

# **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

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 puesto en el centro de las políticas públicas la necesidad de prevenir los efectos de la guerra, promoviendo investigaciones dirigidas hacia la evaluación de los programas que buscan mitigar el conflicto armado. Paradójicamente, existen casos en los que estos terminan produciendo más de lo que quieren evitar. En Colombia, para el año 2000 se implementó el Plan Colombia, 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. En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar el efecto del Programa de Aspersiones Aéreas con Glifosato (PECIG) sobre el desplazamiento forzado en el marco del Plan Colombia.

El conflicto armado colombiano ha dejado 8.391.662 víctimas de desplazamiento forzado interno registradas (RUV, 2022)<sup>1</sup>. Si bien son múltiples las razones por las que una víctima decide desplazarse de su territorio, probablemente la causa más evidente es la violencia que generan las disputas territoriales de los actores armados, donde la incertidumbre y el miedo llevan a las familias a movilizarse masivamente (Arjona, 2016; Czaika & Kis-Katos, 2009; Deacon et al., 2019; Kalyvas, 2006; Lozano-Gracia et al., 2010). Las masacres perpetradas por los actores armados, los secuestros, las desapariciones forzadas, las minas, entre otras violaciones a derechos humanos son un canal directo para que las víctimas decidan irse (CNMH, 2015). Sin embargo, se ha demostrado que los desplazamientos forzados también obedecen a patrones en los que el conflicto armado puede incidir sobre el bienestar de las poblaciones (Ibáñez & Vélez, 2008; Steele et al., 2007).

Frente a esto, en la literatura se ha cuantificado poco el efecto de los programas gubernamentales para combatir la migración forzada, principalmente, por la dificultad de identificar con precisión las causas de este hecho a la hora de registrarse. Para las víctimas el proceso de registro resulta más engoroso cuando no está asociado a la violencia en el marco del conflicto. En el caso del PECIG, el Registro Único de Víctimas asocia 9155 víctimas de conflicto armado con fumigaciones de cultivos como su causa (Apéndice 1). Sin embargo, desde la ley 387 de 1997, las aspersiones con glifosato dejaron de ser una causa directa dentro del registro de las víctimas. Por lo tanto, existe un claro subregistro en esta cifra.

En este sentido, han sido múltiples las quejas de la población campesina que se vio obligada a migrar por los efectos del uso del glifosato y no ha 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

---

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

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)

Cabe resaltar que las fumigaciones masivas con glifosato fueron prohibidas en Colombia por los problemas de salud que le causaban a la población, pero en los últimos años ha resurgido el debate de la legalización de este mecanismo para combatir el narcotráfico. Esta investigación proporciona un elemento adicional a ese debate, pues de acuerdo con las estimaciones de este trabajo, cada hectárea de coca adicional asperjada genera un aumento del % de desplazamientos. Por lo tanto, este trabajo agrega variables a tener en cuenta a la hora de formular políticas públicas para combatir el narcotráfico y el conflicto armado.

La metodología de este documento comienza con la construcción de una base de datos tipo panel con la información sobre las aspersiones con glifosato <sup>2</sup> y los desplazamientos forzados internos <sup>3</sup> a nivel mensual por cada municipio. Es importante tener en cuenta que por el diseño del Plan Colombia, los municipios en los que se asperjó tienen una relación directa con el conflicto armado, por lo tanto, estos son sistemáticamente diferentes a los que no sufrieron ningún tipo de fumigación con glifosato. Para corregir la endogeneidad, se instrumentalizó la intensidad de aspersión por medio de la fuerza de los vientos en los municipios en los que el programa fue aplicado.

#### PARRAFO DE RESULTADOS

#### PARRAFO DE MECANISMOS

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

## 2. Efectos y causas del desplazamiento forzado interno en Colombia

El desplazamiento forzado interno ha representado una crisis humanitaria en Colombia, no solo por su magnitud sino por las consecuencias de este hecho. Dentro de la literatura se ha encontrado que la migración forzada reduce el bienestar económico de las víctimas, tanto por el detrimento de su patrimonio como por la poca capacidad de reacción ante los choques futuros

<sup>2</sup>Esta base de datos fue proporcionada por la Dirección Antinarcóticos de la Policía (DIRAN).

<sup>3</sup>Esta base de datos fue proporcionada por el Registro Único de Víctimas (RUV).

que trae abandonar su hogar (Ibáñez et al., 2006). En otras palabras, la acumulación de nuevos bienes y activos después de un desplazamiento es un proceso que tarda mucho tiempo y no suele ser muy efectivo.

Las dificultades económicas del desplazamiento no solo afectan a los desplazados, sino a las finanzas de los municipios en lo que ocurrió el hecho y de los municipios receptores. Por el lado de los municipios de origen, estos ven sus ingresos fiscales y su actividad económica afectados (CNMH, 2015). En el caso de los municipios de recepción, la dificultad de los desplazados de integrarse a su vida económica impacta la forma en la que estos crecen (Ibañez, 2008). Según la Comisión de la Verdad (2022), las ciudades fueron creciendo hacia las periferias como resultado de la llegada de desplazados. Ejemplo de este crecimiento son las localidades de Ciudad Bolívar, Suba y Bosa en Bogotá, así como la Comuna 13 en Medellín.

