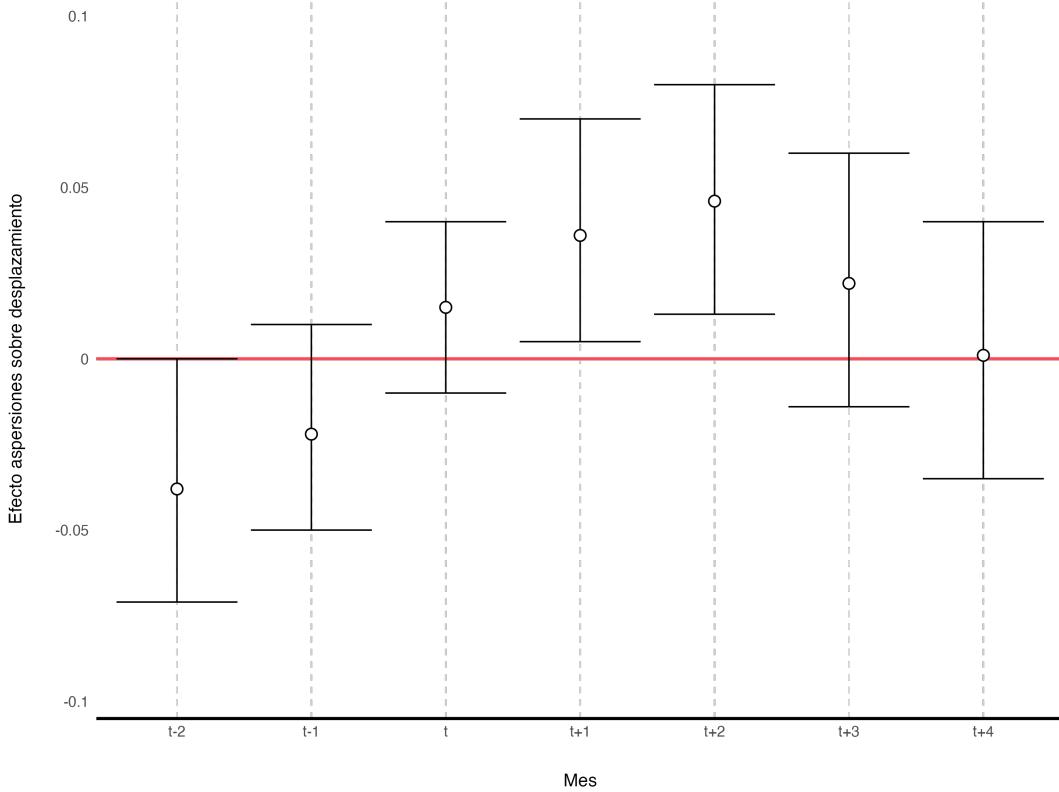


Figura 6: Correlación Desplazamiento y Aspersión Aérea con Glifosato

Los resultados muestran que el efecto sobre el desplazamiento es significativo en el mes siguiente y dos meses después de la aplicación del programa. En este caso, en el período  $t + 2$  es incluso mayor que el presentado anteriormente. La estimación indica que ante un aumento 100 hectáreas asperjadas el desplazamiento forzado aumentaba en un 4,6%. Sin embargo, para el resto de meses no existe una relación estadísticamente significativa. Esto quiere decir que la relación es significativa en el corto plazo. Además, para los meses anteriores a la aplicación del programa no existe ningún tipo de relación. Si bien esto muestra que no hay efectos de desplazamiento anticipado al programa, principalmente refleja que el modelo está capturando un efecto consistente después de la aplicación del programa. Finalmente, en el periodo  $t$  no

se espera que exista un nivel estadísticamente significativo, dado que para este periodo se presentan errores de medición al no reconocer cuál de los dos eventos ocurre primero.

