No. 2 · 2023
ISSN 2805-9999

Revista Formación Política

Glifosato
¿amigo o enemigo?

La ciencia del glifosato y el debate público

El glifosato es **probablemente cancerígeno para los humanos**

El glifosato es **uno de los plaguicidas menos tóxicos para animales y personas**

COLOMBIA
y el caso de la fumigación aérea con glifosato

CAPAZ Instituto Colombo-Alemán para la Paz
Universidad de los Andes
Universidad de Ibagué
Universidad Nacional de Colombia

Efecto de las fumigaciones de cultivos de uso ilícito con glifosato en la producción agrícola legal[1]

Juan Felipe Campos Contreras
Universidad de los Andes

Introducción

Las aspersiones con glifosato como herramienta en la lucha contra los cultivos de uso ilícito han sido ampliamente discutidas y criticadas por sus posibles externalidades negativas. A pesar de la creciente literatura en este ámbito, aún no ha sido posible llegar a un consenso político en cuanto a su efectividad y a los efectos negativos no intencionados consecuencia de su aplicación. Diversos estudios han concluido que este mecanismo, además de resultar significativamente más costoso en comparación con otros que no se basan en la erradicación (Mejía y Restrepo, 2016), es inefectivo en términos de reducir el área de cultivos ilícitos (Moreno, Kraybill y Thompson, 2003; Reyes, 2014; Rozo, 2014; Vargas, 2004).

La literatura académica se ha centrado en estudiar las externalidades de dichas aspersiones sobre la salud humana. Algunos estudios han encontrado que en las zonas en las que se usa el glifosato[2] hay un aumento en el número de casos de consultas médicas relacionadas con enfermedades dermatológicas y respiratorias (Camacho y Mejía, 2017), y con afectaciones sobre la salud de niños recién nacidos (Dias, Rocha y Soares, 2019). Asimismo, se ha mostrado una relación entre la exposición a este químico y mutaciones celulares (Bolognesi *et al.*, 2009; Solomon, Marshall y Carrasquilla, 2009), además de su correlación con cáncer de tipo LNH (linfoma no Hodgkin) (De Roos *et al.*, 2003; Eriksson *et al.*, 2008). A pesar de ello, según algunos autores el

1 Este artículo está basado en Campos, 2020.

2 El glifosato es un herbicida usado no solo para fines de erradicación de cultivos ilícitos, sino también para la eliminación de malezas y plagas en cultivos agrícolas.

glifosato no representa un riesgo para la salud humana siempre y cuando se tomen las medidas de precaución recomendadas para su uso, de modo que es necesario ampliar y continuar las investigaciones científicas en este ámbito (Rico *et al.*, 2016).

En cuanto a las externalidades relacionadas con la agricultura, algunos de los resultados encontrados por la literatura indican que el uso de dicho herbicida para fines agrícolas puede tener efectos negativos sobre diferentes plantas y cultivos. Particularmente, se encuentra que el glifosato genera deficiencias en la absorción de nutrientes por parte de plantas y cultivos agrícolas (Johal y Huber, 2009; Sirinathsinghji, 2012), dificultades en la germinación de semillas (Blackburn y Boutin, 2003) y afectaciones sobre la actividad biológica del suelo (Ruiz, 2013), entre otros. En contraposición, otras fuentes mencionan que el glifosato para usos agrícolas es una herramienta económica, fácil de usar y de alta efectividad a la hora de eliminar malezas y vegetación perjudicial para el desarrollo de diferentes tipos de cultivos, lo cual impacta positivamente en su productividad (Hanson y Hawkins, 2019; Held *et al.*, 2016; Steinmann, Dickeduisberg y Theuvsen, 2012). Si bien diferentes testimonios de comunidades rurales afirman que el uso de dicho herbicida para fines de erradicación de cultivos ilícitos afecta negativamente a los cultivos lícitos cercanos (Espinosa, 2010; Vélez *et al.*, 2018), esto no ha sido comprobado empíricamente ya que, como se mencionó anteriormente, los estudios académicos se han limitado a los efectos del glifosato al ser directamente usado como herbicida sobre cultivos lícitos.

Se buscó llenar este vacío en la literatura a través de un estudio empírico, el cual apunta a determinar las externalidades de la exposición al glifosato con fines de erradicación sobre la agricultura en Colombia. Para ello, se usaron diferentes técnicas econométricas, las cuales serán expuestas en detalle en la sección "Estrategia empírica", al igual que datos del CNA (Censo Nacional Agropecuario) de 2014 y de la Diran (Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional), para así estimar el efecto del número de hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato sobre los rendimientos de producción de los cultivos agrícolas. Lo anterior se realizó para el 2013, periodo durante el cual el CNA recolectó los datos.

Dada la gran cantidad de tipos de cultivos existentes en Colombia, se delimitó el estudio en ese sentido. Para ello, primero se identificaron los cinco tipos de cultivos agrícolas con mayor importancia económica en los municipios con presencia de cultivos de coca, los cuales, según

un estudio de UNODC y FIP (2018), son yuca, plátano, maíz, café y cacao. Luego, usando los datos del CNA, se corroboró dicha importancia para los municipios asperjados aéreamente con glifosato, y se encontró que, para 2013, la participación de dichos cultivos sobre el total de lotes agrícolas registrados en estos municipios fue del 48 %.

La importancia de esta investigación radica en varios puntos. Primero, la discusión en torno al uso de las aspersiones aéreas con glifosato como mecanismo de lucha contra las drogas es central en la coyuntura colombiana actual. Si bien la Corte Constitucional de Colombia ordenó la no reanudación de estas mediante la Sentencia T-236 de 2017, el Gobierno ha hecho diferentes esfuerzos para retomarlas, al punto de publicar el Decreto 380 de 2021, en el que se establecen los pasos a seguir en caso de que vuelva la fumigación. En este sentido, al no haber resultados concluyentes en la literatura académica frente a sus potenciales externalidades negativas en el ámbito agrícola, se podría violar el principio de precaución ante el posible riesgo que estas suponen.