Más allá de lo económico, la población desplazada no solo tiene que afrontar el impacto de dejar su vida y su hogar atrás, sino también asimilar las dificultades que vienen con llegar a una ciudad nueva, muchas veces sin una red de apoyo. En el prólogo de San Carlos: memorias del éxodo en la guerra, Gonzalo Sánchez (2011) define bien lo que es la situación de una víctima de desplazamiento:

“El desplazado es un forastero que llega a una comunidad y a un entorno que no es el suyo, y a menudo durante una temporalidad indeterminada. Como es de suponer, la conciencia de esta circunstancia actúa de manera agobiante sobre su capacidad proyectiva. Pudiera decirse que la identidad social del desplazado en el nuevo escenario es construida a partir de la pérdida. Él es de alguna manera un actor desposeído de su historia y carece por lo tanto de un campo de orientación para su acción”

En cuanto a las causas del desplazamiento forzado, además de la violencia directa, la literatura ha abordado principalmente razones económicas, sanitarias y políticas (Bandiera, 2021; CNMH, 2015; Comisión de la Verdad, 2022; Deacon et al., 2019; Grajales, 2017; Ibáñez, 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; Ibáñez, 2008). Frente a esto, estudios como el de Bandiera (2021) han mostrado que ante un aumento en los precios de los stocks en territorios 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 segundo lugar, las causas sanitarias se pueden dividir en dos: las afectaciones medioambientales que afectan el bienestar de la población; y las afectaciones a la seguridad alimentaria de los campesinos. En este sentido, la Comisión de la Verdad (2022) muestra que las voladuras de oleoductos producían daños ambientales a la población que los forzaba a irse de sus tierras. Además, Deacon et al. (2019) expone un estudio donde la combinación del

extractivismo y las aspersiones con glifosato en territorios altamente vulnerables intensificaron el desplazamiento forzado masivo en la región de Putumayo.

Finalmente, también se encuentran factores políticos que explican el desplazamiento masivo. Un estudio sobre las elecciones en Urabá, en especial en Apartadó, Steele (2011) muestra que, en períodos electorales, la violencia aumenta y los actores armados expulsan en mayor medida a personas pertenecientes a movimientos sociales. 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).

De acuerdo a lo anterior, desde la literatura se han tratado múltiples causas y canales que se relacionan con el desplazamiento forzado interno. Sin embargo, a nivel cuantitativo, no hay análisis de los efectos no deseados que puede tener un programa para combatir grupos armados sobre el desplazamiento forzado. Esto es especialmente relevante en los países con conflicto armado interno, en los que son múltiples las políticas que se desarrollan alrededor de la guerra. Por esta razón este trabajo cuantifica el efecto que tuvo el Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG) sobre el desplazamiento forzado desde el 2004, año donde se reglamentaron los parámetros de aspersión, hasta el 2012 el año en el que empezó a disminuir su aplicación previo a su prohibición.

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

Durante el año 1999 se firmó un acuerdo bilateral entre Colombia y Estados Unidos para 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 esto, se dividió el plan en cuatro etapas (apéndice 2). La base de la primera era reducir en 50% los cultivos de narcóticos en el territorio colombiano. Bajo este contexto, a cargo de la Policía Nacional se crea el Programa de Erradicación Aérea con Glifosato (PECIG), un programa de aspersión aérea con glifosato de manera masiva en los municipios donde más se registraban cultivos de coca y presencia de actores al margen de la ley (DNP, 2005).

Si bien las aspersiones aéreas con glifosato ya eran una herramienta desde la década de los 70s, con el Plan Colombia estas adquirieron un carácter masivo. Como consecuencia, se requirió un Plan de Manejo Ambiental (PMA) que regulara las actividades del PECIG. Allí se establecían los lineamientos para aplicar el programa de manera que se minimizaran los efectos ambientales que las aspersiones llevaban. Estos fueron aplicados a partir de finales del 2003<sup>4</sup>, año en el que se definieron unos parámetros fijos que determinaban la cantidad de glifosato que se podía utilizar y el momento para aplicarlo de acuerdo a las condiciones ambientales (apéndice 3). Dentro de estos se destacan la velocidad del viento, la inminencia de lluvias, la humedad del

---

<sup>4</sup>Resolución 1054 del 30 de septiembre del 2003.

terreno, la temperatura y la altura de no más de 30 metros de las avionetas y los helicópteros (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 tomado por la Corte Constitucional, la cual prohibió su uso a partir del año 2015 por los efectos en salud que sufría la población.