Considerando que los efectos son dinámicos en el corto plazo, en la tabla 4 se tomó el número de desplazamientos acumulados de los tres meses siguientes a la aspersión como variable dependiente, para determinar un efecto trimestral. Al igual que en la tabla 1, la columna (1) muestra que estimando la correlación por MCO el efecto es estadísticamente significativo y positivo. En la columna (2) al aplicar el método de Variables Instrumentales sin controles la relación pierde significancia. Sin embargo, en la columna (3) añadiendo los controles, la relación es positiva y significativa, indicando que ante el aumento de 100 hectáreas asperjadas, el desplazamiento trimestral aumenta en un 3,9%.

Tabla 4: Relación entre aspersiones aéreas y desplazamientos forzados acumulados tres meses después de la aplicación del programa

(a) Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	(1)	(2)	(3)
Aspersiones Aéreas con Glifosato	0,005*** (0,00002)	-0,006 (0,00024)	0,039* (0,00021)
N	10.180	10.180	10.180
Controles	Sí	No	Sí
Efectos Fijos	Sí	Sí	Sí

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Los errores estándar son robustos y están corregidos por clusters a nivel municipal.

## 7.1. Efectos Heterogéneos

La aplicación del programa se presentó en volúmenes muy distintos. La figura 5 muestra que durante el periodo de interés hubo municipios donde se fumigaron desde 103 hectáreas en estos 8 años, hasta municipios cuyo volumen de aspersión alcanzaron las 100.000 hectáreas asperjadas. Esto indica que pueden existir efectos diferenciados del PECIG sobre el desplazamiento forzado en las regiones, pues es intuitivo que dado los efectos adversos del glifosato, la exposición al herbicida en mayor nivel podía producir mayores niveles de desplazamiento forzado en las regiones.

De este modo, la figura 7 muestra el efecto diferenciado de los municipios que recibieron en mayor cantidad el programa. Es decir, se organizó la muestra de acuerdo a quintiles de aspersión municipal durante todo el programa y se estimó el modelo mostrado en la ecuación 7 tomando como base los municipios del primer cuartil. Los resultados indican que los efectos heterogéneos no son concluyentes, sin embargo, el valor estimado es consistentemente positivo para todos los quintiles. Esto indica que si bien la diferencia en los efectos no es estadísticamente significativa podría existir un efecto mayor en los quintiles más altos.