Segundo, se ha encontrado que la presencia de cultivos de coca se asocia a zonas con altos niveles de informalidad, pobreza y vulnerabilidad, cuyas poblaciones están aisladas y tienen un bajo acceso a servicios públicos (UNODC, 2010). Dichas regiones tienen elevados niveles de ruralidad, lo que implica que las actividades agrícolas son fundamentales para sus dinámicas económicas y su subsistencia (Dion y Russler, 2008; UNODC y FIP, 2018). Por eso, ante el hecho de que las aspersiones con glifosato pueden generar externalidades sobre los cultivos lícitos, resulta indispensable contribuir al estudio de sus posibles riesgos. Por último, hasta donde sé, esta es la primera investigación empírica que busca estudiar las externalidades agrícolas generadas por las aspersiones aéreas con glifosato.

Los resultados de este estudio muestran la ausencia de un efecto de las aspersiones aéreas con glifosato sobre los rendimientos de producción de los cultivos de yuca, plátano, maíz, café y cacao. Dicha conclusión se mantiene al usar diferentes técnicas econométricas que buscan abordar algunas de las limitaciones y cuestiones de interés de la metodología planteada.

El resto de este artículo procede de la siguiente manera: la primera sección presenta un contexto en cuanto a las aspersiones aéreas con glifosato, la actividad agrícola en Colombia y los cultivos de coca en este país; la segunda describe los datos usados; la tercera presenta la estrategia empírica; los resultados son presentados en la cuarta y la última sección concluye y discute los resultados.

Contexto

Pecig (Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante Aspersión Aérea con el Herbicida Glifosato)

Desde la década de los noventa una de las principales estrategias de lucha contra las drogas en Colombia ha sido el Pecig, que, de acuerdo con el gobierno nacional, es un programa diseñado para erradicar y controlar cultivos de coca de manera rápida y segura. Si bien este programa fue reglamentado por el CNE (Consejo Nacional de Estupefacientes) desde 1994, el Plan Colombia, estrategia conjunta de los gobiernos de Estados Unidos y Colombia lanzada en 1999, fue el punto de partida para su fortalecimiento y expansión, ante la provisión de recursos y equipos por parte del gobierno estadounidense (Moreno, 2016).

Las aspersiones aéreas eran llevadas a cabo por pequeñas avionetas sobre áreas en las cuales se identificaron cultivos de coca a través de imágenes satelitales. En estas actividades se asperjaban mezclas en las que el herbicida glifosato era el principal componente. La más común era la mezcla GCA (glifosato, Cosmo-Flux y agua), conocida comercialmente como Roundup. Para este caso, por cada hectárea asperjada se usaba un total de 23,55 litros de mezcla, la cual estaba compuesta por 10,4 litros de glifosato; 0,25 litros del coadyuvante Cosmo-Flux 411F y 13 litros de agua. Esta mezcla inhibe una de las enzimas esenciales para el proceso de síntesis de aminoácidos y proteínas de las plantas, lo que lleva a su muerte. Adicionalmente, el coadyuvante hace que las gotas de la mezcla sean más pesadas, lo cual reduce el efecto de deriva y contribuye a que el herbicida se adhiera de mejor forma a la hoja de la planta (Minambiente y Minsalud, 2014).

Si bien el Pecig ha sido uno de los ejes principales de la lucha contra las drogas en Colombia en las últimas décadas, ha sido criticado por su baja relación costo-efectividad y por sus externalidades negativas en diferentes ámbitos. Por esta razón, ante las posibles violaciones a los derechos a la salud, a la vida digna y a un ambiente sano de todas las personas, a través de la Resolución 6 de 2015 el CNE ordenó la suspensión del uso del glifosato en las operaciones de aspersión aérea en todo el territorio nacional. Esta orden fue ratificada en 2017 por la Corte Constitucional de Colombia mediante la Sentencia T-236, que concedió la tutela de los derechos fundamentales a las comunidades indígenas y afrodescendientes del municipio

de Nóvita (Chocó), que alegaron la violación de sus derechos fundamentales a la salud y a un ambiente sano por culpa del Pecig. De este modo, se ordenó al CNE la no reanudación de este programa estableciendo una serie de condiciones para la modificación de este fallo, entre las que se encuentra la existencia de evidencia concluyente en cuanto a la ausencia total de riesgo tras su aplicación (principalmente en términos de salud y medio ambiente).

A pesar de lo anterior, una nueva interpretación de dicho fallo, realizada por la Corte Constitucional en julio de 2019, abrió la posibilidad de que las operaciones de aspersión aérea con glifosato fueran retomadas (Semana, 2019) en tanto se reconoció la imposibilidad de políticas contra las drogas con cero riesgos. Aunque no ha habido un fallo claro por parte de la corte, recientemente el Gobierno ha mostrado intenciones de retomar las aspersiones aéreas, al punto de publicar el Decreto 380 de 2021, en el que se establecieron los pasos a seguir en caso de que vuelva la fumigación.