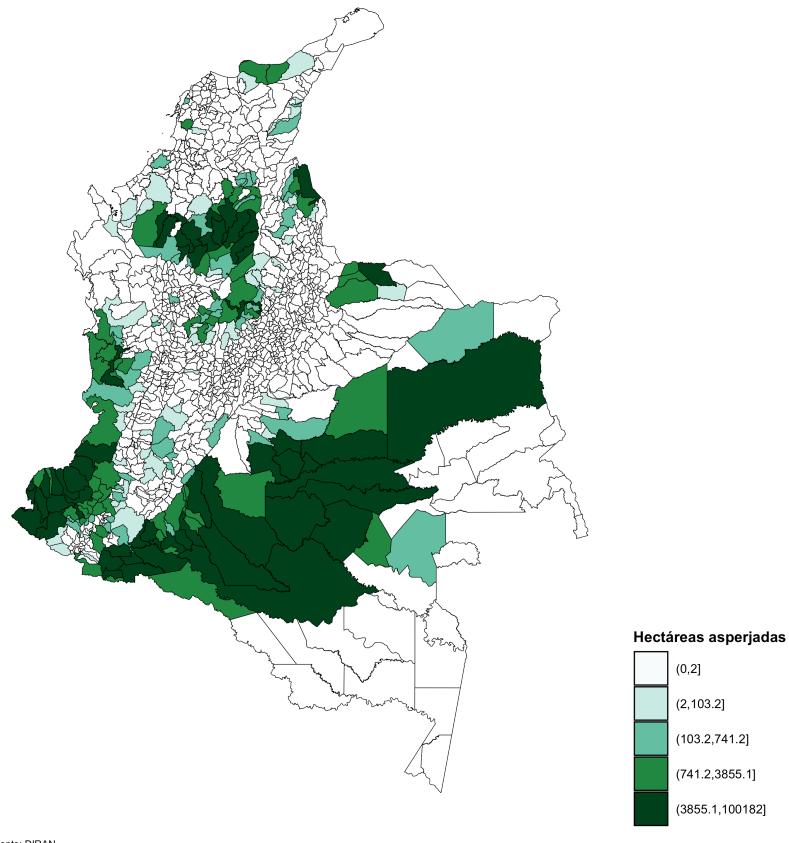


Figura 1: Aspersiones Aéreas municipales en Colombia (2004 - 2012)

Desde los años 2004 hasta el 2012, el período de interés donde se intensificó el PECIG, se

asperjaron cada año un poco más de 120.000 hectáreas. Como lo muestra la figura 1, las zonas donde se concentró el programa fueron el sur del país, el Pacífico, Magdalena Medio y alrededor de la frontera con Venezuela. Gracias a esto, en los balances del Plan Colombia, se determinó que los cultivos de coca habían sido reducidos significativamente. Sin embargo, los resultados de la lucha contra el narcotráfico y el efecto positivo sobre el desarrollo económico en las regiones sigue siendo cuestionado (Comisión de la Verdad, 2020; Gaviria & Mejía, 2011; Mejía, 2016).

Por esta razón, esta investigación busca determinar si el programa tuvo relación con el desplazamiento forzado interno, el cual se propagó durante los comienzos de la década. Bajo este contexto, los años de estudio de este trabajo empiezan desde el 2004 -donde se aplicaron los lineamientos y parámetros claros de aspersión que más adelante se utilizarán para construir el instrumento- y el 2012, que fue el año previo a la disminución radical del programa por las denuncias de la población y sus efectos negativos.

#### **4. Marco Conceptual**

El marco conceptual parte de la terminología propia del desplazamiento forzado. Al ser forzado significa que esta movilización se dio obligada por un contexto de conflicto armado. 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 de la guerra. En este sentido, Ibañez (2008) modela esta decisión como la situación en la que la utilidad esperada del desplazamiento es mayor que la utilidad esperada de permanecer en el sitio de origen.

Las víctimas tienen que ponderar la disyuntiva entre irse, dejar de lado su vida y enfrentarse a un nuevo contexto; o quedarse y afrontar las consecuencias de hacerlo. Ambos bajo situaciones de plena incertidumbre. Como se mostró en la sección 2, las causas del desplazamiento forzado están asociadas principalmente a razones económicas ( $CE_j$ ), políticas ( $CP_j$ ), de salubridad ( $CS_j$ ) y a las relacionadas con violencia ( $CV_j$ ). Además, este trabajo busca entender si las aspersiones con glifosato ( $CA_j$ ) puede ser una variable adicional para tener en cuenta en la decisión de movilizarse. Por esta razón, el desplazamiento forzado, en los municipios donde se aplicó el programa del PECIG, puede ser visto como la sumatoria de personas que deciden abandonar su territorio en un periodo  $j$  ante un contexto relacionado con conflicto armado interno como se muestra en la siguiente ecuación:

$$D_m = \sum_{j=1}^n \alpha(\theta_j) + (1 - \alpha)(\theta_j) \text{ donde } \alpha = 1 \quad (1)$$

donde  $\theta_j = f(CE_j, CP_j, CS_j, CV_j, CA_j)$ ; y  $\alpha$  representa la relación entre la utilidad esperada de migrar forzadamente y la de quedarse. Por tanto  $\alpha = 1$  siempre que la primera utilidad mencionada sea mayor que la segunda.

De esta manera,  $\alpha(\theta_j)$  representa la función que recoge las causas contextuales del desplazamiento. Construir esta función permite entender cómo los cambios de cada componente inciden sobre el desplazamiento municipal. En especial, el objetivo de esta investigación se centra en estimar la derivada parcial de  $CA_j$  sobre  $\alpha(\theta_j)$  para todo  $D_i$ . Con esto se pretende estimar, de manera agregada, si los cambios de  $CA$  tienen alguna incidencia sobre  $\alpha(\theta)$  y en qué dirección.

$$\frac{\partial CA}{\partial \alpha(\theta)} \quad (2)$$

En este sentido, el estimador contribuye a conocer la magnitud en el cambio de personas desplazadas forzadas frente a un aumento de hectáreas asperjadas en los municipios donde se aplicó el PECIG. Es decir, refleja una medida de relación de cambio de acuerdo a la intensidad de aspersión, más no una medida respecto a la aplicación o no del programa.

## 5. Datos y estadísticas descriptivas

La decisión del momento de aspersión no era municipal únicamente, sino que se encontraba condicionada a lo que en el PECIG llamaban núcleos. Estos eran puntos habilitados, en su mayoría aeropuertos, para preparar el herbicida y distribuirlo (apéndice 4). Por lo tanto, para cuantificar el modelo presentado en el marco teórico es necesaria una documentación que permita medir la variación a nivel mensual, debido a que el programa estaba diseñado para aplicarse en diferentes meses durante el año de manera predeterminada. A continuación se presenta una breve descripción de los datos y sus respectivas fuentes utilizadas para esta investigación.