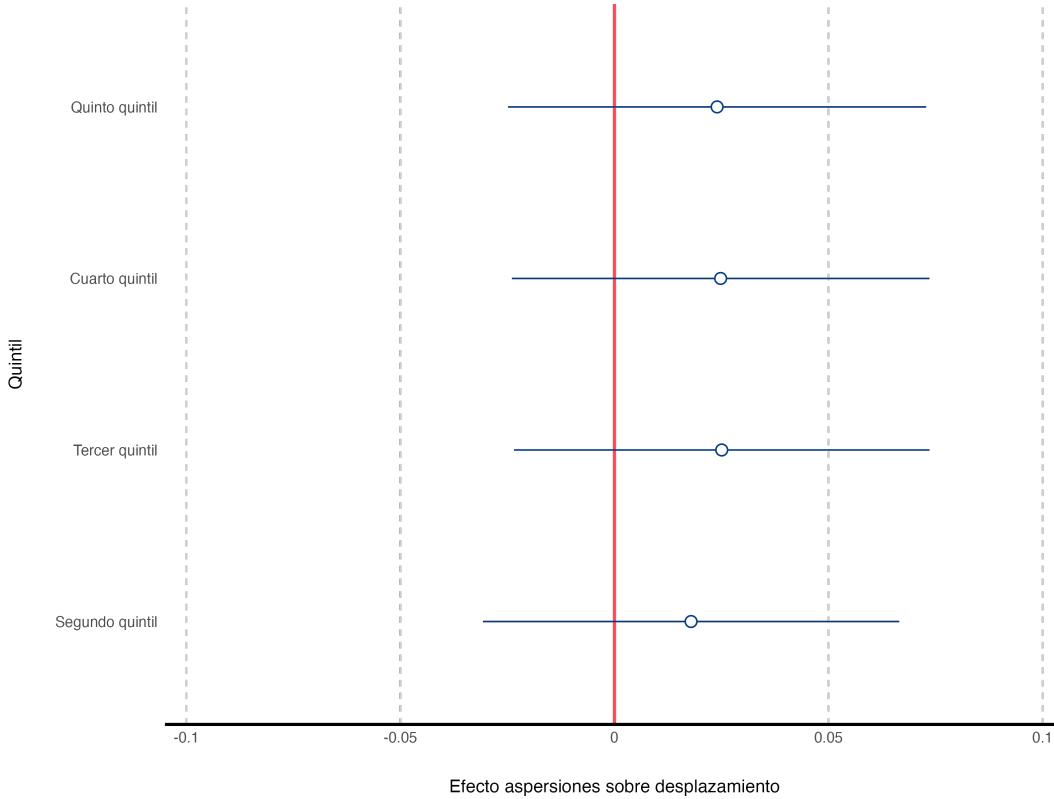


Figura 7: Efectos Heterogéneos por Quintiles de Aspersión

Por otro lado, el programa estaba enfocado en erradicar los cultivos de coca, sin embargo, no necesariamente los sitios de mayor aspersión eran donde se concentraba más cultivos. Esto significa que en ciertos territorios el programa se dio de forma más intensa en relación a la erradicación de cultivos. Esto pudo haber producido efectos diferenciados sobre el desplazamiento debido a que la relación entre cultivos y aspersiones pudo haber generado un impacto mayor sobre los territorios donde se presentaba mayor presencia de conflicto armado. Por lo tanto para medir los efectos heterogéneos es necesario tener en cuenta cuatro niveles distintos como lo muestra la tabla 5. Primero, los municipios donde hubo altos niveles de aspersión y altos niveles de coca <sup>18</sup>, estos son los municipios donde se concentró más el programa y que se encuentran en su mayoría en la zona del sur del país. Segundo, los municipios con altos niveles de coca pero bajos niveles de aspersión, estos son en su mayoría municipios de la zona fronteriza con Venezuela. Además, están los municipios con altos niveles de aspersión y bajos cultivos de coca que corresponden principalmente al magdalena medio. Por último, están los municipios con bajos niveles de aspersión y bajos niveles de coca que se localizan en su mayoría en la zona central del país.

<sup>18</sup>Los niveles de aspersión y de coca se definen como altos y bajos de acuerdo a si están por encima o por debajo de la media.

Tabla 5: Efectos Heterogéneos Cultivos de coca y Aspersión

	Aspersiones aerás	
Cultivos de Coca	Alto - Alto	Alto - Bajo
	Bajo - Alto	Bajo - Bajo

En este sentido, la figura 8 muestra los efectos heterogéneos de acuerdo a los diferentes niveles de aspersión mostrados en la tabla 5. La categoría que se toma como base es la de bajos niveles de coca y de aspersión. La figura muestra que no existe ningún efecto que sea estadísticamente significativo. Sin embargo, es destacable la dirección de los efectos, el efecto diferenciado entre los municipios con altos niveles de coca y aspersión son menores que los de los bajos niveles de coca y aspersión. Esto sugiere que en los municipios donde se asperjó menos y se presentaba más coca sufrió menos desplazamiento. Al contrario, los municipios con bajos niveles de coca pero alta aspersión tiene un signo positivo lo que sugiere que sufrieron de mayores niveles de desplazamiento. Esto se puede deber a los efectos adversos del programa en términos de violencia, debido a que se ha mostrado que donde se aplicó el programa con mayor intensidad el conflicto se acrecentó (Abadie et al., 2014; Reyes, 2014).