Agricultura en Colombia

La agricultura es uno de los sectores de mayor importancia en la economía colombiana. Entre enero y septiembre de 2021 este sector representó el 6,5 % del producto interno bruto del

país y empleó al 15,7 % de sus trabajadores. Esto muestra el alto impacto del sector en los ingresos de los colombianos. Los pequeños agricultores son una parte clave para el entendimiento del contexto agrícola nacional. Según diferentes estudios, los pequeños cultivos, entendidos como aquellos cuyas tareas no superan las 10 ha de extensión, ocupan cerca del 70 % del área agrícola del país y aportan alrededor del 60 % del valor de la producción nacional (PNUD, 2012). Por su parte, según cifras de la FAO (2018) estos productores son responsables del 70 % de los alimentos destinados a los mercados locales en Colombia, lo que demuestra su incidencia en el abastecimiento de la demanda alimentaria nacional. En este sentido, el reconocimiento de su importancia en las dinámicas económicas del país resulta imprescindible a la hora de formular políticas que puedan afectar el desarrollo del sector agrícola, como es el caso de las aspersiones aéreas con glifosato.

Cultivos de coca en Colombia

En 2013, año de interés para el presente estudio, los cultivos de coca en Colombia mantuvieron el comportamiento a la baja evidenciado desde inicios del milenio. Según cifras de UNODC, el área cultivada de coca en el país fue de 48.189 ha, la segunda cifra más baja desde 2001 después de la evidenciada en 2012. El área sembrada en 2013 se encontraba distribuida en 23 de los 32 departamentos de Colombia, siendo Nariño, Putumayo, Norte de Santander y Guaviare los más afectados. Estos departamentos concentraron respectivamente 27 %, 16 %, 13 % y 10 % del área sembrada de coca en el país, para un total de 31.914 ha.

Ahora bien, las cifras más actuales (2020) muestran un importante aumento de los cultivos de coca respecto a 2013. Si bien por tercer año consecutivo se ha mostrado una reducción, en 2020 el área cultivada de coca alcanzó un total de 142.783 ha, lo que implica un fuerte incremento de 196,3 % respecto a 2013. Lo anterior ha llevado al gobierno nacional al planteamiento de estrategias de política pública para responder a dicha problemática, incluida la aspersión aérea con glifosato, que, según han mencionado altos funcionarios en repetidas ocasiones, tiene una alta importancia para fomentar la sustitución y erradicación de cultivos ilícitos.

Por otra parte, la presencia de cultivos de coca está asociada a una serie de problemáticas socioeconómicas. Específicamente, estos cultivos son más propensos a expandirse en zonas con

bajo capital social e instituciones gubernamentales débiles y poco articuladas (Thoumi, 2002). Igualmente, los municipios con cultivos de coca presentan altos niveles de informalidad laboral, pobreza y vulnerabilidad, elevados índices de ruralidad y bajo acceso a servicios públicos esenciales (UNODC, 2010).

Según la caracterización elaborada por UNODC y FIP (2018), la población que se encuentra en municipios cocaleros es mayoritariamente joven (el 41 % tiene menos de 19 años). Al ser los jóvenes vinculados tempranamente a labores de cultivo de coca, se expanden las brechas sociales, lo que hace más vulnerable a la población de zonas cocaleras puesto que se fomentan la deserción escolar, la explotación infantil y la informalidad laboral. Ahora bien, el 56 % de las personas vinculadas al mercado de la coca afirma que la falta de oportunidades económicas es la principal razón para emplearse en ello. Esto permite entrever las dificultades de los municipios con coca a la hora de desarrollar de manera satisfactoria y eficiente actividades agrícolas lícitas, lo que resulta un importante factor a tener en cuenta a la hora de diseñar y ejecutar políticas en estos territorios.

Datos

Aspersiones aéreas con glifosato y aeródromos usados para las operaciones de aspersión aérea

Para la metodología empírica de esta investigación se cuenta con información del número de hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato por año y por municipio entre 2005 y 2015. Estos datos fueron obtenidos de la Diran (Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional de Colombia), la cual se encarga de contribuir al diseño y ejecución de políticas de lucha contra el tráfico de estupefacientes en el país, entre las cuales se encuentra el Pecig.

La figura 1 muestra el promedio de hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato en cada uno de los municipios de Colombia en 2013. En ese año se asperjó un total de 47 000 ha, mostrando una alta concentración en regiones fundamentalmente rurales del país, como el litoral Pacífico, el bajo Cauca antioqueño y departamentos como Meta, Guaviare, Caquetá y Putumayo.

Adicionalmente, se tienen las coordenadas de los ocho aeródromos desde los cuales se realizaron las operaciones de aspersión aérea en 2013, información igualmente provista

por la Diran. Siete de ellos eran aeropuertos comerciales y solo uno era de uso exclusivo de las Fuerzas Armadas de Colombia. Se observa que la ubicación de estos aeródromos coincide con las zonas más afectadas por cultivos de coca durante dicho año: tres se encuentran situados a lo largo del litoral Pacífico, dos en zonas cercanas al bajo Cauca antioqueño y otros tres, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Putumayo.

Georreferenciación de cultivos de coca

Se cuenta con información del Simci (Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos) de la ONU. Particularmente, se tienen datos, georreferenciados en píxeles de 1 km^2, de la presencia y el número de hectáreas de cultivos de coca para 2013 en todo el territorio colombiano. Esta información es producida por la UNODC a través de la interpretación de imágenes satelitales y fotografías georreferenciadas tomadas por la Policía Nacional. Los datos obtenidos son verificados y ajustados mediante sobrevuelos de reconocimiento aéreo sobre las zonas identificadas. A través de estos datos es posible determinar cuáles municipios tuvieron presencia de cultivos de coca en 2013.

CNA (Censo Nacional Agropecuario) 2014

El CNA de 2014 es el tercer censo de actividades agropecuarias que se realiza en Colombia, siendo el anterior el de 1960. Proporciona información estadística georreferenciada de los sectores agropecuario, forestal, acuícola y pesquero, y de aspectos ambientales del país. Su universo de estudio corresponde al área rural que figura en los registros catastrales del Igac (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). El objeto de estudio del CNA son las UPA (unidades de producción agropecuaria) del territorio nacional, las cuales se definen como unidades económicas que comprenden toda tierra dedicada, total o parcialmente, a fines agropecuarios, independientemente de su título, su forma jurídica o su tamaño.