### 5.1. Desplazamiento forzado interno.

Para medir el desplazamiento forzado interno se utilizó como fuente el Registro Único de Víctimas (RUV). Esta institución 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.

Cabe resaltar que, en los datos sobre violaciones a derechos humanos los problemas de subregistro son más notorios, debido a que existen múltiples causas por las que una víctima no se registra, desde razones de seguridad hasta la dificultad burocrática que puede existir para hacerlo. Frente a 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 por cada violación a derechos humanos<sup>5</sup>. 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.

El mapa 2 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).

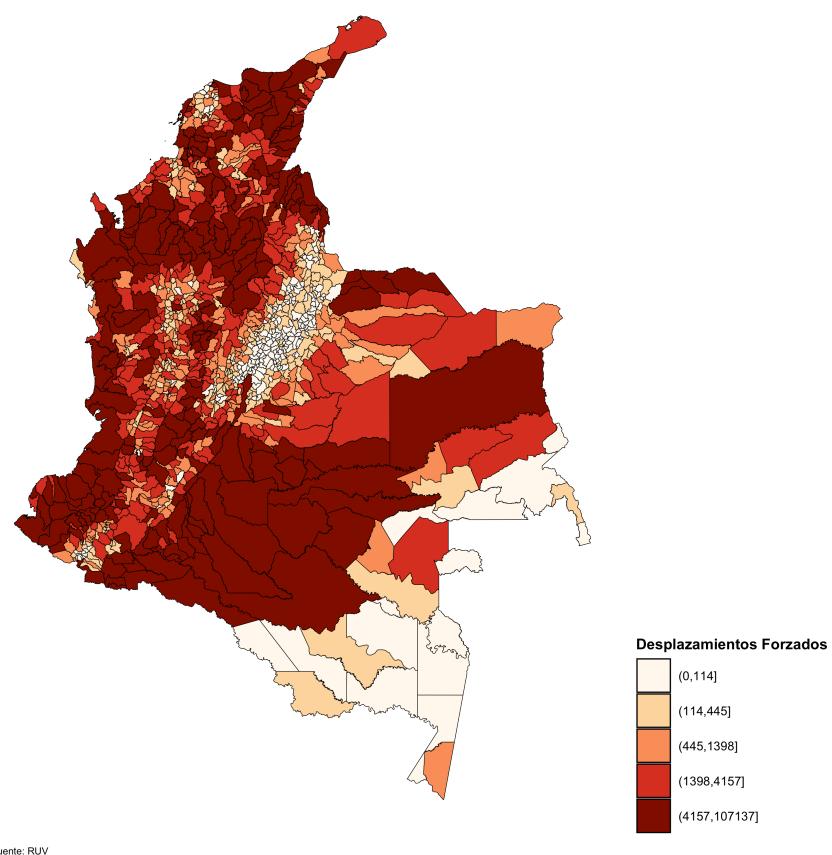


Figura 2: Hechos de desplazamiento forzado a nivel municipal en Colombia (2004 - 2012)

---

<sup>5</sup>Este trabajo se concentró en 5 violaciones: homicidio, desaparición, reclutamiento, secuestro y desplazamiento.

## **5.2. Causas del desplazamiento forzado interno**

El marco conceptual describió los componentes asociados al desplazamiento para efectos de este trabajo. Para incluirlos, se recurrió a diferentes fuentes que se aproximan a cada una de las categorías. Para el caso del contexto de 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 que documentaban de manera más amplia otros hechos como las masacres y la violencia sexual (apéndice 5). Frente a esto, es importante resaltar que estas variables presentan problemas de subregistro, por lo que no se puede asumir que representan completamente la violencia de cada municipio.

En el caso de las condiciones económicas, no se contaba con información oficial para medir la actividad económica mensual de cada municipio en Colombia. Sin embargo, se ha demostrado que la luminosidad de los municipios es una buena variable proxy de desarrollo económico (Baugh et al., 2010; Elvidge et al., 1997). Por ende, se tomaron los datos del Earth Observation Group del Instituto de Política Pública de Payne que proporcionan esta información satelital diariamente. Para complementar este componente, se tuvo en cuenta el uso del suelo de cada territorio, tomando como variable el índice de cambios en la vegetación (Huete et al., 2002). Este es desarrollado por el portal de datos GES DISC de la NASA el cual mide el cambio en los usos del suelo, también, de acuerdo a imágenes tomadas satelitalmente cada día. Ambas fuentes mencionadas se encuentran a nivel píxel, para ambas, se promediaron los píxeles que moldeaban cada municipio y luego se calculó la media mensual para cada uno.

En cuanto a las variables políticas, múltiples estudios han demostrado que en Colombia la violencia aumenta durante las elecciones regionales (Alonso, 1997; Comisión de la Verdad, 2022; Steele, 2011). Esto se debe a que, en los municipios más vulnerables, los grupos armados buscan debilitar movimientos sociales para controlar a la población. También, en varios casos se ha demostrado alianzas entre élites políticas regionales y grupos armados para controlar las elecciones. Por esta razón, se incluyó una variable binaria que refleja los meses de los períodos electorales regionales en cada uno de los municipios.

Finalmente, no se incluyeron variables asociadas a las condiciones de salud, ni a la presencia de grupos armados. En cuanto a la primera categoría, se intentó tomar los datos de citas a las EPS por cada municipio a nivel mensual, sin embargo, estos datos son restringidos y su uso no fue permitido. Por otro lado, en cuanto a la presencia de grupos armados, aún no existe un consenso en la literatura sobre cómo medirlo, debido a que se ha demostrado que la violencia representa mejor las disputas territoriales, más no el pleno control de un grupo armado en un municipio (Arjona & Otálora, 2011; Kalyvas et al., 2008).

## **5.3. Aspersiones Aéreas con Glifosato**

Los datos del PECIG, a nivel mensual, fueron proporcionados por la Dirección de Antinarcóticos de la Policía (DIRAN). La medición de las aspersiones aéreas con glifosato se

hacia por hectáreas a nivel municipal cada mes. La distribución territorial de la aplicación del programa se puede ver en el mapa 1. Frente a esto, los territorios donde se concentraban las aspersiones aéreas son parecidos a los que sufrían de mayor desplazamiento.

Para comprobar si existe una correlación espacial entre ambos, el mapa 3 muestra la asociación espacial LISA entre ambas 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 relación entre ambas variables.

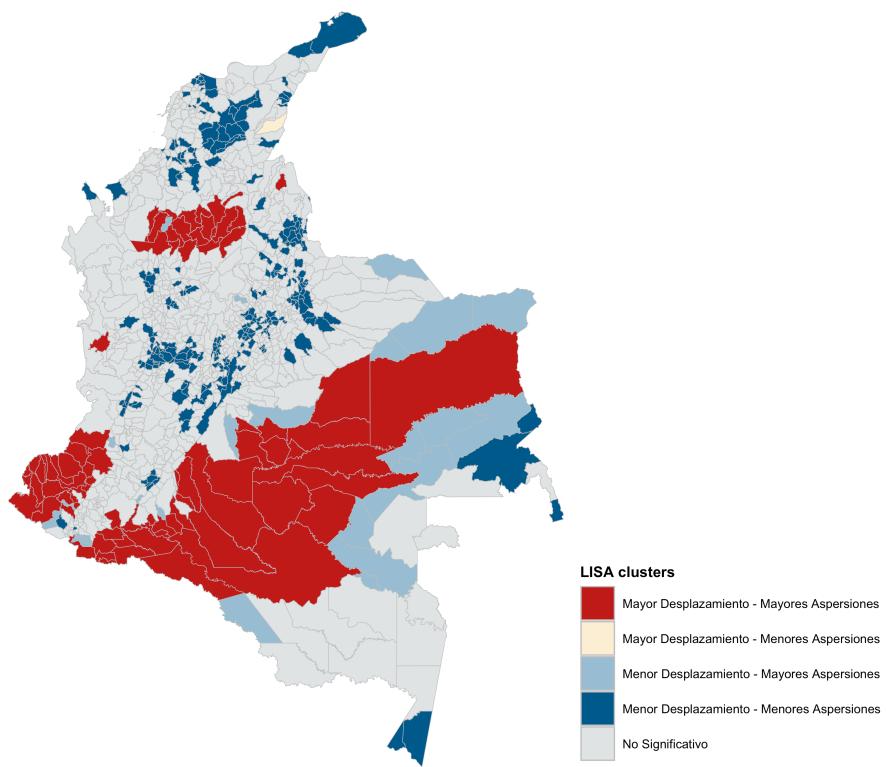
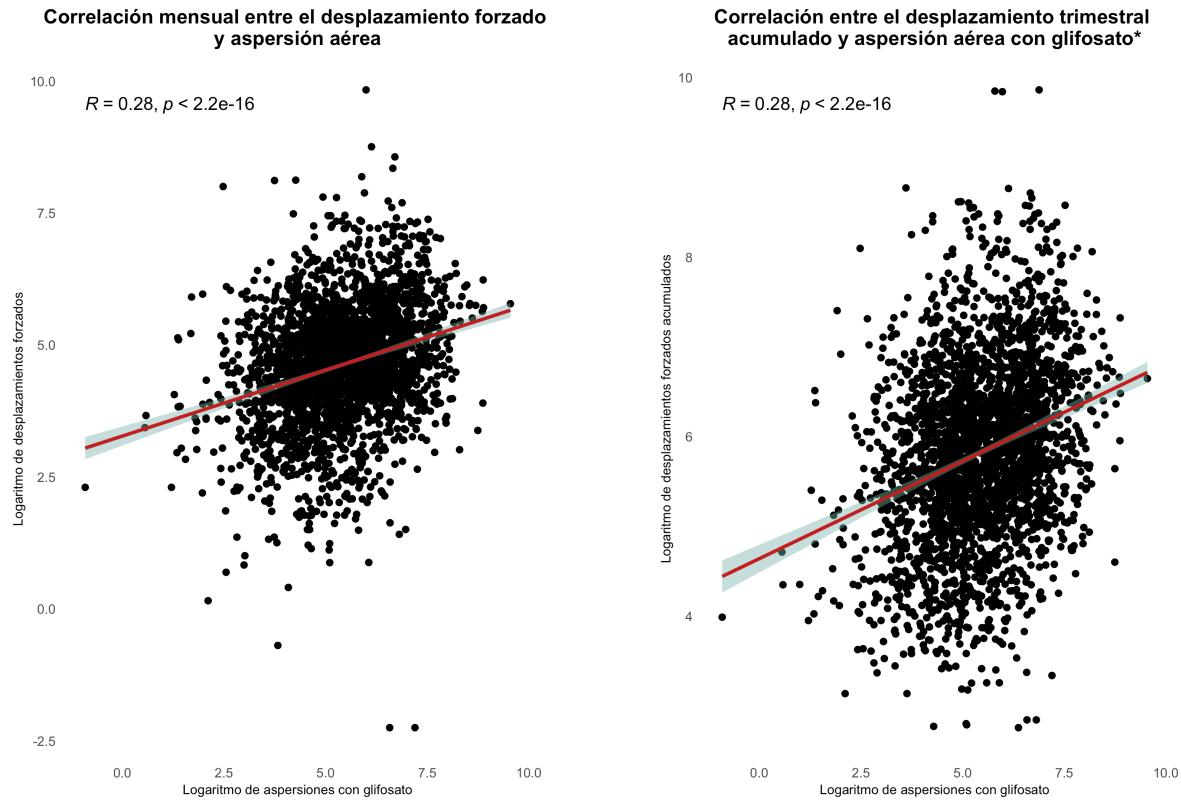


