

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)¹. 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 Colombia², 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 víctimas³. 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.

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

²El 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.

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

Los resultados de este trabajo estiman que ante un aumento de un punto porcentual en la intensidad de aspersión, la tasa de desplazamiento agregada en el tiempo aumenta en 4,04 puntos porcentuales. Al desagregar el efecto por los meses posteriores al programa se encuentra que estos aumentos son de 1,28 puntos porcentuales en el mes justamente posterior, 1,47 puntos dos meses después de la aplicación y 1,3 puntos porcentuales en el tercer mes. Esto evidencia que la decisión de desplazarse no es inmediata, pero sí ocurre en un corto plazo después de la fumigación.

Del mismo modo, existen efectos diferenciados de acuerdo con el volumen de hectáreas de coca y la interacción con las aspersiones. En especial se encontró que los municipios que se encuentran en el cuartil más alto tienen un efecto diferenciado de 0,18 puntos porcentuales por encima de los municipios del cuartil más bajo. Además, al comparar los municipios con altos niveles de coca y altos niveles en la intensidad de aspersión se encuentra que los municipios con altos niveles de aspersión y bajas tasas de aspersión tienen efectos significativamente menores. Esto indica que los cultivos de coca son un intensificador del desplazamiento forzado ante una intensidad mayor de las fumigaciones, lo que sugiere que la interacción en estas variables afecta la economía detrás de la coca que agudiza el conflicto armado en estas regiones.

Son cuatro los posibles canales directos por los cuales existe la relación entre el PECIG y el desplazamiento: 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 ⁴. 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,

⁴Para 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>.

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 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, que 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 traves de la coaccion. 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 dejan a los civiles en el medio. Estas políticas de seguridad basadas en violencia en territorios con poca presencia estatal, generan 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 periodos 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 2003⁵, 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).

Además, en el PMA se introdujó la figura de los núcleos que agrupaba los municipios del programa de acuerdo a su cercanía a los aeropuertos habilitados para fumigar. Esto implica que la decisión del mes de aplicación del PECIG no era solo municipal, sino que era condicionada al grupo al que pertenecía cada región (anexo 4).

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

⁵Resolución 1054 del 30 de septiembre del 2003.

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 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 está sujeta a una sola razón, sino a la suma de eventos que ocurren 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^O).

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

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.

$$\frac{\partial U(g)^O}{\partial g} \quad (2)$$

No obstante, es probable que la forma en la que las aspersiones aéreas puedan afectar esta utilidad no sea inmediata, pues esta tiene distintas consecuencias que anteceden el desplazamiento. Primero, se ha demostrado que el glifosato en grandes cantidades concentradas genera problemas de salud (Camacho & Mejía, 2014; Univalle, 2020; Zhang et al., 2019). Segundo, a nivel económico, destruye cultivos lícitos a su paso y produce daños en la fertilidad del suelo (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). La aproximación a entender mejor estos canales se presenta en la sección 9.

De acuerdo con las razones anteriormente expuestas, el interés de este trabajo es entender la relación entre las aspersiones áereas y el desplazamiento forzado. Esto incluye responder a la pregunta de si el efecto sobre el desplazamiento es inmediato u ocurre rezagadamente. En ese sentido, la medida de interés es la derivada en distintos períodos de tiempo posteriores a la fumigación:

$$\frac{\partial U(g)_{t+p}^Q}{\partial g_t} \quad (3)$$

Donde t es el período de la aplicación y $t+p$ es un período posterior a la aplicación determinado por el valor de p .

En resumen, esta investigación se enfoca en medir la magnitud y dirección de $\frac{\partial U(g)_{t+p}^Q}{\partial g_t}$, 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. Además, este análisis también busca responder a la pregunta de si hay efectos dinámicos en el tiempo de esta relación. 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 la 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 ⁶.

Frente a esto, la intensidad de las aspersiones se mide de acuerdo al número de hectáreas asperjadas en relación con el tamaño del municipio. En la figura 5 se nota que el tamaño de los municipios es bastante diverso, por lo que el número de hectáreas asperjadas no necesariamente refleja los niveles de intensidad con los que se aplicó el programa. En cambio, al tener en cuenta el área municipal, se puede alcanzar una medida de comparación más homogénea. De

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

este modo, la intensidad de la aspersión es entendida como la tasa de aspersión por cada 100 hectáreas del municipio. Esta se expone a continuación:

$$Intensidad\ aspersion_{it} = \frac{Hectareas\ asperjadas_{it}}{Hectareas\ totales_i} * 100$$

Siguiendo la misma lógica, el desplazamiento forzado esta medido en tasas mensuales por cada 100 habitantes tomando como año base el 2003, un año antes del periodo de estudio. La decisión de medir los niveles de desplazamiento por tasas se debe a que es una medida de intensidad que permite estandarizar las comparaciones, dado que los municipios de estudio tienen niveles de población radicalmente distintos. Además, la razón de tomar un año base que no se encuentre dentro del periodo de estudio está dada por la indicidencia que el desplazamiento forzado tiene sobre los niveles de población, por lo que afecta directamente la medida de estandarización. Por último, es importante tener en cuenta que la tasa de desplazamientos mide el número de hechos, más no de víctimas, debido a que hay personas que pudieron haber sido victimizada más de una vez. De este modo, la tasa se calcula de la siguiente manera:

$$Tasa\ desplazamiento_{it} = \frac{Desplazamientos\ forzados_{it}}{poblacion_i\ 2003} * 100$$

En consecuencia, la relación entre ambas variables se modela mediante la siguiente ecuación.

$$y_{it} = \alpha + \beta AG_{it-p} + \theta X_{it-p} + \delta_i + \delta_{t-p} + \delta_n + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde y_{it} es la tasa de los desplazamientos mensuales por cada 100 habitantes en el municipio i en el mes t y AG_{it-p} es la intensidad de la aplicación del programa en ese mismo municipio en un periodo p previo. Es decir, si $p = 1$ las aspersiones aéreas se suministraron 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 incurriría en un error de medición que implicaría que el coeficiente β tienda 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.