El CNA brinda información correspondiente a 2013 relacionada con la producción agrícola de cada UPA. Particularmente, a cada productor se le encuesta sobre las características físicas del terreno y sus métodos de producción (p. ej., sistemas de riego, uso de fertilizantes y químicos, maquinaria, tipo de semilla). Además, para cada uno de los lotes cultivados se pregunta por tipo de cultivo (p. ej., plátano, tomate, mora, cacao), su área sembrada y cosechada, al igual que por la cantidad de producto obtenida en la última colecta. Con esta información es

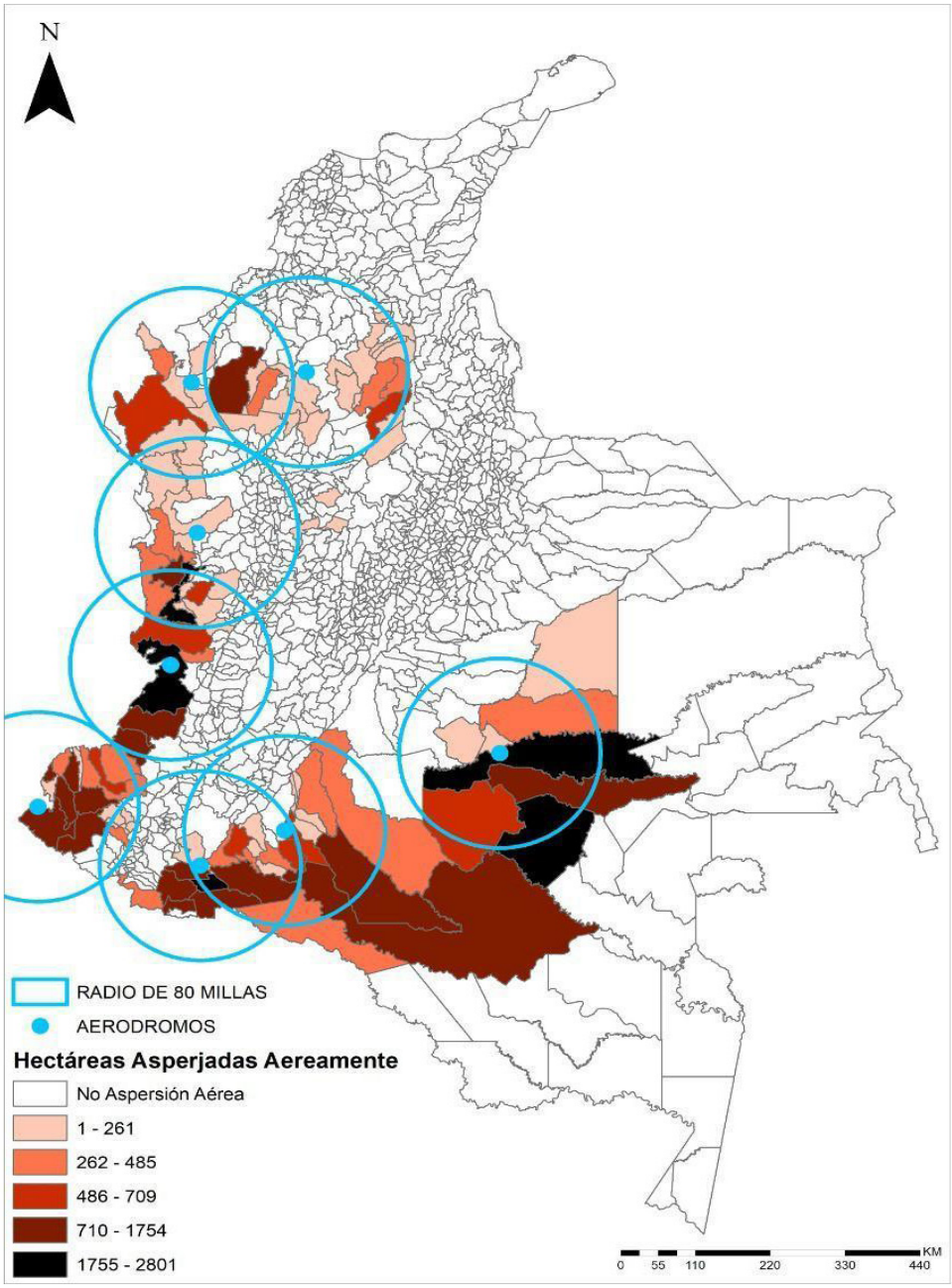


Figura 1. Hectáreas asperjadas aéreamente en Colombia en 2013 y ubicación de los aeródromos desde los cuales fueron efectuadas

Fuente: producción propia

posible construir una medida de rendimiento de producción de cada uno de los lotes registrados en el CNA, entendida como la proporción de kilos producidos por cada hectárea cosechada. A su vez, a través de equipos satelitales se registran las coordenadas geográficas de cada una de las UPA censadas.

Estrategia empírica

Selección y delimitación de cultivos agrícolas de interés

Ante el alto número de tipos de cultivo existentes en Colombia, se buscó delimitar este estudio a un número reducido de estos, pero de alta importancia en las dinámicas económicas de los municipios asperjados aéreamente con glifosato. Inicialmente, se identificaron los cultivos agrícolas de mayor importancia económica en los municipios con presencia de cultivos de coca. Según el estudio realizado por UNODC y FIP (2018), los productos mayoritariamente cultivados allí fueron plátano (11 %), cacao (6 %), yuca (5 %), café (4 %) y maíz (3 %).