Figura 3: Correlación espacial entre desplazamiento y aspersiones (2004 - 2012)

En este caso, se puede notar que en la mayoría de territorios las variables de desplazamiento y aspersión tienen una correlación estadísticamente significativa. Además, la figura 4, muestra

que esta correlación es positiva tanto para el desplazamiento en ese mismo mes como para el acumulado en los tres meses siguientes. Sin embargo, por diseño del PECIG los municipios en los que se asperjó tienen una relación directa con el conflicto armado, y por lo tanto, con el desplazamiento forzado. Esto quiere decir que los municipios donde se asperjó son sistemáticamente distintos a los que no, lo que implica que esta relación tiene problemas de endogeneidad.



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

Figura 4: Correlación Desplazamiento y Aspersión Aérea con Glifosato

## 6. Estrategia Empírica

Para entender la intuición detrás de la estrategia empírica es importante retomar dos puntos ya mencionados: los problemas de endogeneidad y el marco teórico.

Respecto al primero, los municipios en los que se aplicó el PECIG son sistemáticamente

distintos a los que no. Esto debido a que el programa fue parte del Plan Colombia, un acuerdo con Estados Unidos para combatir la guerra interna colombiana. Por lo tanto, al ser el desplazamiento forzado interno una violación de derechos humanos en el marco de conflicto armado, existe un sesgo de selección que puede sobreestimar la relación existente entre ambas variables. En relación al segundo punto, en el marco teórico se estableció que el estimador de interés está asociado a la magnitud del cambio del desplazamiento municipal ante aumentos en las hectáreas asperjadas. Es decir, es una medida de relación de cambio ante la intensidad del programa, no de la aplicación.

De este modo, en esta investigación se utilizó el método de variables instrumentales, dado que permite buscar un instrumento que corrija los problemas de endogeneidad y encuentre variación aleatoria respecto a la intensidad de aplicación del programa para que fuera coherente con el marco teórico.

### **6.1. Instrumento: velocidad del viento.**

Con el fin de encontrar un instrumento que fuera consistente con los dos puntos anteriores, se utilizó el promedio mensual de la velocidad del viento en cada municipio. Para cumplir con el Plan de Manejo Ambiental (PMA), la policía antinarcóticos contaba con un sistema que proporcionaba información en tiempo real de las condiciones climáticas y la densidad de cultivos de coca en una grilla de 10 km (Rodríguez, 2020). El día y la intensidad de las aspersiones se encontraban condicionados a estas variables contextuales que garantizaran el cumplimiento de los parámetros establecidos en el PMA (apéndice 3). De esta manera, la velocidad del viento no podía ser mayor a 10km/h debido a que para asperjar las aeronaves tenían que volar a una altura máxima de 30m. Por lo tanto, este es un instrumento relevante en la decisión de la intensidad <sup>6</sup> y del momento de asperjar <sup>7</sup>.

La figura 5, muestra los promedios anuales del número de hectáreas asperjadas con glifosato y velocidad del viento de cada mes a nivel municipal, en esta se puede ver que existe una relación negativa entre ambas variables. Entre más velocidad del viento hubiese en cada grilla, menores eran las hectáreas asperjadas en cada territorio. En este sentido, el instrumento captura la variación aleatoria de la intensidad de aspersión en cada municipio. Por lo tanto, este permite encontrar una medida de cambio ante un aumento o reducción de hectáreas asperjadas en cada municipio.

---

<sup>6</sup>Intensidad medida en términos de número de hectáreas asperjadas por municipio.

<sup>7</sup>Además para pruebas de robustez se utilizaron las bases RMBOS y MERRA2 del mismo portal que estiman la velocidad del viento 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.

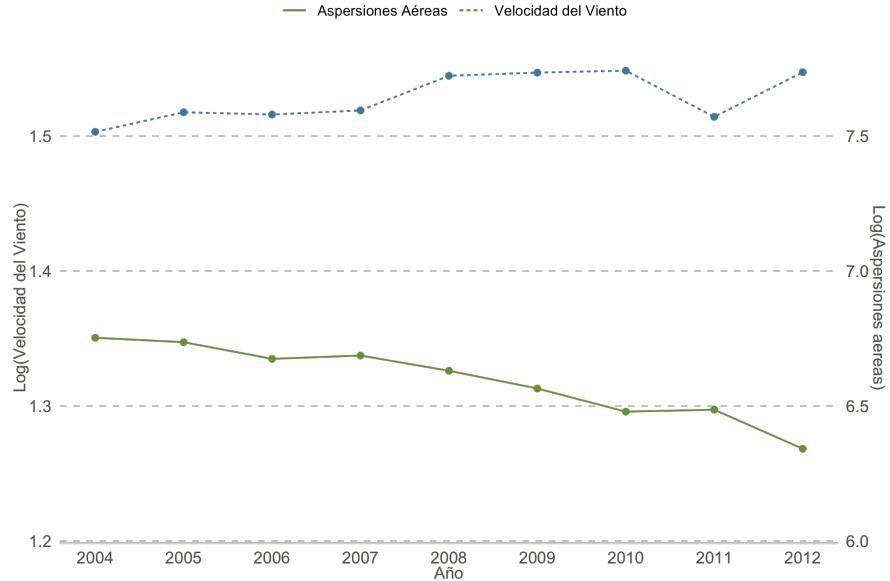


Figura 5: Velocidad del viento y Aspersiones Aéreas municipales en el tiempo

Para construir el instrumento, se utilizó la base de datos FLDAS<sup>8</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>9</sup>. Además, se encuentra dividida por pixeles de 0.1x0.1 grados. Esta información se agregó a nivel municipal, de manera que tomara la media mensual de la velocidad del viento de cada municipio ( $I_t$ ). Por lo tanto, la variable instrumental ( $I_t$ ) para cada municipio se refleja en la siguiente ecuación:

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

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

## 6.2. Ecuaciones de estimación

Para encontrar la relación entre el desplazamiento forzado y las aspersiones aéreas con glifosato, se toman en cuenta el siguiente marco empírico:

<sup>8</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>9</sup>Estas eran las horas a las que se permitía asperjar de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

$$\bar{y}_{it} = \alpha + \beta AG_{it} + \theta X_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

La ecuación 4 corresponde a un modelo de Minimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con efectos fijos por año y municipio. Donde  $\bar{y}_{it}$  es el logaritmo de los desplazamientos mensuales en el municipio  $i$  en el año  $t$ <sup>10</sup>.  $\beta$  es el estimador que mide la magnitud de la relación entre las aspersiones con glifosato y desplazamiento.  $AG_{it}$  son las hectareas asperjadas en el municipio  $i$  en el mes  $t$ . Los efectos fijos por municipio y año se ven representados en  $\delta_i$  y  $\delta_t$ . Además,  $X_{it}$  representa el vector de controles que contiene las variables expuestas en la sección 5.2. Finalmente,  $\varepsilon_{it}$  es el error standar de cada municipio y cada mes. Estos se clusterizaron a nivel municipal, pues la aspersión solo podía ocurrir hasta tres veces en el año, lo que significa que las observaciones a este nivel no son independientes.

Para corregir el problema de endogeneidad a través de la variable instrumental ya mencionada, se utiliza un modelo de Minimos Cuadrados en Dos Etapas (2SLS). La primera etapa representa la estimación de 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:

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

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. El resultado de la primera etapa se muestra en la subsección 6.3.

La segunda etapa representada en la ecuación 6 muestra 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  $\tilde{\beta}$  presenta relación del desplazamiento forzado con las aspersiones aéreas con glifosato corregidas por la variación aleatoria que le impone la velocidad del viento.

$$\bar{y}_{it} = \tilde{\alpha} + \tilde{\beta} \widehat{AG}_{it} + \tilde{\theta} X_{it} + \delta_i + \delta_t + \tilde{\varepsilon}_{it} \quad (6)$$

Finalmente, en la figura 1 se mostró que la intensidad de las aspersiones aéreas con glifosato eran distintas entre regiones. Por lo tanto, pueden existir efectos heterogéneos por departamento. La ecuación para estimar estos efectos diferenciados es:

$$\bar{y}_{it} = \delta_d + \tilde{\beta} \widehat{AG}_{it} + \tilde{\beta} \widehat{AG}_{it} * D_{jt} + \tilde{\theta} X_{it} + \delta_i + \delta_t + \tilde{\varepsilon}_{it} \quad (7)$$

---

<sup>10</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>.

Donde  $\delta_d$  son los efectos fijos de cada departamento y  $D_{jt}$  es una variable binaria que toma valores de 1 por cada departamento. En este caso, el modelo no cuenta con una constante debido a que se remueve para no establecer un departamento de comparación.

### **6.3. Supuestos de identificación y verificación de validez.**

#### **6.3.1. Resultados primera etapa**

## Referencias

- Alonso, M. A. (1997). *Elecciones, territorios y conflictos*.
- Arjona, A. (2016). *Rebelocracy*. Cambridge University Press.
- Arjona, A., & Otárlora, L. (2011). *Presencia vs. violencia: problemas de medición de la presencia de actores armados en Colombia*.
- 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.
- 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/>
- 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.
- CNMH. (2015). *Una Nación Desplazada: Informe Nacional del Desplazamiento forzado en Colombia*. Centro Nacional de Memoria Histórica.
- Comisión de la Verdad, I. F. (2020). No matarás. En *Informe Final - Comisión de la Verdad*. <https://www.comisiondelaverdad.co/no-mataras>
- 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-limites>
- 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.
- 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-%203%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.
- Gaviria, A., & Mejía, 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.
- 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., Moya, A., et al. (2006). *Cómo el desplazamiento forzado deteriora el bienestar de los hogares desplazados?: análisis y determinantes del bienestar en los municipios de recepción.* CEDE.
- 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.
- IDMC. (2022). En IDMC. <https://www.internal-displacement.org/>
- Kalyvas, S. N. (2006). *The logic of violence in civil war.* Cambridge University Press.
- Kalyvas, S. N., Shapiro, I., & Masoud, T. E. (2008). *Order, conflict, and violence.* Cambridge University Press.
- 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.
- 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.*
- 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.
- 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/>