Por otro lado, 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 periodo $t - p$ debido a que son las variables contextuales que se tenía en cuenta antes y durante el momento de aspersión. En cuanto a 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 ⁷. Además, dado que uno de los objetivos

⁷Las variables asociadas a la violencia también se tomaron en tasas por cada 100 habitantes.

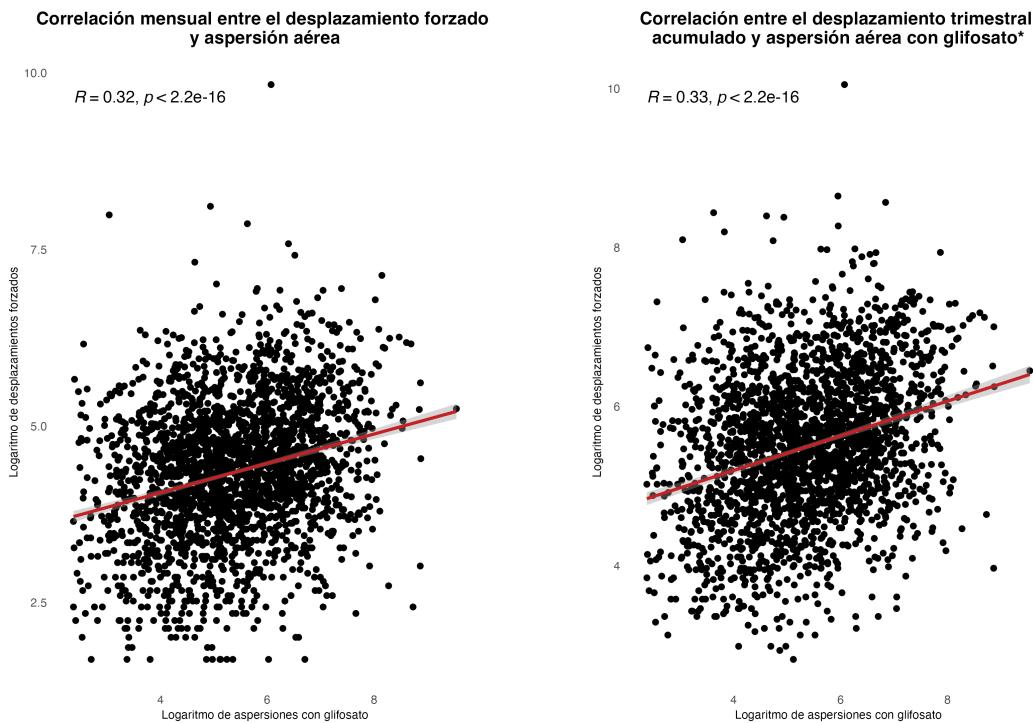
fijados del plan era promover el desarrollo económico en los municipios desprotegidos, se utilizó la variable de luminosidad municipal para aproximarse al desarrollo económico, o la falta de este, en cada región (Baugh et al., 2010; Elvidge et al., 1997).

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, debido a que cuando estos se encontraban por encima de 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 a nivel municipal. 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 una variable de control es una variable de resultados, por lo tanto su inclusión podría generar 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 lícitos e ilícitos.

Para controlar la variabilidad sistemática relacionada con factores no observados, se aplican efectos fijos por municipio, núcleo, año y mes. Los efectos fijos por municipio (δ_i) controlan la heterogeneidad geográfica, como la estructura socioeconómica o características culturales. Los efectos fijos por núcleo (δ_n) captan las diferencias en el efecto de acuerdo a la agrupación que el programa le asigna a cada región para ser fumigada (anexo 4). Los efectos fijos (δ_{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, ε_{it} es el error de regresión de cada municipio y cada mes. Dado que la aspersión solo se daba 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 una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios entre el desplazamiento forzado interno del mes siguiente 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 los desplazamientos 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 la tasa de desplazamiento fue alta y la tasa de aspersiones también. El color azul muestra los puntos donde ambas variables tuvieron un bajo comportamiento. El color azul claro refleja las regiones donde hubo altas tasas de desplazamiento y bajas tasas 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 país y el litoral pacífico, junto con la región del Magdalena Medio y la frontera con Venezuela en Cúcuta, 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.

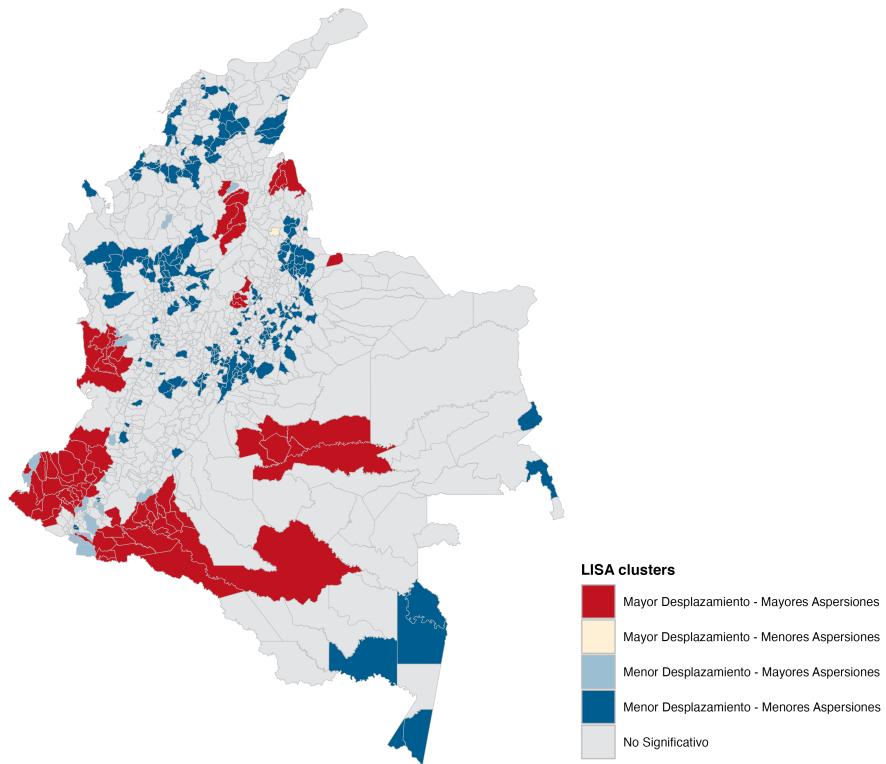


Figura 2: Correlación espacial entre desplazamiento y aspersiones (2004 - 2012)

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/h⁸ 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^{9 10}.