Para verificar si estos resultados son consistentes con la información de los municipios asperjados durante 2013, usando los datos del CNA descritos en la segunda sección se calculó la participación de los cinco tipos de cultivo mencionados sobre el número total de plantaciones ubicadas en dichos municipios. Tal como se observa en la tabla 1, el 48 % del total de plantaciones correspondieron a los cinco cultivos de interés. Lo anterior, además de evidenciar la importancia de estos en términos agrícolas, muestra su relevancia en las dinámicas económicas de estas entidades territoriales, al ser municipios altamente dependientes de la agricultura (Dion y Russler, 2008).

La estrategia

Para determinar de qué manera se ve afectado el rendimiento de producción de un cultivo lícito por la exposición a las actividades de aspersión aérea con glifosato, se planteó un modelo econométrico cuya variable a explicar (variable dependiente) es la razón entre kilos producidos y hectáreas cosechadas en 2013 del tipo de cultivo de interés. Por su parte, la variable principal, que explica el rendimiento (variable independiente), es el número de hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato en ese mismo año en el municipio en el que se encuentra el cultivo.

Es importante aclarar que en el modelo la variable de rendimiento cambia según el tipo de cultivo, lo que se debe a dos razo-

nes. Primero, los cultivos tienen diferentes escalas de producción según su tipo, lo que hace que sus respectivos rendimientos no sean comparables. Segundo, el efecto de las aspersiones puede variar según el tipo y las características de cada cultivo, como su altura, su vulnerabilidad, su necesidad de agua, entre otras. En este sentido, el modelo planteado se estima cinco veces, una para cada uno de los tipos de cultivo identificados en la tabla 1.

Tabla 1. Cultivos de mayor importancia en los municipios asperjados aéreamente con glifosato (participación sobre el total de plantaciones registradas en el CNA)[3]

Plátano	21 %
Yuca	11 %
Maíz	8 %
Cacao	5 %
Café	3 %
Total	48 %

Fuente: elaboración propia con base en CNA de 2014.

Ahora bien, aunque se cuenta con información de las actividades de aspersión aérea a nivel municipal, no es posible determinar aquellas UPA cuyos cultivos estuvieron directamente expuestos al glifosato pues no se saben las coordenadas exactas en las que este se asperjó en cada municipio. Por ello, solo se pueden identificar los cultivos que potencialmente se vieron afectados por las operaciones de aspersión, lo cual se logra mediante el análisis de la cercanía de cada cultivo a los aeródromos desde los cuales se efectuaron aquellas en 2013.

La inclusión de este análisis de cercanía tiene sentido a la luz de la metodología planteada por Reyes (2014), quien afirma que, según la Diran, existe una fuerte relación entre la distancia a uno de estos aeródromos y la intensidad de las actividades de aspersión aérea llevadas a cabo en una zona. Lo anterior obedece a que este método de erradicación es efectuado por avionetas militares cuyo armamento es sustituido por equipos de fumigación, lo que pone en riesgo su seguridad. Por esta razón, dichas avionetas son acompañadas por helicópteros que tienen un rango máximo de vuelo de 128,7 kilómetros (80 millas), por cuestiones de combustible, punto a partir del cual deben regresar a su origen. Luego de esta distancia, las avionetas tendrían que ir por su cuenta, lo que las haría vulnerables a ataques por parte de grupos armados o productores de coca. En este sentido, es plausible considerar que el nivel de exposición de un cultivo a

3 Los porcentajes mostrados en esta tabla corresponden a la participación de cada uno de los tipos de cultivo sobre el total de plantaciones registradas en el CNA. Se denomina plantación a todos los lotes de un cultivo que se encuentren dentro de una UPA.

las operaciones de aspersión aérea con glifosato depende de que se encuentre situado a 80 millas o menos de uno de los ocho aeródromos referidos.

De este modo, el modelo pondera el efecto de la potencial afectación del glifosato sobre un cultivo, no solo por la intensidad de las aspersiones que se llevaron a cabo en el municipio donde está ubicado, sino también por su cercanía a las actividades de aspersión. Se logra así estimar el efecto causal de la exposición a las aspersiones sobre el rendimiento de producción de un cultivo.

Ahora bien, el rendimiento de un cultivo también depende de las prácticas agrícolas empleadas por el campesino, las que también se incluyen como variables en el modelo: sistema de riego usado (p. ej., goteo, aspersión, gravedad). uso de fertilizantes, método de control de plagas (p. ej., orgánico, químico, uso de plantas repelentes), uso de maquinaria y construcciones para la producción, asesorías para buenas prácticas, interacción del agricultor con asociaciones agrícolas, acceso a créditos financieros y número de personas trabajando en la UPA en dichas actividades.

Por último, diferentes factores no observables de los municipios, al igual que sus condiciones climáticas y geográficas —luminosidad, precipitación, humedad del aire y vientos— pueden incidir en el efecto de las fumigaciones aéreas, así como en la productividad de los cultivos de interés. Por esta razón, se incluyen efectos fijos de municipio, los cuales permiten incluir dichos factores en el análisis.

Resultados

Tabla 2. Efecto de las aspersiones aéreas con glifosato sobre rendimientos agrícolas

	Rendimientos (kg/ha)				
Variable dependiente: hectáreas asperjadas ponderadas por Distancia a aeródromo	**Yuca (1)**	**Plátano (2)**	**Maíz (3)**	**Café (4)**	**Cacao (5)**
Panel A: cultivos en municipios cocaleros	0,0700	0,0511**	-0,0178	0,174**	0,000110
Efecto estimado	(0,0622)	(0,0232)	(0,0268)	(0,0784)	(0,00406)
N.° de observaciones	78,258	127,167	53,529	58,444	39,322
Panel B: cultivos en municipios asperjados	0,0502	0,0163	-0,0334	-0,00863	-0,000230
Efecto estimado	(0,0799)	(0,0255)	(0,0397)	(0,0906)	(0,00477)
N.° de observaciones	46,798	83,399	32,632	11,331	20,675
Panel C: pequeños agricultores	0,0525	0,0321	-0,0484	-0,0848	-0,000196
Efecto estimado	(0,113)	(0,0341)	(0,0607)	(0,115)	(0,00586)
N.° de observaciones	22,877	50,900	16,055	9,012	12,041
Panel D: producción para autoconsumo	0,00649	0,0292	-0,00802	0,237	0,00105
Efecto estimado	(0,119)	(0,0404)	(0,0630)	(0,272)	(0,00495)
N.° de observaciones	12,391	19,937	6,527	1,340	3,217

* p < 0,1, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

Fuente: elaboración propia.