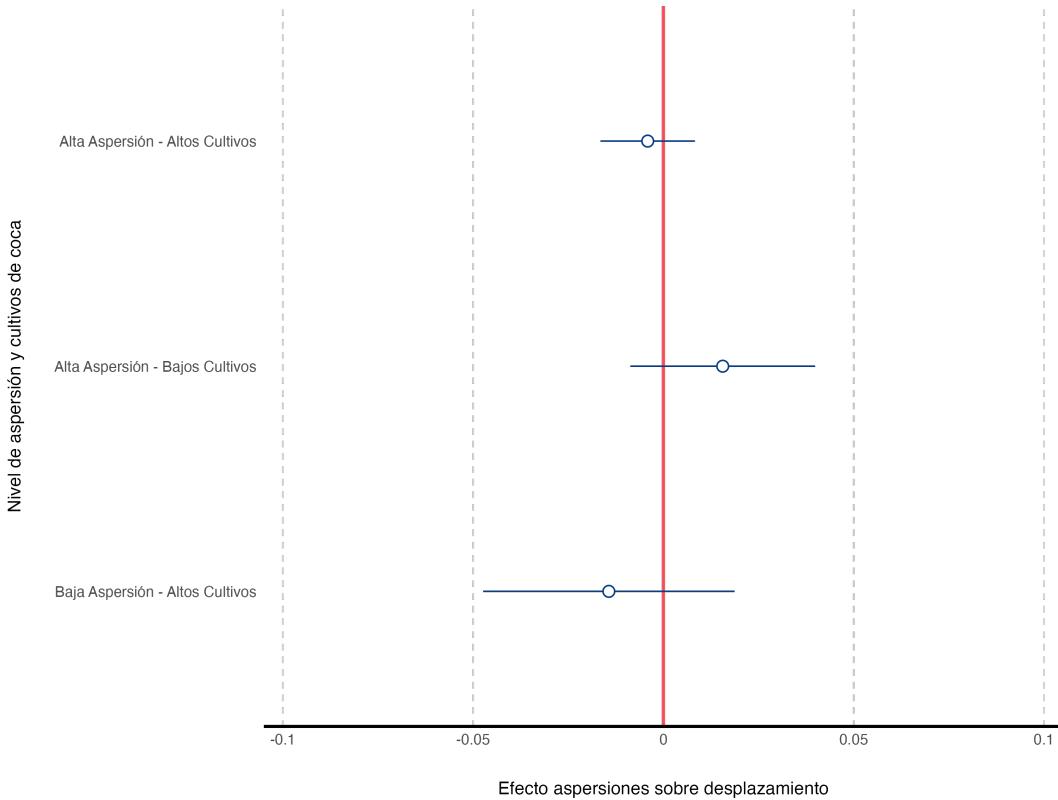


Figura 8: Efectos Heterogéneos por niveles de cultivos de coca y aspersión

## Referencias

- Abadie, A., Acevedo, M. C., Kugler, M., & Vargas, J. (2014). *Inside the war on drugs: Effectiveness and unintended consequences of*. Cambridge, MA: Harvard University. Unpublished Manuscript.
- Acemoglu, D., Fergusson, L., Robinson, J., Romero, D., & Vargas, J. F. (2020). The Perils of High-Powered Incentives: Evidence from Colombia's False Positives. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(3), 1-43. <https://doi.org/10.1257/pol.20180168>
- Angrist, J. D., & Kugler, A. D. (2008). Rural Windfall or a New Resource Curse? Coca, Income, and Civil Conflict in Colombia. *The Review of Economics and Statistics*, 90(2), 191-215. <https://doi.org/10.1162/rest.90.2.191>
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton university press.
- Arjona, A. (2016). *Rebelocracy*. Cambridge University Press.
- Ballentine, K., & Nitzschke, H. (2003). Beyond greed and grievance: Policy lessons from studies in the political economy of armed conflict. *Security and Development: Investing in Peace and Prosperity*, 164.
- Ballvé, T. (2012). Everyday state formation: territory, decentralization, and the narco landgrab in Colombia. *Environment and Planning D: Society and Space*, 30(4), 603-622.
- Bandiera, A. (2021). Deliberate displacement during conflict: Evidence from Colombia. *World Development*, 146, 105547.
- Baugh, K., Elvidge, C. D., Ghosh, T., & Ziskin, D. (2010). Development of a 2009 stable lights product using DMSP-OLS data. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 30(0), 114.
- Brauman, K., Flörke, M., Mueller, N., & Foley, J. (2011). Widespread Occurrence of Glyphosate and its Degradation Product (AMPA) in US Soils, Surface Water, Groundwater, and Precipitation, 2001-2009. *AGU Fall Meeting Abstracts*, 2011, H44A-08.
- Bromilow, R. H., Evans, A. A., Nicholls, P. H., Todd, A. D., & Briggs, G. G. (1996). The effect on soil fertility of repeated applications of pesticides over 20 years. *Pesticide Science*, 48(1), 63-72.
- CAJAR. (2005). Impacto de las fumigaciones Aereas Con Glifosato en el Putumayo. En CAJAR. <https://www.colectivodeabogados.org/impacto-de-las-fumigaciones-aereas-con-glifosato-en-el-putumayo/>
- Camacho, A., & Mejía, D. (2014). Consecuencias de la aspersión aérea en la salud: evidencia desde el caso colombiano. *Costos Económicos y Sociales del Conflicto en Colombia:?' Cómo construir un posconflicto sostenible*, 117-138.
- Cardenas, F. (2020). Caso Ecuador C. Colombia: Aspersiones de Glifosato en la Frontera: Derecho Internacional Ambiental, Lucha contra el Terrorismo y Negociación. *Casos de América Latina ante la Corte Internacional de Justicia. Fronteras, conflictos armados, derechos humanos y medio ambiente*. Manuel Becerra Ed. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
- Chávez-Plazas, Y. A., & Bohórquez-Bohórquez, M. C. (2011). Desplazamiento forzado y