La Figura 5 muestra los promedios anuales la tasa 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 la tasa 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.

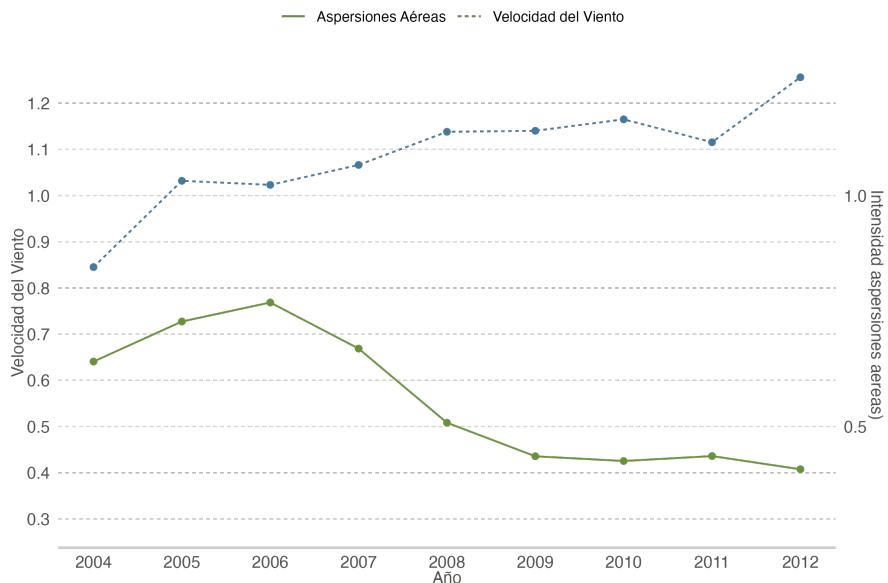


Figura 3: Velocidad del viento y Aspersiones Aéreas municipales en el tiempo

Para construir el instrumento, se utilizó la base de datos RMOBS¹¹ 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 tarde¹². Además, se encuentra dividida

⁸Esta 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.

⁹Intensidad contado en términos de número de hectáreas asperjadas por municipio.

¹⁰Además 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.

¹¹Además 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.

¹²Estas 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:

$$V_{it} = \frac{\sum_{j=1}^n WS_{ij}}{n} \quad (5)$$

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 la tasa de aspersión aérea con glifosato por cada 100 hectáreas y la velocidad del viento junto con las demás variables del modelo. Su forma reducida se puede entender del siguiente modo:

$$AG_{it} = \gamma + \phi V_{it} + \omega X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

Donde V_{it} es la velocidad del viento en el municipio i en el mes t . Además ϕ 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 de la tasa de desplazamiento forzado con la intensidad de aspersiones aéreas con glifosato corregidas por la variación aleatoria que le impone la velocidad del viento.

$$\dot{y}_{it} = \dot{\alpha} + \dot{\beta} \widehat{AG}_{it-p} + \dot{\theta} X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \dot{\varepsilon}_{it} \quad (7)$$

Finalmente, la figura 5 muestra que la tasa de hectáreas asperjadas con glifosato era distinta entre regiones. Por lo tanto, pueden existir efectos heterogéneos en cuanto a la intensidad de la aplicación. Además, también pueden existir efectos distintos de acuerdo a los niveles de cultivos de coca de los municipios, dado que era la variable central sobre la que giraba el programa. La ecuación para estimar estos efectos diferenciados es:

$$\dot{y}_{it} = \delta_d + \dot{\beta} \widehat{AG}_{it-p} + \dot{\beta} \widehat{AG}_{it-p} * Int_{jt-p} + \tilde{\theta} X_{it-p} + \delta_i + \delta_t + \delta_{int} + \dot{\varepsilon}_{it-p} \quad (8)$$

Donde δ_{int} son los efectos heterogéneos y Int_{jt} es una variable binaria que toma valores de 1 por cada efecto diferenciado. En este caso, el modelo toma como punto de comparación los niveles más bajos de aspersión y de cultivos, debido a que así se pueden evaluar que tanto cambia el efecto acorde al aumento de las categorías de comparación.

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 la tasa de 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 ¹³ 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.

¹³Este tiene un valor de 17,9 y, si bien supera el umbral establecido para la hipótesis nula de que el instrumento no contiene más del 10% del sesgo de los casos más críticos, no logra superar la prueba con un umbral del 5%. Esto sugiere que el instrumento puede contener un leve grado de sesgo que puede afectar la precisión de la estimación.

Tabla 1: Resultados primera etapa

(a) Variable dependiente: *Intensidad Aspersiones Aéreas*

	(1)
Velocidad viento	-0,097*** (0,02)
N	10.246
R2	0,015
F estadístico	21,208
F estadístico efectivo	17,952
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 la tasa de 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:

$$E[V_{it} \times \tilde{\varepsilon}_{it} | X_{it}] = 0 \quad (9)$$

A pesar de que este supuesto no puede ser testeado directamente, resulta intuitivo que el único canal por medio del cual el viento afecte la tasa de 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 sería una razón válida para registrarse como víctima.

Para confirmar lo anterior, se presenta en la Tabla 2 una comparación de la regresión de la tasa de desplazamiento forzado por cada 100 habitantes y la velocidad del viento en los municipios con cultivos de coca que recibieron el programa y los municipios con cultivos de coca que no lo recibieron ¹⁴. 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

¹⁴El 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.