Nota 1: errores estándar robustos en paréntesis.

Nota 2: los coeficientes reportados corresponden al efecto marginal promedio de la interacción *HaG Daero* para diferentes especificaciones. Los controles de UPA incluyen variables de método de riego, uso de fertilizantes, método de control de plagas, uso de maquinaria, asesorías agrícolas, interacción con asociaciones agrícolas, uso de créditos para fines agrícolas y número de personas trabajando en la finca.

La tabla 2 presenta los resultados de la estimación del modelo descrito en la sección anterior, el cual determina el efecto de las aspersiones aéreas con glifosato sobre los rendimientos de producción de los cultivos agrícolas. Como se mencionó, el modelo se estima cinco veces puesto que hay cinco diferentes variables dependientes de interés (ver sección anterior). Los resultados para cada variable dependiente se muestran de la siguiente manera: en la columna (1) están los resultados del modelo tomando como variable dependiente los rendimientos de producción de los cultivos de yuca; en la (2), los de plátano; en la (3), los de maíz; en la (4), los de café y en la (5), los de cacao.

Ahora bien, es importante mencionar que los coeficientes mostrados en la tabla corresponden a la estimación del efecto de las aspersiones aéreas sobre el rendimiento de cada uno de los cinco tipos de cultivo. En caso de que el modelo haya determinado que existe un efecto (es decir, que un valor es estadísticamente significativo), el respectivo coeficiente está acompañado de al menos un asterisco; en caso de que el modelo no sea concluyente respecto a la existencia de un efecto, no se muestra ningún asterisco junto al coeficiente.

De otra parte, las estimaciones son realizadas para cuatro conjuntos de cultivos diferentes (paneles). Se busca así analizar si el efecto de interés se mantiene o cambia según algunas características. El panel A corresponde a los cultivos dentro de los municipios con presencia de coca durante 2013. Esta muestra permite comparar cultivos en territorios no asperjados con cultivos en territorios asperjados, los cuales tienen en común el hecho de que se encuentran cercanos a cultivos de coca. El panel B corresponde a los cultivos que se encontraban en los municipios en los que se realizaron actividades de aspersión aérea con glifosato en dicho año, lo que permite delimitar la muestra solo a los cultivos potencialmente expuestos por las aspersiones aéreas. El panel C, cuya muestra está compuesta por los cultivos dentro de los municipios asperjados en dicho año, se compone de pequeños productores, clasificados así ante sus bajas escalas de producción. Este tercer panel permite analizar los potenciales efectos de las aspersiones sobre la producción de este tipo de agricultores, cuyos métodos suelen ser menos tecnificados y desarrollados, lo que hace a sus cultivos más vulnerables a choques externos (FAO, 2013). Por último, el panel D contiene los cultivos que se encuentran dentro de un municipio que fue asperjado en 2013 y cuya producción estaba destinada al autoconsumo (pancoger), los cuales, como en el caso anterior, son más vulnerables a choques

ante su baja tecnificación y sus bajas escalas de producción.

La columna 1 de la tabla 2 muestra la inexistencia de un efecto estadísticamente significativo de las aspersiones aéreas con glifosato sobre los rendimientos de producción de los cultivos de yuca. Esto mismo ocurre en el caso de las estimaciones correspondientes a los cultivos de maíz y cacao (columnas 3 y 5), donde tampoco es posible observar un efecto significativo de las aspersiones sobre los respectivos rendimientos.

Por su parte, en el caso de las columnas 2 y 4, que corresponden a los cultivos de plátano y café, tampoco se muestra un efecto negativo en las hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato. De hecho, las estimaciones del panel A incluso muestran la existencia de un efecto positivo y significativo sobre los rendimientos de producción de estos dos cultivos. Sin embargo, dicho efecto no se mantiene a lo largo de los paneles B, C y D, en los cuales los valores respectivos no son estadísticamente significativos[4].

4 A pesar de que los resultados no se mantienen en las estimaciones de los cuatro paneles propuestos, el efecto positivo puede ser explicado a la luz de que el glifosato, al ser un herbicida que ataca maleza y vegetación no deseada en los cultivos (Held *et al*., 2016), puede beneficiar los rendimientos de producción de estos cultivos.

Dado lo anterior, es posible afirmar que los resultados de la tabla 2 no indican evidencia estadística suficiente que permita afirmar la existencia de un efecto, ni negativo ni positivo, de las aspersiones aéreas con glifosato sobre los rendimientos de producción de los cultivos de yuca, plátano, maíz, café y cacao.

Conclusión y discusión

Este artículo estudia las externalidades de las aspersiones aéreas con glifosato sobre la agricultura en Colombia. Usando información del número de hectáreas asperjadas aéreamente con glifosato a nivel municipal, de la ubicación de los aeródromos desde los cuales dichas aspersiones fueron efectuadas y del CNA de 2014 se estima un modelo econométrico con el fin de determinar el efecto de esta política contra las drogas sobre los rendimientos de producción de los cinco tipos de cultivo de mayor relevancia económica en los municipios asperjados. Los resultados muestran que no hay evidencia que permita afirmar la existencia de algún efecto sobre los rendimientos de producción de yuca, plátano, maíz, café y cacao.