## Apéndices

### Apéndice 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 ILCITOS

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

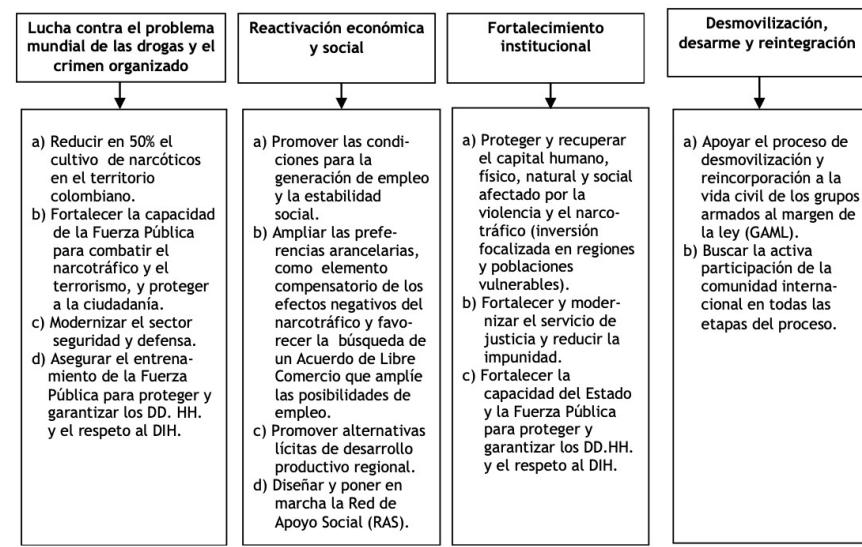
Fuente: Construcción Propia, información proceso de Registro

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

@UnidadAvictimas /unidadavictimas youtube.com/uaparv www.flickr.com/photos/unidadavictimas

**PROSPERIDAD PARA TODOS**

## Apéndice 2: Componentes del Plan Colombia.



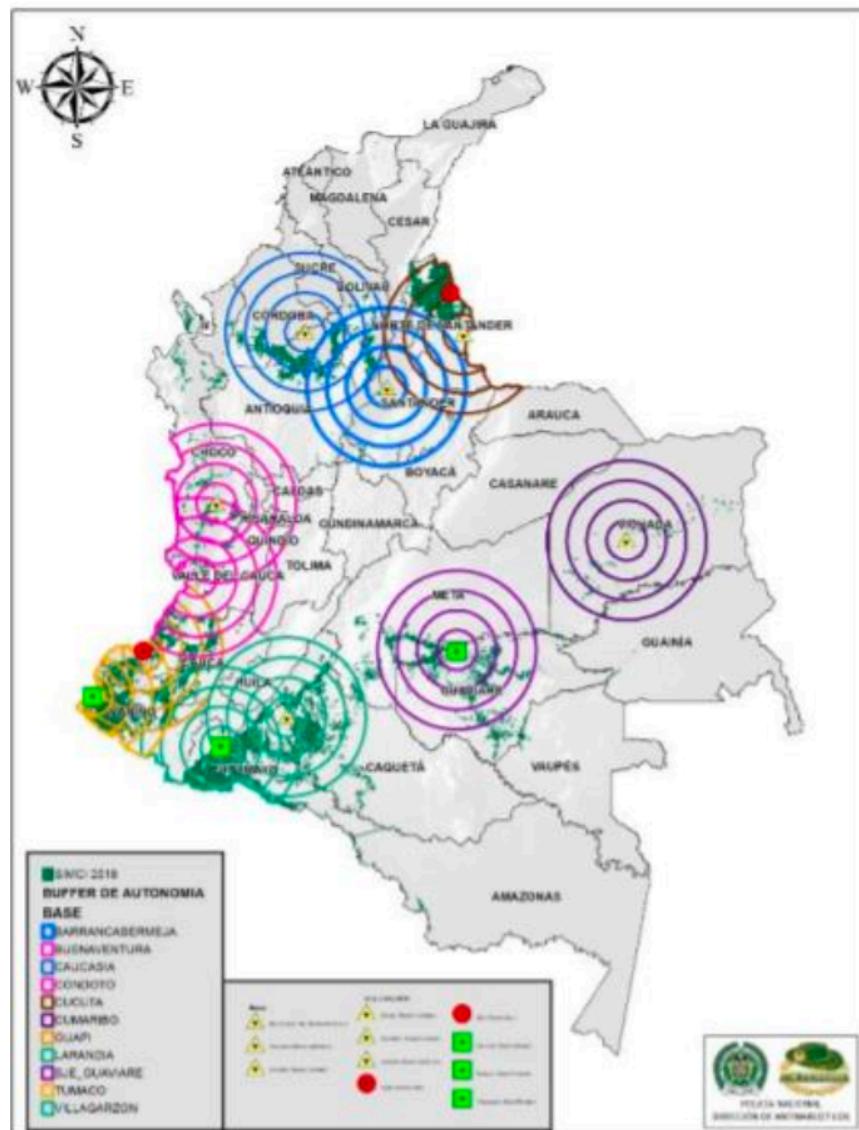
Fuente: DNP - DJS

### Apéndice 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

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



## **Apéndice 5: Fuentes y variables de control asociadas con violaciones a derechos humanos**

<b>Victimización</b>	<b>Fuente</b>
Amenaza	Registro Único de Víctimas
Desaparición forzada	Registro Único de Víctimas
Combates	Registro Único de Víctimas
Secuestro	Registro Único de Víctimas
Minas	Registro Único de Víctimas
Tortura	Registro Único de Víctimas
Homicidio	Registro Único de Víctimas
Reclutamiento de menores	Registro Único de Víctimas
Abandono y despojo	Registro Único de Víctimas
Violencia sexual	Centro Nacional de Memoria Histórica
Masacres	Centro Nacional de Memoria Histórica