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: Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	Municipios con Aspérsión Aérea	Municipios sin Aspérsión Aérea
Velocidad viento	-0,121* (0,061)	0.013 (0,022)
N	10.246	18.484
R2	0,0063	0,005
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.

Restricción de exclusión

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 la tasa desplazamiento forzado interno por cada 100 habitantes se utilizó como fuente el Registro Único de Víctimas (RUV), ya que es la base de datos que mejor documenta el desplazamiento en Colombia ¹⁵. 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.

¹⁵En 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.

La figura 4 ilustra el promedio de la tasa de desplazamiento forzado por cada 10.000 habitantes a nivel municipal durante los años de este estudio. De los 1122 municipios de Colombia 1116 registró 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 27 hasta 174 desplazamientos por cada 10.000 habitantes en promedio. Esto significa que existen municipios donde la magnitud de este hecho victimizante fue diferencialmente masiva respecto a todo el país. El municipio más afectado La Guadalupe en Guainía; seguido de El Charco en Nariño con un promedio de 157 desplazamientos por cada 10.000 habitantes; luego, Vista Hermosa en Metá con la misma tasa; Policarpa en Nariño con 145; y Bojayá con 129. Todos estos municipios, junto con los que estuvieron tres desviaciones estandar por encima del promedio, fueron tomados como outliers dentro del modelo¹⁶.

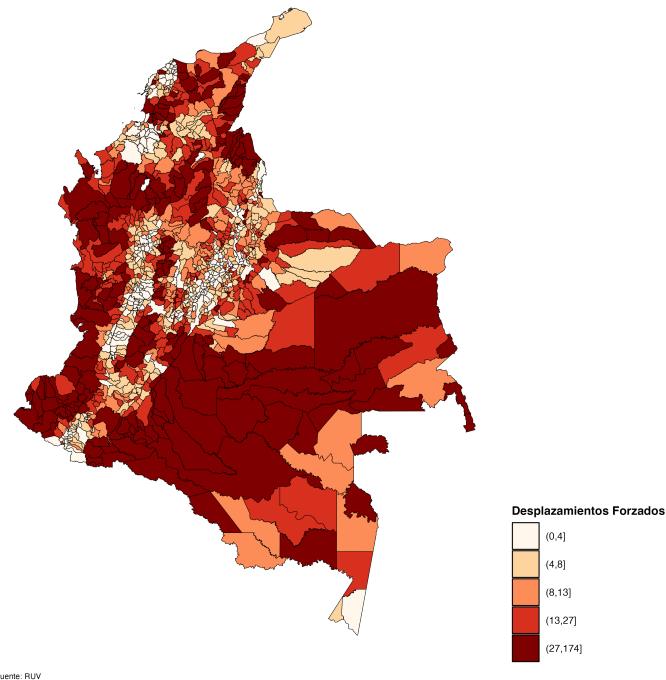


Figura 4: Hechos de desplazamiento forzado a nivel municipal en Colombia (2004 - 2012)

¹⁶Los outliers en el modelo fueron excluidos porque afectaban las estimaciones.

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, la intensidad del 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 intensidad de aplicación del programa. La mayoría de estos municipios se encuentran entre Nariño y Putumayo. Por ejemplo, municipios como Valle del Guámez en Putumayo se alcanzaron a asperjar en promedio hasta 37 hectáreas por cada 10.000 entre 2004 y 2012; en Roberto Payán en Nariño 348 por cada 10.000; en Magüí en Nariño 340; en Tarazá Antioquia 328; y en Tumacó en Nariño 259. Esto es muestra que la aplicación del programa fue heterogénea en cada región del país.

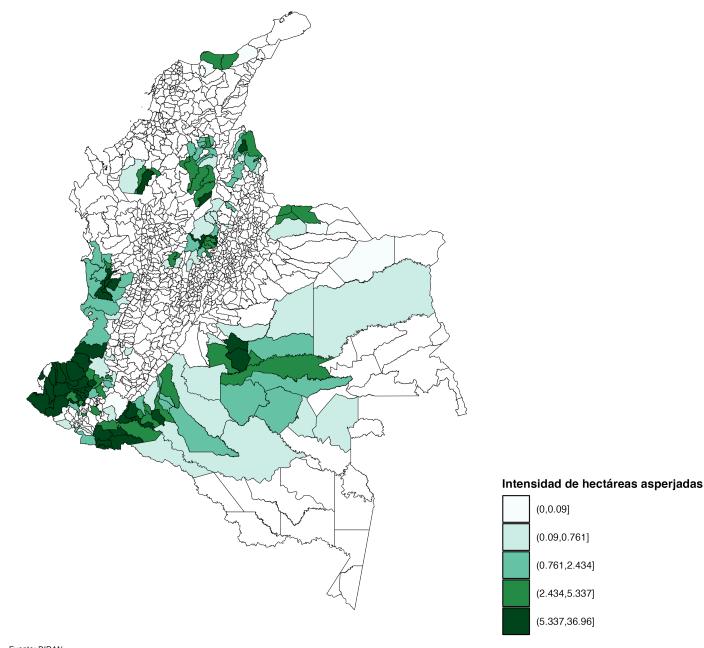


Figura 5: Aspersiones Aéreas municipales en Colombia (2004 - 2012)

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 ¹⁷. 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.

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 intensidad de aplicación del PECIG en la tasa de desplazamiento del mes siguiente. La columna (1) expone la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Esta indica que existe una correlación positiva pero no estadísticamente significativa entre la tasa de desplazamientos forzados y la tasa de aspersiones aéreas. Esto se debe al sesgo de selección que tiene el programa hacia municipios donde prima el conflicto armado, por lo tanto, esto subestima el modelo debido a los múltiples factores que afectan el desplazamiento en estas regiones.

La columna (2) expone los resultados de la segunda etapa del método de Variables Instrumentales (IV), sin introducir las variables de control que afectaban la ejecución del programa. Esta columna muestra que el instrumento genera mayor variación exógena, reflejado en el error estándar. Al introducir los controles sobre el IV en la columna (3), el efecto prácticamente es el mismo, y estadísticamente significativo. El hecho de controlar por otros factores que pueden afectar el desplazamiento y la ejecución del programa permite encontrar un efecto causal más preciso ¹⁸ en el cambio de intensidad de la aspersión. Lo anterior significa que al controlar por variables relacionadas con violencia, desarrollo económico

¹⁷Esta 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.

¹⁸Esta precisión se puede notar en la disminución del error standar. Sin embargo, el hecho de que esta disminución no afecte el valor del efecto es una muestra de precisión de la estimación.

y condiciones ambientales tenidas en cuenta para la aplicación del programa, se captura el efecto neto de la razón de cambio entre la tasa de hectáreas asperjadas y la tasa de desplazamiento forzado en el mes siguiente.

Tabla 3: Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	(1)	(2)	(3)
Aspersiones Aéreas con Glifosato	0,04 (0,034)	1,27 (0,96)	1,28* (0,65)
N	10.246	10.246	10.246
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.

Relación entre aspersiones aéreas y desplazamientos forzados

La tabla 3 también expone que la relación entre ambas variables es consistentemente positiva, es decir, a mayor intensidad de aspersión, mayor es la tasa de desplazamientos en el mes siguiente. En la columna (3) se observa la relación causal entre ambas variables, mostrando que ante el aumento de un punto porcentual en la intensidad de las aspersión, la tasa de desplazamientos en el mes siguiente aumenta, en promedio, 1,28 puntos porcentuales. Este es un efecto considerable teniendo en cuenta que en algunos municipios se asperjó hasta el 7% del territorio total del municipio.

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.

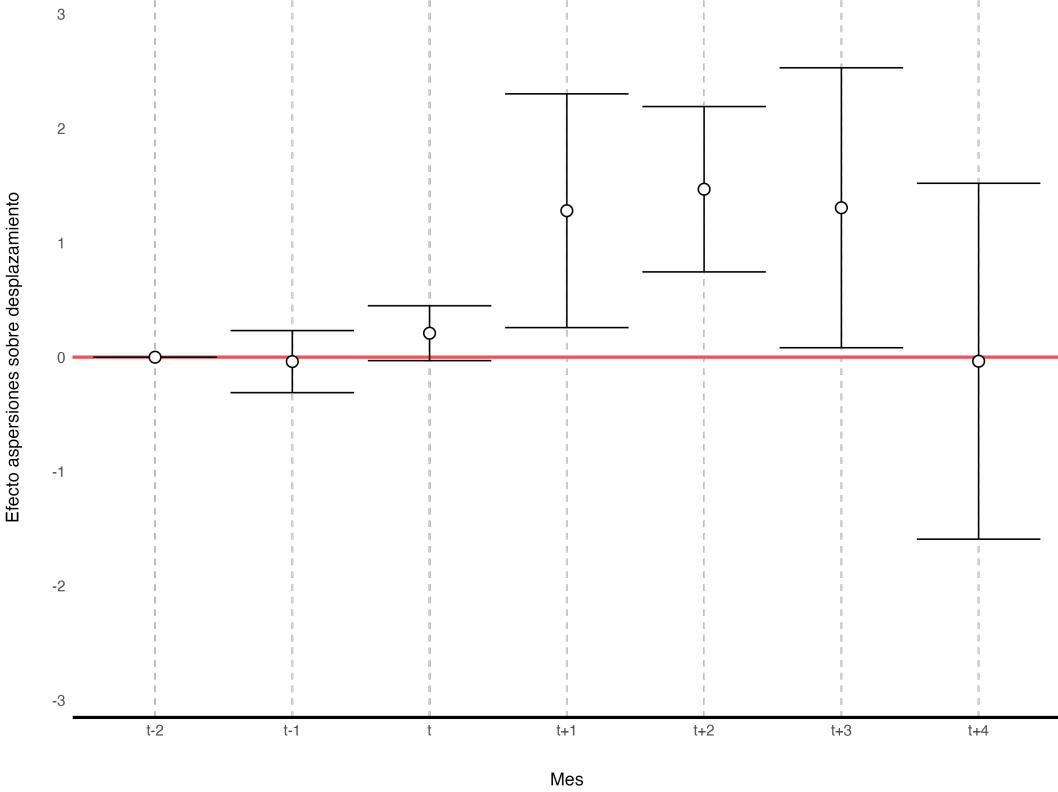


Figura 6: Correlación Desplazamiento y Aspersión Aérea con Glifosato

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 $t + 2$ el efecto es incluso mayor que el presentado anteriormente. La estimación indica que ante un aumento 100 hectáreas asperjadas, el desplazamiento forzado aumentaba en 1,47 puntos porcentuales. Además, después de 3 meses de la aspersión el efecto es de 1,3 puntos porcentuales. Sin embargo, para el resto de meses no existe una relación estadísticamente significativa. Esto quiere decir que la relación significativa se da en el corto plazo.

Por otro lado, 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 anticipados al PECIG, 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 período 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 la tasa de desplazamiento acumulada de los tres meses siguientes a la aspersión como variable dependiente, para determinar un efecto agregado en el tiempo de la aplicación del PECIG.

Al igual que en la tabla 1, la columna (1) muestra que estimando la correlación por MCO el efecto no tiene ningún nivel de significancia. En la columna (2) al aplicar el método de Variables Instrumentales sin controles la relación se vuelve positiva y significativa tomando valores de un aumento de 3,74 puntos porcentuales ante un aumento en la intensidad de aspersión. En la columna (3) añadiendo los controles, la relación adquiere significancia y la magnitud del efecto aumenta, de modo que el efecto agregado en el tiempo de las aspersiones sobre el desplazamiento es de un aumento de 4,24 puntos porcentuales ante un aumento de un punto porcentual sobre la tasa de aspersión.

Tabla 4: Variable dependiente: *Desplazamiento forzado*

	(1)	(2)	(3)
Aspersiones Aéreas con Glifosato	-0,004 (0,089)	3,74* (1,76)	4,24** (1,31)
N	10.246	10.246	10.246
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.
Relación entre aspersiones aéreas y desplazamientos forzados acumulados trimestrales

7.1. Efectos Heterogéneos

La aplicación del programa se presentó en volúmenes muy distintos. La figura 5 muestra que el promedio de las tasas de aspersión varía desde 0 hasta 37 hectáreas fumigadas por cada 10.000 hectáreas del municipio. Esto indica que pueden existir efectos diferenciados del PECIG sobre el desplazamiento forzado dependiendo de cada región, pues dados los efectos adversos del glifosato, la exposición al herbicida en mayor nivel podría producir mayores niveles de desplazamiento en los territorios.

De este modo, la figura 7 muestra el efecto diferenciado de los municipios que recibieron en mayor medida el programa. Es decir, se organizó la muestra de acuerdo a cuartiles de aspersión municipal durante todo el programa y se estimó el modelo de la ecuación 7 tomando como base los municipios del primer cuartil ¹⁹. 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.

¹⁹El cuartil 1 es el cuartil con intensidades más bajas de aspersión.

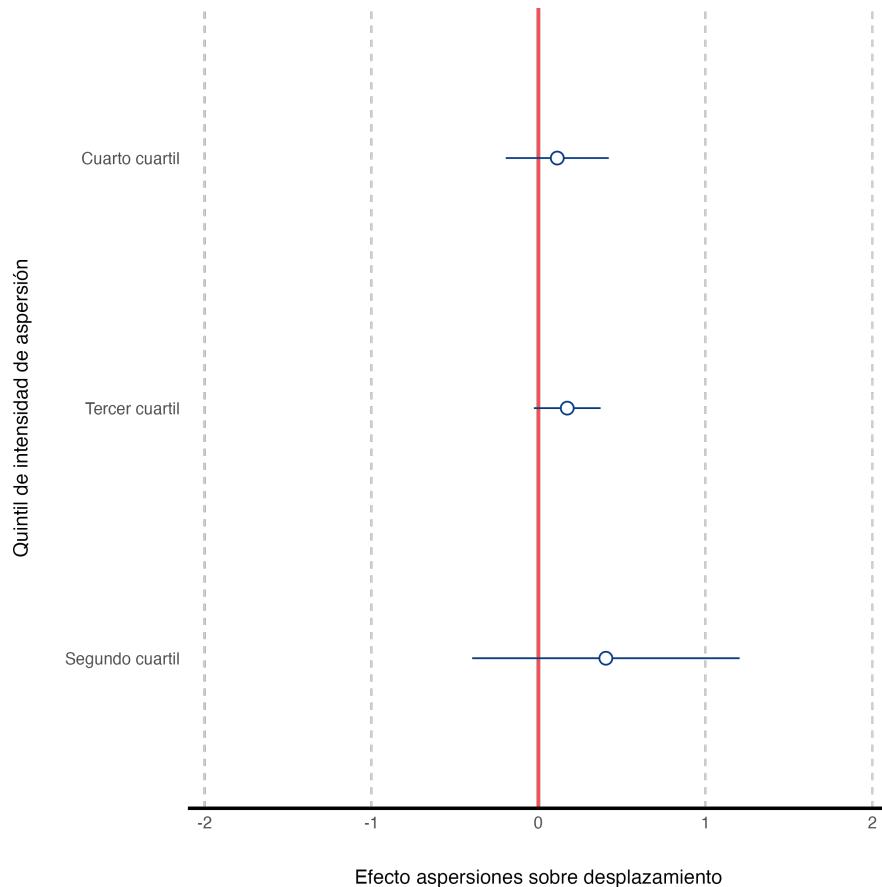


Figura 7: Efectos Heterogéneos por Quintiles de Aspersión

Por otro lado, el programa estaba enfocado en erradicar los cultivos de coca, los cuales también se distribuían de manera diferenciada (anexo 6). Dado que el PECIG era principalmente medido por la reducción de estos cultivos, se aplicaron efectos heterogéneos por cuartiles de presencia de cultivos en relación con el tamaño del municipio tomando como base el primer cuartil²⁰.

La figura 8, expone el resultado diferenciado en el cuarto cuartil, es decir el de mayores niveles de cultivos de coca. Esto implica que la relación entre la intensidad de las aspersiones aéreas y las tasas de desplazamiento forzado es mayor en los municipios con mayor presencia de cultivos de coca. Específicamente, el efecto es 0,18 puntos porcentuales mayor en estos municipios. Esto se puede explicar por la violencia que generan los cultivos de coca por la economía ilícita que gira al su alrededor Martinez Ferro & Zuleta (2019), de modo que la aplicación del programa puede agudizar el conflicto en estas regiones produciendo mayor desplazamiento.

²⁰El primer cuartil representa los municipios con menores niveles de coca en relación a su tamaño.