- reconfiguraciones familiares: una mirada a la situación de madres solteras adolescentes en Soacha. *PROSPECTIVA. Revista de Trabajo Social e Intervención Social*, 289-304.
- CNMH. (2015). *Una Nación Desplazada: Informe Nacional del Desplazamiento forzado en Colombia*. Centro Nacional de Memoria Histórica.
- Comisión de la Verdad, I. F. (2022). Hasta la guerra tiene límites. En *Informe Final - Comisión de la Verdad*. <https://www.comisiondelaverdad.co/hasta-la-guerra-tiene-lmites>
- Cornell, S. E. (2005). Narcotics, radicalism, and armed conflict in Central Asia: the Islamic movement of Uzbekistan. *Terrorism and Political Violence*, 17(4), 619-639.
- Cox, C. (1995). Glyphosate. 2. Human exposure and ecological effects. *Journal of pesticide reform: a publication of the Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides (USA)*.
- Crisp, J. (2010). Forced displacement in Africa: Dimensions, difficulties, and policy directions. *Refugee Survey Quarterly*, 29(3), 1-27.
- Czaika, M., & Kis-Katos, K. (2009). Civil conflict and displacement: Village-level determinants of forced migration in Aceh. *Journal of peace research*, 46(3), 399-418.
- de, M., Peres, T. B., Andrea, Luchini, L. C., Bazarin, S., Papini, S., Matallo, M. B., & Savoy, V. L. T. (2003). Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 1329-1335.
- Deacon, H., Görgens, M., et al. (2019). *Forced to leave: Determinants of slow-onset displacement in Colombia*. JSTOR.
- DIRAN. (2020). Modificación del Plan de Manejo Ambiental para el Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aerea. En *DIRAN*. <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2020-05/267042020%20Capitulo%202%20-%202.3%20Plan%20de%20Manejo%20Amb%20iental%20General.pdf>
- DNP. (2005). *Balance Plan Colombia 1999 – 2005*. [https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/justicia%20seguridad%20y%20gobierno/bal\\_plan\\_col\\_espanol\\_final.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/justicia%20seguridad%20y%20gobierno/bal_plan_col_espanol_final.pdf)
- Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., & Davis, E. R. (1997). Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(6), 727-734.
- Fergusson, L. (2017). *Who wants violence? The political economy of conflict and state building in Colombia* (Documentos CEDE N.º 015890). Universidad de los Andes â€“ Facultad de Economía â€“ CEDE. <https://ideas.repec.org/p/col/000089/015890.html>
- Gaviria, A., & Mejia, D. (2011). *Políticas antidroga en Colombia: éxitos, fracasos y extravíos*. Universidad de los Andes.
- Grajales, J. (2017). *Land grabbing, legal contention and institutional change in Colombia*. 75-94.
- Griffiths, M. (2020). Affect and Displacement. En P. Adey, J. C. Bowstead, K. Brickell, V. Desai, M. Dolton, A. Pinkerton, & A. Siddiqi (Eds.), *The Handbook of Displacement* (pp. 99-107). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47178-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47178-1_7)
- Gutiérrez, J. A., & Thomson, F. (2020). Rebels-turned-narcos? The FARC-EP's political involvement in Colombia's cocaine economy. *Studies in Conflict & Terrorism*, 44(1), 26-51.
- Gutiérrez-Sanín, F., & Wood, E. J. (2017). What Should We Mean by «Pattern of Political Violence»? Repertoire, Targeting, Frequency, and Technique. *Perspectives on Politics*,