Los resultados encontrados pueden ser explicados a la luz de diferentes razones. Primero, la ausencia de efecto de las

fumigaciones aéreas sobre los rendimientos agrícolas puede indicar que dicho método de erradicación no genera externalidades relevantes sobre los cinco cultivos analizados. Segundo, puede existir una limitación de datos en la metodología empleada puesto que no se cuenta con información georreferenciada precisa de las operaciones de aspersión aérea, en el sentido de que no es posible identificar de manera exacta las UPA directamente expuestas a este método de erradicación. Si bien se busca superar esta limitación identificando las UPA potencialmente expuestas a partir de su cercanía a los aeródromos desde los cuales se realizaron dichas operaciones, esta aún persiste en las estimaciones econométricas efectuadas, de modo que es un potencial factor de sesgo de los resultados.

Por último, si bien se evidencia que no hay un efecto sobre los rendimientos de los cinco tipos de cultivo más importantes en las dinámicas económicas de los municipios asperjados, las aspersiones pueden afectar cultivos con escalas de producción más bajas y de alta importancia en términos de autoconsumo. A pesar de que lo anterior se intenta abordar mediante la estimación del modelo tomando únicamente las UPA cuya producción está destinada de forma exclusiva al consumo del hogar, la metodología propuesta no analiza el posible efecto generado sobre otros cultivos con escalas de producción más bajas, que pueden ser esenciales para la subsistencia y las dinámicas sociales de los pobladores de las zonas asperjadas. Dadas sus características y la menor sofisticación en sus métodos de producción, estos cultivos pueden ser más vulnerables a choques externos.

Es importante aclarar que este artículo no pretende evaluar las aspersiones aéreas con glifosato como política antidrogas. Pese a que, según la metodología planteada, las aspersiones no muestran un efecto sobre los rendimientos de producción de cultivos lícitos, estos resultados deben ser contrastados con los diferentes hallazgos de la literatura académica, los cuales asocian dichas fumigaciones a efectos colaterales en la salud (Camacho y Mejia, 2017; Dias, Rocha y Soares, 2019; Solomon, Marshall y Carrasquilla, 2009), baja costo-efectividad en términos de la reducción de cultivos de coca (Mejía y Restrepo, 2016; Reyes, 2014; Rozo, 2014; Vargas, 2004) y afectaciones a la legitimidad del Estado (Restrepo *et al.*, 2020), entre otros.

Investigaciones futuras deberían replicar la metodología planteada usando información georreferenciada que permita identificar las UPA directamente

expuestas a aspersiones aéreas con glifosato. Asimismo, próximos estudios deberían repetir las estimaciones propuestas para diferentes periodos. Esto último con el fin de analizar posibles cambios en el efecto de las aspersiones sobre la agricultura en Colombia a lo largo del tiempo y de capturar condiciones particulares de 2013 que pueden explicar la ausencia del efecto en dicho año (p. ej., condiciones meteorológicas o cambios en los métodos de fumigación).

Referencias

Blackburn, L. y Boutin, C. (2003). Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with glyphosate (Roundup). Ecotoxicology, 12(1-4), 271-285.

Bolognesi, C., Carrasquilla, G., Volpi, S., Solomon, K. y Marshall, E. (2009). Biomoni-toring of genotoxic risk in agricultural workers from five colombian regions: Association to occupational exposure to glyphosate. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 72(15-16), 986-997.

Camacho, A. y Mejía, D. (2017). The health consequences of aerial spraying illicit crops: The case of Colombia. Journal of Health Economics, 54, 147-160.

Campos, J. (2020). Efectos de las aspersiones a*é*reas con glifosato sobre los rendimientos agr*í*colas (tesis de maestría). Universidad de los Andes, Bogotá. Recuperado de https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/48661

De Roos, A., Zahm, S., Cantor, K., Weisenburger, D., Holmes, F., Burmeister, L. y Blair, A. (2003). Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-hodgkin's lymphoma among men. Occupational and Environmental Medicine, 60(9), doi: 10.1136/oem.60.9.e11.

Dias, M., Rocha, R. y Soares, R. (2019). Glyphosate use in agriculture and birth outcomes of surrounding populations. IZA Intitute of labor Economics. Discussion Paper Series. Recuperado de https://tinyurl.com/yckcu9fe

Dion, M. y Russler, C. (2008). Eradication efforts, the state, displacement and poverty: Explaining coca cultivation in Colombia during Plan Colombia. Journal of Latin American Studies, 40(3), 399-421.

Eriksson, M., Hardell, L., Carlberg, M. y Akerman, M. (2008). Pesticide exposure as risk factor for non-Hodgkin lymphoma including histopathological subgroup analysis. International Journal of Cancer, 123(7), 1657-1663.

Espinosa, N. (2010). Política de vida y muerte: etnografía de la violencia diaria en la sierra de la Macarena. Bogotá: ICANH.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2013). Agricultores pequeños y familiares. Recuperado de https://tinyurl.com/2p984r93

FAO (20 de marzo de 2018). FAO inicia reuniones bilaterales con candidatos a la presidencia de Colombia. FAO en Colombia. Recuperado de https://tinyurl.com/ycku36m7

Hanson, C. y Hawkins, C. (2019). Glyphosate: Response to comments, usage, and benefits [memorandum].United States Environmental Protection Agency, Washington D. C. Recuperado de https://tinyurl.com/4yc2d5j5

Held, A., Hudson, J., Martin, L. y Reeves, W. (2016). Benefits and safety of glyphosate. Monsanto. Recuperado de https://tinyurl.com/3mua5pt3

Johal, G. y Huber, D. (2009). Glyphosate effects on diseases of plants. European Journal of Agronomy, 31(3), 144-152.