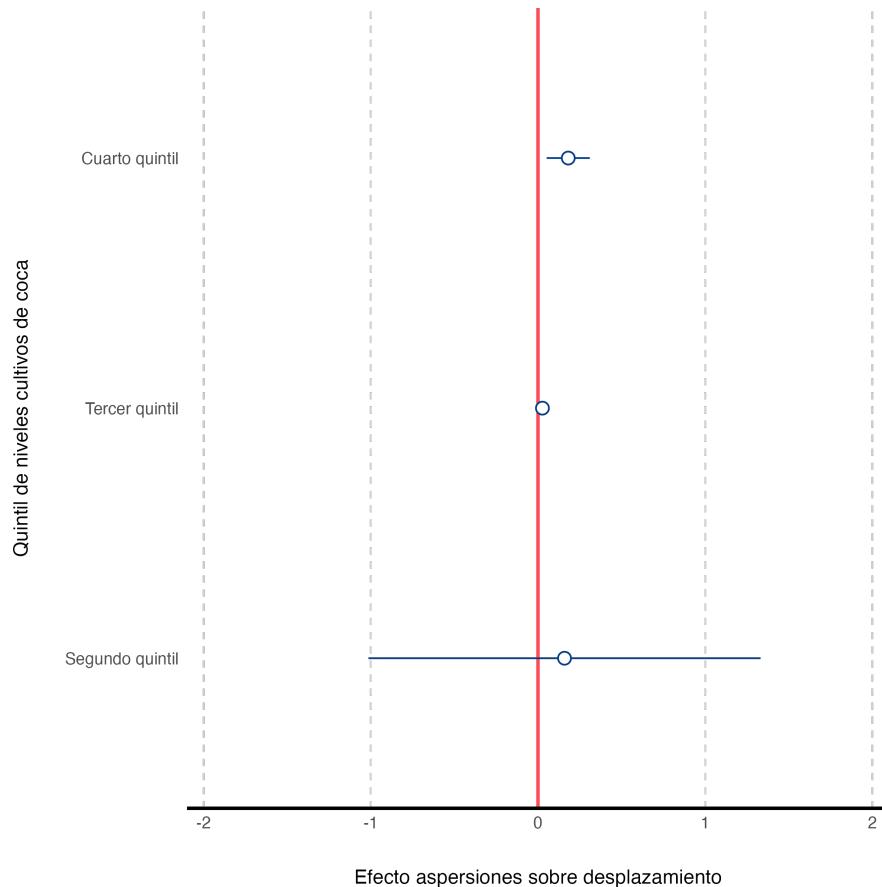


Figura 8: Efectos Heterogéneos por Quintiles de Aspersión

Si bien existe un efecto mayor en los municipios con mayores cultivos de coca, la aplicación no necesariamente fue mayor en los municipios con mayor volumen de cultivos. La forma en la que se aplicó el programa en relación a los cultivos de coca también es diferenciada. Esto significa que en ciertos territorios el programa se dio de forma más intensa respecto a la erradicación de cultivos. Esta interacción pudo producir efectos heterogéneos sobre el desplazamiento forzado. Por lo tanto para medir los efectos heterogéneos es necesario tener en cuenta cuatro niveles distintos, como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5: Efectos Heterogéneos Cultivos de coca y Aspersión

		Aspersiones aeráreas	
Cultivos de Coca	Alto - Alto	Alto - Bajo	
	Bajo - Alto	Bajo - Bajo	

Primero, los municipios donde hubo altos niveles de aspersión y altos niveles de coca ²¹, estos son los municipios donde se concetró más el programa y 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, los municipios con bajos niveles de aspersión y bajos niveles de coca que se localizan en su mayoría en la zona central del país.

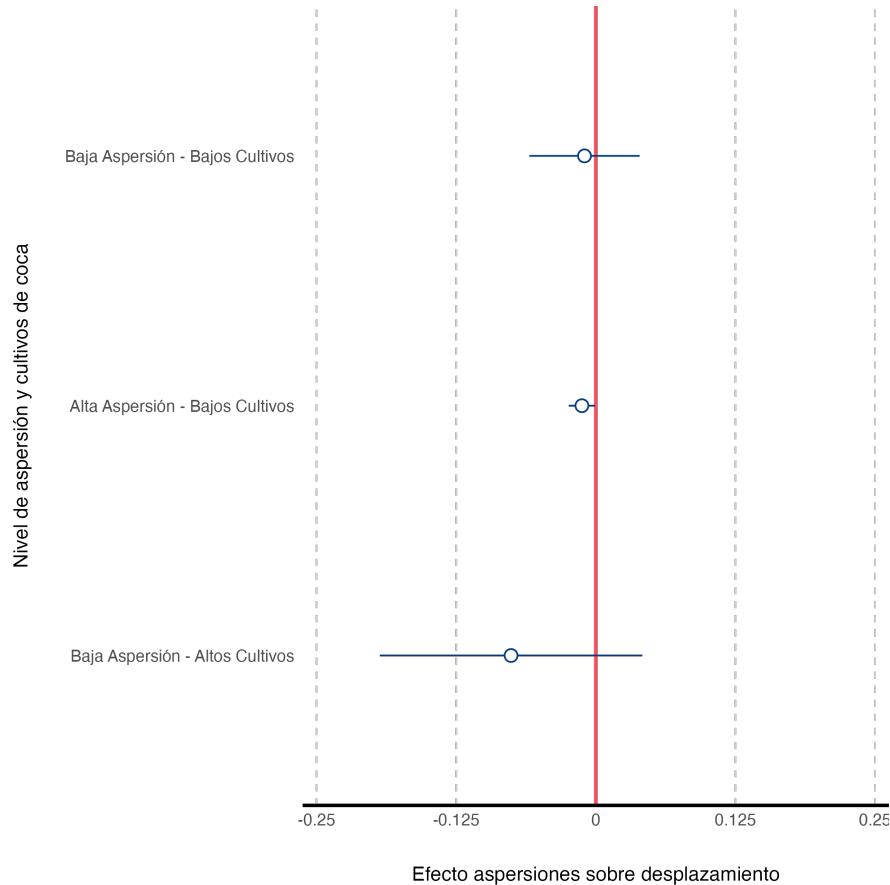


Figura 9: Efectos Heterogéneos por niveles de cultivos de coca y aspersión

En este sentido, la figura 9 muestra los efectos heterogéneos de acuerdo a los diferentes niveles de aspersión de la tabla 5. La categoría que se toma como base es la de base los municipios con alta aspersión y altos cultivos de coca debido a que es la categoria con mayores efectos sobre el desplazamiento forzado. La figura muestra que existe un efecto negativo diferenciado en relación con los municipios con altos niveles de aspersión y bajos cultivos de coca. Por lo

²¹Los niveles de aspersión y de coca se definen como altos y bajos de acuerdo a si estan por encima o por debajo de la media.

tanto, es la interacción entre intensidad de aspersión y altos niveles de cultivos de coca lo que agrava el desplazamiento de los municipios. Esto refuerza la explicación que alrededor de los cultivos de coca se forman economías que buscan proteger este insumo, de modo que con el PECIG la violencia se acrecentaba teniendo efectos sobre el desplazamiento forzado (Abadie et al., 2014; Reyes, 2014) .

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.
- Arias, M. A., Camacho, A., Ibáñez, A. M., Mejía, D., Rodríguez, C., Zárate, R. A., Castañeda, A., Vargas, J. F., Moya, A., Villa, E., et al. (2014). *Costos económicos y sociales del conflicto en Colombia*. Universidad de los Andes.
- 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-%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
- 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
- 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-

- 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
- 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.
- Martinez Ferro, T., & Zuleta, H. (2019). *Cultivos de Coca y Violencia: El cambio después de iniciados los diálogos de paz*. Universidad de los Andes, Facultad de Economía, CEDE.
- 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>
- 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.

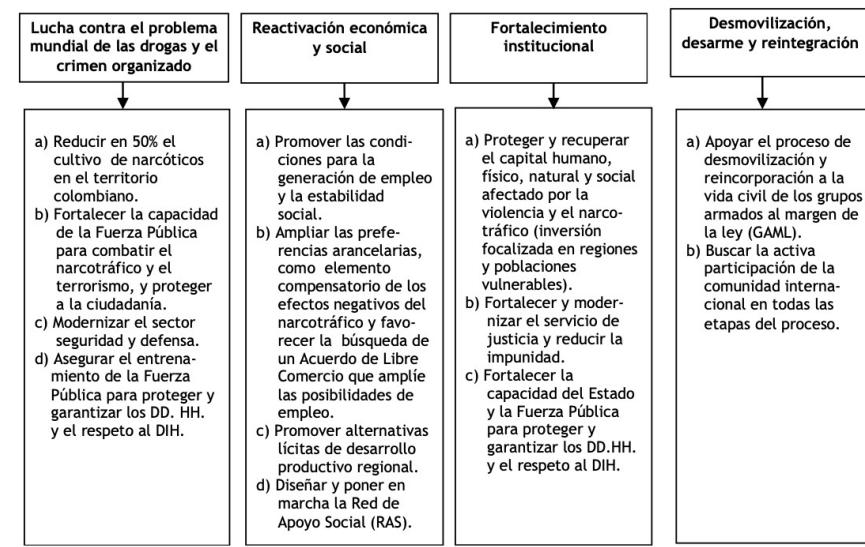
Tabla 1 Víctimas de desplazamiento forzado ocasionado por fumigaciones de cultivos ilícitos incluidas en el Registro Único de Víctimas (RUVC)

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
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.



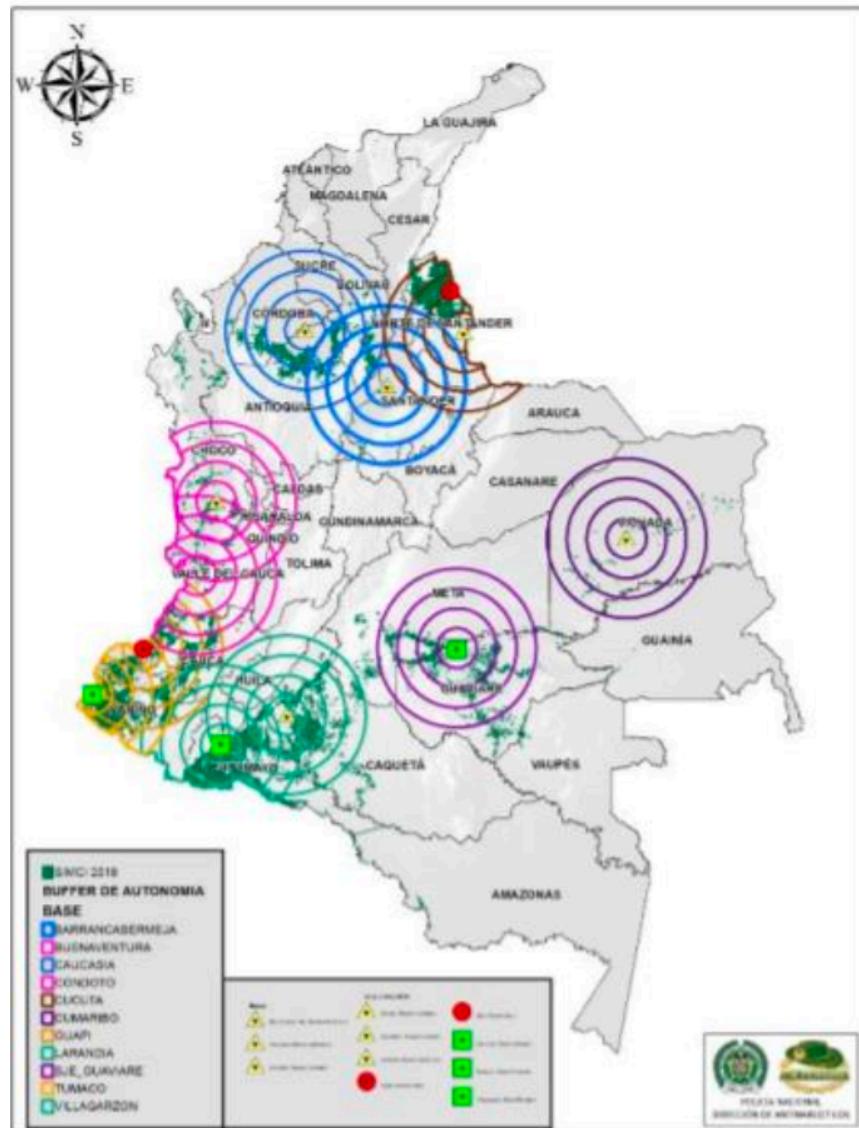
Fuente: DNP - DJS

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 (± 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



Anexo 5: Mapa de cultivos de cultivos de coca en relación al tamaño del municipio (2004 - 2012)