- 15(1), 20-41. <https://doi.org/10.1017/S1537592716004114>
- Hammar, A. (2020). Displacement Economies: A Relational Approach to Displacement. En P. Adey, J. C. Bowstead, K. Brickell, V. Desai, M. Dolton, A. Pinkerton, & A. Siddiqi (Eds.), *The Handbook of Displacement* (pp. 67-77). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-47178-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-47178-1_4)
- Huete, D., K, M., T, R., E.P, G., & X, F. (2002). *Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.* 83, 195-213. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Ibañez, A. (2008). *El Desplazamiento Forzoso en colombia: Un camino sin retorno hacia la pobreza.* Universidad de los Andes, Colombia.
- Ibáñez, A. M., & Vélez, C. E. (2008). Civil conflict and forced migration: The micro determinants and welfare losses of displacement in Colombia. *World Development*, 36(4), 659-676.
- ICG. (2022). Bosques Caídos: Deforestación y conflicto en Colombia. En *Crisis Group*. <https://www.crisisgroup.org/es/latin-america-caribbean/andes/colombia/091-broken-canopy-deforestation-and-conflict-colombia>
- IDMC. (2022). En *IDMC*. <https://www.internal-displacement.org/>
- Kalyvas, S. N. (2006). *The logic of violence in civil war.* Cambridge University Press.
- Lajmanovich, R. C., Attademo, A. M., Simonello, M. F., Poletta, G. L., Junges, C. M., Peltzer, P. M., Grenón, P., & Cabagna-Zenklusen, M. C. (2015). Harmful effects of the dermal intake of commercial formulations containing chlorpyrifos, 2, 4-D, and glyphosate on the common toad *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae). *Water, Air, & Soil Pollution*, 226, 1-12.
- Lozano-Gracia, N., Piras, G., Ibáñez, A. M., & Hewings, G. J. (2010). The journey to safety: conflict-driven migration flows in Colombia. *International Regional Science Review*, 33(2), 157-180.
- Mejía, D. (2016). Plan Colombia: an analysis of effectiveness and costs. *Foreign Policy at Brookings*, 17.
- Mercille, J. (2011). Violent narco-cartels or US hegemony? The political economy of the «war on drugs» in Mexico. *Third World Quarterly*, 32(9), 1637-1653.
- Mier, R. E. L. (2015). Degradación medioambiental como consecuencia del conflicto armado en Colombia. *Legem*, 3(1), 59-70.
- Monteleone, C. (2016). Do terrorism, organized crime (drug production), and state weakness affect contemporary armed conflicts? An empirical analysis. *Global Change, Peace & Security*, 28(1), 35-53.
- Moore, W. H., & Shellman, S. M. (2006). Refugee or internally displaced person? To where should one flee? *Comparative Political Studies*, 39(5), 599-622.
- Moulton, B. R. (1986). Random group effects and the precision of regression estimates. *Journal of econometrics*, 32(3), 385-397.
- Olea, J. L. M., & Pflueger, C. (2013). A robust test for weak instruments. *Journal of Business & Economic Statistics*, 31(3), 358-369.
- Relyea, R. A. (2005). The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological applications*, 15(2), 618-627.
- Rettberg, A., Nasi, C., Leiteritz, R. J., & Prieto, J. D. (2018). ?' Diferentes recursos, conflictos

- distintos?: La economía política regional del conflicto y la criminalidad en Colombia.* Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes.
- Revkin, M. R. (2021). Competitive Governance and Displacement Decisions Under Rebel Rule: Evidence from the Islamic State in Iraq. *Journal of Conflict Resolution*, 65(1), 46-80. <https://doi.org/10.1177/0022002720951864>
- Reyes, L. C. (2014). Estimating the causal effect of forced eradication on coca cultivation in Colombian municipalities. *World Development*, 61, 70-84.
- Rodríguez, C. (2020). *Efecto de la aspersión aérea de cultivos de hoja de coca en el trabajo infantil, la asistencia a la escuela y el rezago escolar en Colombia, 2008-2012*.
- Ruiz-Toledo, J., & Sánchez-Guillén, D. (2014). Efecto de la concentración de glifosato presente en cuerpos de agua cercanos a campos de soya transgénica sobre la abeja Apis mellifera y la abeja sin aguijón Tetragonisca angustula. *Acta zoológica mexicana*, 30(2), 408-413.
- RUV. (2022). En *Unidad para las Víctimas*. <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/registro-unico-de-victimas-ruv/37394>
- Stahel, W. (2013). *Statistische Datenanalyse: Eine Einführung für Naturwissenschaftler*. Springer-Verlag.
- Steele, A. et al. (2007). *Massive civilian displacement in civil war: assessing variation in Colombia*. Households in Conflict Network.
- Steele, A. (2011). Electing displacement: political cleansing in Apartadó, Colombia. *Journal of Conflict Resolution*, 55(3), 423-445.
- Steele, A. (2019). Civilian resettlement patterns in civil war. *Journal of peace research*, 56(1), 28-41.
- Stock, J. H., & Yogo, M. (2002). *Testing for weak instruments in linear IV regression*. National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA.
- Turkoglu, O. (2022). Look who perpetrates violence and where: Explaining variation in forced migration. *Political Geography*, 94, 102558.
- Univalle, A. de N. (2020). Efectos Negativos del Glifosato en la salud reproductiva - universidad del valle / cali, Colombia. En *Universidad del Valle*. Universidad del Valle / Cali, Colombia. <https://www.univalle.edu.co/lo-que-pasa-en-la-u/efectos-negativos-del-glifosato-en-la-salud-reproductiva/>
- Wachter, K., & Gulbas, L. E. (2018). Social support under siege: An analysis of forced migration among women from the Democratic Republic of Congo. *Social Science & Medicine*, 208, 107-116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.04.056>
- Yonda, L. (2021). Aspersiones Aéreas: Poco Efectivas y Nocivas para el campesinado. En *Colombia Informa*. <https://www.colombiainforma.info/aspersiones-aereas-poco-efectivas-y-nocivas-para-el-campesinado/>
- Zhang, L., Rana, I., Shaffer, R. M., Taioli, E., & Sheppard, L. (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: a meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 781, 186-206.
- Zuleta, H., & Ferro, T. M. (2017). *Coca, cocaína y narcotráfico*. Universidad de los Andes.

## Anexos

### Anexo 1: Derecho de petición para establecer el número de desplazados registrados con fumigación aérea con glifosato como causa.

F-OAP-018-CAR

Al contestar por favor cite estos datos:  
Radicado No.: 201410019513301  
Fecha: 11/18/2014 2:11:52 PM

VALORACIÓN DEL HECHO DE DESPLAZAMIENTO FORZADO CON OCASIÓN A LA FUMIGACIÓN DE CULTIVOS ILICITOS

La Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas en cumplimiento de lo establecido en el artículo 258 de la Ley 5 de 1992 y por virtud de la proposición No. 42 de 2014, en la cual se cuestiona acerca del número de "victimas del desplazamiento se deben a la fumigación de cultivos ilícitos" cuantificadas por "departamentos y municipios" informa lo siguiente de manera clara, precisa y concisa.

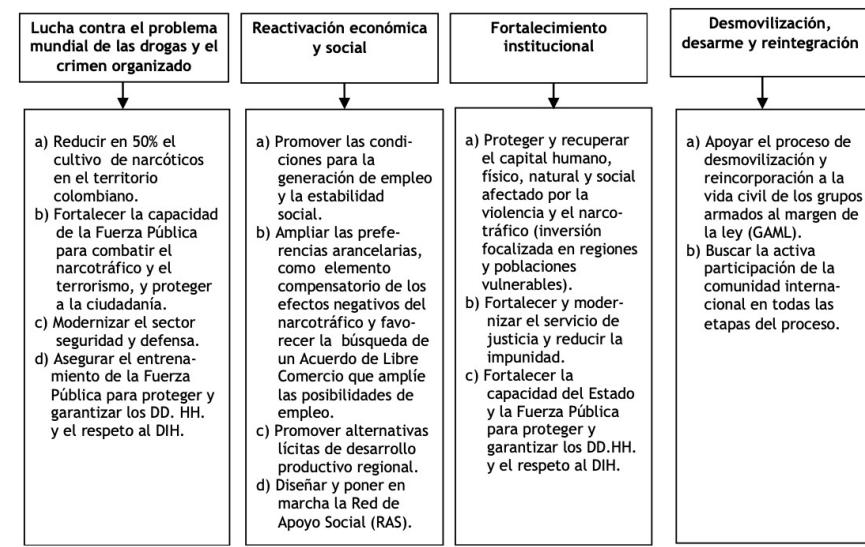
Tabla 1 Víctimas de desplazamiento forzado ocasionado por fumigaciones de cultivos ilícitos incluidas en el Registro Único de Víctimas (RUVC)

Tipo de desplazamiento	Incluido
Individual	551
Masivo	8.604
Total general	9.155

Fuente: Construcción Propia, información proceso de Registro

Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas - [www.unidadavictimas.gov.co](http://www.unidadavictimas.gov.co)  
Línea gratuita nacional: 018000 91 11 19 - Bogotá: 426 1111  
PBX: (571) 796 5150 - Oficina principal: Calle 16 No. 6 - 66 Piso 19 - Bogotá - Colombia  
Recepción de correspondencia: Carrera 100 No. 24D - 55

## Anexo 2: Componentes del Plan Colombia.



Fuente: DNP - DJS

### Anexo 3: Condiciones para aplicar el PECIG

Parámetros técnicos de aspersión aérea con avión		Parámetros técnicos de aspersión aérea con helicóptero	
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Altura de aplicación máxima permitida	Máximo de 30 m	Altura de aplicación máxima permitida	Hasta 30 m
Descarga máxima de glifosato	10 l/ha	Descarga máxima de glifosato	10 l/ha
Descarga máxima de mezcla	30 l/ha	Descarga máxima de mezcla	30 l/ha
Coadyuvante (aceite mineral)	1% del volumen total de la mezcla	Deriva Permisible	< 10 m
Agua	19,7 l/ha. – 65,7% de la mezcla	Temperatura Máxima	35° C
Tamaño de gota	120 - 330 micras	Velocidad Máxima del Viento	4 - 10 nudos – (7,4 -18,5 km/h)
Deriva permisible (metros)	Hasta 10 m	Capacidad mezcla (mínima)	175 gal / 662,4 L
Temperatura máxima	35° C	Velocidad (VNE) – Velocidad Nunca Exceder - Booms instalados	130 nudos (241 km/h) por el fabricante
Humedad relativa (porcentaje)	60 a 90%	Estimado ancho de faja	Dentro del disco del rotor principal
Velocidad del viento en la aplicación (Km por h)	Hasta 10 Km/h	Puertos para boquillas	68 – 92 de ¼ diámetro de boquilla
Presión de la bomba (PSI)	50 PSI ( $\pm 10$ )	Velocidad del helicóptero	40 - 60 nudos (74,1 – 111,1 km/h)
Tipo de boquilla	CP11 TT 0015	Tipo de boquilla	Accu-Flo 0,063-16
Velocidad de aplicación del avión -millas- (kilómetros por hora)	Hasta 150 millas (242 km/h)	Tamaño de Gota promedio	Mayores 330 micras
Ancho de faja (metros)	32 metros		

Fuente: DIRAN, 2020

#### Anexo 4: Núcleos de aplicación del PECIG