Mejía, D. y Restrepo, P. (2016). The economics of the war on illegal drug production and trafficking. Journal of Economic Behavior & Organization, 126, 255-275.

Minambiente y Minsalud (2014). Orden décimo quinta del auto 073 de 2014. Parte I: glifosato.

Moreno, M. (2016). Memoria histórica de las fumigaciones 1978-2015. MamaCoca e Indepaz. Recuperado de https://tinyurl.com/4rrvaun7

Moreno, R., Kraybill, D. S. y Thompson, S. R. (2003). An econometric analysis of coca eradication policy in colombia. World Development, 31(2), 375-383.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2012). El campesinado. Reconocimiento para construir país. Cuaderno del Informe de Desarrollo Humano Colombia 2011. Bogotá: PNUD.

Restrepo, D., Rodríguez, S. y Vélez, M. (2020). El examen final a la Policía Nacional quedó aplazado. La Silla Vacía. Recuperado de https://www.lasillavacia.com

Reyes, L. (2014). Estimating the causal effect of forced eradication on coca cultivation in colombian municipalities. World Development, 61, 70-84.

Rico, D., Scoppetta, O., Alzate, J. y González, A. (2016). Verdades científicas sobre glifosato y salud pública. Bogotá: FIP.

Rozo, S. (2014). On the unintended consequences of enforcement on illegal drug producing countries. *UCLA CCPR* Population Working Papers. Recuperado de http://papers.ccpr.ucla.edu/index.php/pwp/article/view/PWP-CCPR-2014-005

Ruiz, A. (2013). Efecto y persistencia del glifosato sobre parámetros biológicos del suelo en el bosque secundario, en Sucumbíos (tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Recuperado de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1986

Semana (20 de julio de 2019). El glifosato toma vuelo. Recuperado de https://tinyurl.com/5e8srt79

Sirinathsinghji, E. (9 de enero de 2012). USDA Scientist Reveals All: Glyphosate hazards to crops, soils, animals, and consumers. Don Huber painted a devastating picture of glyphosate and GM crops at UK Parliament. Science in Society Archive. Recuperado de http://www.i-sis.org.uk/USDA_scientist_reveals_all.php

Solomon, K., Marshall, E. y Carrasquilla, G. (2009). Human health and environmental risks from the use of glyphosate formulations to control the production of coca in Colombia: Overview and conclusions. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 72(15-16), 914-920.

Steinmann, H., Dickeduisberg, M. y Theuvsen, L. (2012). Uses and benefits of glyphosate in german arable farming. Crop Protection, 42:164–169.

Thoumi, F. (2002). Illegal drugs in colombia: From illegal economic boom to social crisis. The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 582(1), 102-116.

UNODC (Oficina de Naciones Unidad contra la Droga y el Delito) (2010). Características agroculturales de los cultivos de coca en Colombia 2005-2010. Bogotá: UNODC.

UNODC y FIP (Fundación Ideas para la Paz) (2018). ¿Quiénes son las familias que viven en las zonas con cultivos de coca?. UNODC y FIP. Recuperado de https://tinyurl.com/5n7w8hjv

Vargas, C. (2004). Cultivos ilícitos y erradicación forzosa en Colombia. Cuadernos de Economía, 23(41), 109-141.

Vélez, M., Lobo, I., Arroyo, A. y Caicedo, S. (2018). Voces del Pacífico [cortometraje en YouTube]. Universidad de Los Andes. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=SufbGhItajM&t=5s

Revista Formación Política

Contenido

Editorial
— *Carlos Emilio Raigoso Camelo* 6

¿Glifosato: amigo o enemigo?
— *Eva Novotny* 10

Cultivos ilícitos y políticas de drogas: actuar sin preguntar, ¿por qué será que no puede funcioonar?
— *Francisco E. Thoumi* 27

La ciencia del glifosato y el debate público
— *Obdulia Torres González y Carmen Elena Rodríguez Martínez* 41

Uso responsable del glifosato para una agricultura sostenible
— *Mauricio Rodríguez* 55

Efecto de las fumigaciones de cultivos de uso ilícito con glifosato en la producción agrícola legal
— *Juan Felipe Campos Contreras* 71

Un experimento que se hace público: los roles del conocimiento científico y el Estado en las disputas en torno al glifosato en Argentina
— *María Paula Blois y Constanza Rendón* 91

© Universidad Nacional de Colombia
© Universidad de los Andes
© Universidad de Ibagué
© Instituto Colombo-Alemán para la Paz CaPaz

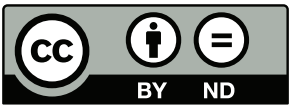
ISSN 2805-9999

Edición
Editorial Universidad Nacional de Colombia
direditorial@unal.edu.co
www.editorial.unal.edu.co

Comité editorial: Juan Camilo González
Alexis De Greiff A.
Camila De Gamboa Tapias
Hernando Hernández
Lisímaco Parra
Stefan Peters
Silvia Restrepo
Alfonso Reyes Alvarado
Gustavo Silva Carrero
Adriana Suárez
Paca Zuleta
Alberto Amaya

Director Revista Formación Política: Gustavo Silva Carrero
Coordinación editorial: Robinson Andrés Rodríguez
Corrección de estilo: Yecid Muñoz Santamaría
Diseño y diagramación: Francisco Javier Jiménez

Imágenes tomadas de Pixabay y Freepik



Creative Commons Atribución - Sin derivar.

Impreso en Bogotá, D. C., Colombia

CENTRO PARA LA
EDUCACIÓN POLÍTICA

Revista

Formación Política

CAPAZ
Instituto Colombo-Alemán para la Paz

Universidad de los Andes

Universidad de Ibagué

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA