

CONSECUENCIAS DE LA ASPERSIÓN AÉREA EN LA SALUD: EVIDENCIA DESDE EL CASO COLOMBIANO*

Adriana Camacho[†]

Daniel Mejía[‡]

1. Introducción

Durante los últimos treinta años Colombia ha sido un jugador de primer orden en los mercados internacionales de drogas ilegales, especialmente en el mercado de la cocaína. Antes de 1994, en Colombia se cultivaba relativamente poca coca (entre 30,000 y 40,000 hectáreas por año, según la fuente de información que se utilice¹). Sin embargo, con las políticas implementadas bajo el gobierno peruano de Alberto Fujimori durante la primera mitad de los noventa, se bloqueó el tránsito aéreo que conectaba los centros de cultivo en Perú y Bolivia con los centros de procesamiento de la hoja de coca o las pasta en clorhidrato de cocaína en Colombia. Esto hizo que durante la segunda mitad de la década de los 90s los cultivos de coca se trasladaran de Perú y Bolivia hacia Colombia. Como consecuencia, durante la segunda mitad de los noventa, los cultivos de coca en Colombia aumentaron rápidamente y Colombia pasó a ser el principal país productor de hoja de coca y cocaína en la región Andina (y el mundo). La gran mayoría de la cocaína producida en Colombia es exportada; cerca de un 60% de la producción se exporta a mercados de América del Norte y el restante 40% es exportado hacia mercados europeos. En promedio, durante los últimos años, entre el 65% y el 70 % de la cocaína consumida en el mundo se produce en Colombia.

* Agradecemos a Lorena Caro y Juan Pablo Cote por su excelente labor como asistentes de investigación de este proyecto. Daniel Mejía agradece al Ministerio de Protección Social por el acceso a la base de datos de los RIPS. Agradecemos también el apoyo financiero de UKaid del Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID). Todos los errores son nuestros.

[†] Profesora asociada, Facultad de Economía, Universidad de los Andes. E-mail: adcamach@uniandes.edu.co

[‡] Profesor asociado y Director del Centro de Estudios sobre Seguridad y Drogas (CESED), Universidad de los Andes. E-mail: dmejia@uniandes.edu.co

¹ Las dos fuentes de información sobre cultivos de coca en Colombia y la región Andina son la Oficina de Naciones Unidas para las Drogas y el Crimen (UNODC, por sus siglas en inglés) y la Oficina de la Casa Blanca para el Control de Drogas (ONDCP, por sus siglas en inglés).

Los ingresos que se generan producto de este negocio ilegal son muy significativos. Se estima que en el 2008 el tamaño de la producción y tráfico de la cocaína en Colombia fue de \$13.6 billones de pesos (aproximadamente \$7.8 billones de dólares), lo que equivale aproximadamente al 2.5% de PIB colombiano². Estos recursos no solo provienen de una actividad ilegal (la producción y tráfico de cocaína) sino que también son la principal fuente de fuente de financiación de grupos armados al margen de la ley, que utilizan los recursos provenientes del narcotráfico para cubrir gran parte de los costos asociados a sus actividades violentas.

Como consecuencia del significativo aumento en los principales indicadores de producción y tráfico de cocaína en el país, en septiembre de 1999 el Gobierno colombiano anunció una nueva estrategia, financiada parcialmente por el gobierno de Estados Unidos, que habría de conocerse como el *Plan Colombia*. Cuando se concibió, el Plan Colombia tenía dos objetivos principales: primero, reducir la producción de drogas ilegales (principalmente cocaína) en un 50% en los siguientes 6 años y, segundo, mejorar las condiciones de seguridad en el país, recuperando amplias zonas del territorio nacional que estaban bajo el control de grupos armados ilegales. De acuerdo con información del gobierno colombiano, el gobierno de Estados Unidos desembolsó cerca de \$472 millones de dólares por año, entre el 2000 y el 2008, en subsidios a las fuerzas armadas colombianas para luchar contra la producción y el tráfico de drogas, y los grupos armados ilegales vinculados a estas actividades. Adicional a esto, el gobierno colombiano gastó en ese mismo componente militar del Plan Colombia cerca de \$712 millones de dólares anuales durante el mismo periodo. Tomados de manera conjunta, los gastos del componente militar del Plan Colombia representaron cerca de \$1.1 billones de dólares por año, correspondientes al 1.1% del PIB anual del país.

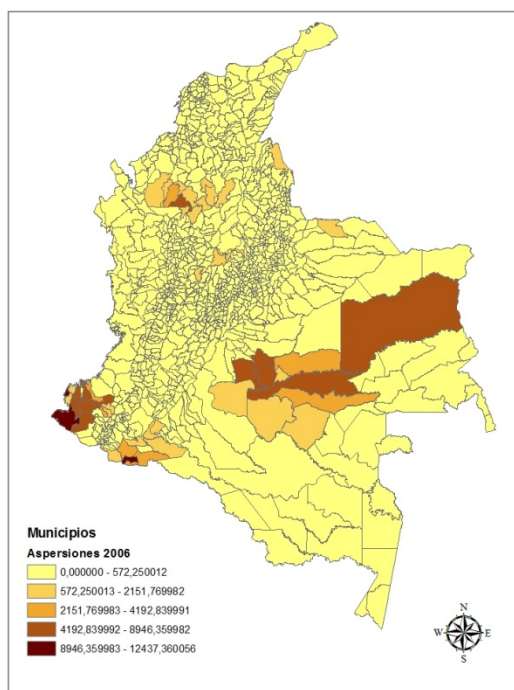
Las principales estrategias utilizadas bajo el *Plan Colombia* para combatir la producción y tráfico de drogas han sido las campañas de aspersión aérea de cultivos de coca, la erradicación manual de cultivos ilícitos, el control de precursores químicos usados en el procesamiento de la coca, la detección y destrucción de laboratorios para el procesamiento de hoja de coca (cristalizaderos) y la incautación de cargamentos de drogas en ruta hacia el exterior. De estas

² Ver Mejía y Rico (2011).

estrategias anti-drogas, la aspersión aérea de cultivos ilícitos ha sido tal vez la principal, y a la que más recursos presupuestales se han destinado desde el inicio del Plan Colombia.

En particular, durante la última década, se han asperjado con herbicidas en promedio 128 mil hectáreas anuales en distribuidas en diferentes zonas del país como se puede ver en el Mapa 1.

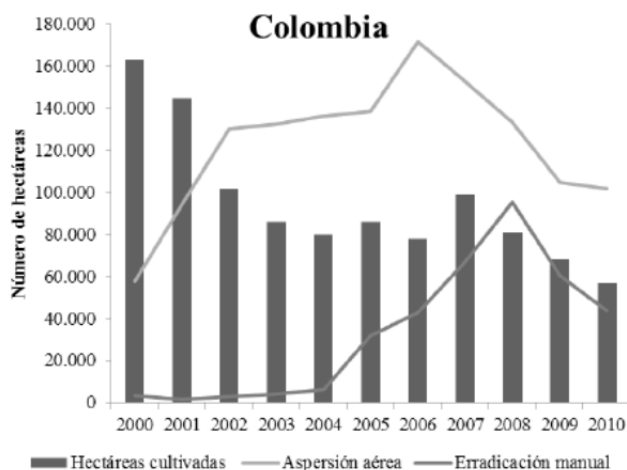
Mapa 1: Concentración de campañas de aspersión aérea en Colombia en el año 2006



Fuente: Cálculos de los autores con base en información de SIMCI – UNODC.

La Gráfica 1 presenta la evolución en el tiempo de las hectáreas cultivadas con hoja de coca, las hectáreas asperjadas con herbicidas y el número de hectáreas erradicadas manualmente, para todo el país. Como se puede apreciar en dicho Gráfico, la aspersión aérea de cultivos ilícitos ha sido una actividad muy intensa durante la última década, alcanzando su pico máximo en el año 2006, con cerca de 178,000 hectáreas asperjadas con herbicidas en todo el país.

Gráfico 1: cultivos de coca, aspersión aérea y erradicación manual, 2000-2010



Fuente: Cálculos de los autores con base en información de SIMCI – UNODC.

Las campañas de aspersión aérea de herbicidas sobre los cultivos ilícitos son generalmente ejecutadas por contratistas estadounidenses que trabajan para compañías como DynCorp. Estas compañías utilizan pequeños aviones para fumigar los cultivos de coca con sustancias como Roundup, un herbicida producido por la compañía americana Monsanto que desarrolló y patentó la molécula de glifosato en 1970 y comenzó a comercializarla en 1973. El glifosato es el principio activo de este herbicida que además contiene un surfactante, POEA, que ayuda a que al glifosato penetre la planta y la destruya. El objetivo de la fumigación con glifosato es inhibir la enzima encargada de la síntesis de aminoácidos aromáticos, previniendo así que la planta permanezca viva. Esta sustancia se absorbe a través del follaje de la planta, y solo es efectiva si ésta se encuentra en crecimiento (la fumigación no es efectiva para prevenir que las semillas gemen). Cabe anotar que en la actualidad Colombia es el único país en el mundo que permite la aspersión aérea de cultivos de drogas.

A pesar de la gran cantidad de recursos y los esfuerzos que se han invertido en esta estrategia antidrogas, la gran mayoría de las evaluaciones disponibles sobre el impacto de la siembra de cultivos de coca y la producción de cocaína indican que tienen una muy baja (o nula) efectividad (ver, por ejemplo, Mejía, Restrepo y Rozo, 2013; y Reyes, 2012).

En este estudio analiza el efecto indirecto de las campañas de aspersión aérea sobre la salud de la población Colombiana. Más específicamente, algunos estudios previos señalan que las actividades de fumigación deterioran la calidad de vida generando múltiples problemas dermatológicos, respiratorios, oculares, hormonales e incluso anormalidades durante la gestación y abortos. En este sentido, este documento explora las posibles consecuencias negativas sobre la salud que afectan a los individuos expuestos a la aspersión aérea.

Este capítulo describe un ejercicio estadístico en el cual se utilizan las siguientes dos fuentes de información: primero se construye un panel de registros médicos individuales de todo el país, desde 2003 hasta 2007, a partir de los Registros Individuales de Prestación de Servicios de Salud (RIPS) y los datos diarios del número de hectáreas asperjadas por municipio durante el mismo periodo de tiempo. La unión de estas dos fuentes de información se utiliza para estimar el efecto de la aspersión sobre enfermedades dermatológicas, oculares, endocrinas y abortos. La especificación econométrica utilizada nos permite comparar el incremento en la probabilidad de sufrir un problema de salud para el mismo individuo que estuvo expuesto a distintos niveles de aspersión aérea en diferentes momentos del tiempo. Nuestros resultados indican que la aspersión aérea del municipio de residencia incrementa el número de consultas médicas relacionadas a la exposición al glifosato; concretamente, encontramos efectos negativos sobre problemas dermatológicos y abortos. Nuestros resultados también indican que el cultivo de hoja de coca también causa incrementos en la probabilidad de sufrir problemas de salud.

La estrategia empírica que seguimos (ver Camacho y Mejía, 2013) nos permite tener un diseño cuasi-experimental apropiado para estudiar el efecto de la aspersión aérea sobre los resultados de salud e interpretar nuestros resultados como efectos *causales*³. Nuestro trabajo hace tres contribuciones a la literatura existente sobre este tema. En primer lugar, la fortaleza de nuestro estudio comparado con otros que han intentado estimar los efectos de la aspersión sobre los trastornos de salud es el gran tamaño de la muestra que utilizamos. En particular, nuestros datos contienen todos los registros administrativos de consultas médicas en Colombia

³ En otras palabras, los efectos estimados no son simples correlaciones entre la probabilidad de sufrir algún trastorno de salud y la presencia de cultivos de coca o campañas de aspersión, sino relaciones de causalidad de las dos últimas variables a la primera.

desde 2003 a 2007, que después de un proceso de limpieza, el cual se describirá más adelante, contiene más de 50 millones de observaciones; esto nos permite encontrar resultados muy precisos y robustos en nuestros resultados empíricos. En segundo lugar, los datos con los que contamos nos permiten establecer un vínculo entre la fecha exacta y la magnitud de la aspersión aérea con el día de la consulta médica. Finalmente, la posibilidad de construir un panel de resultados de salud a nivel individual es única, en el sentido que controla por diferencias en comportamientos, genética y estado básico de salud de los individuos.

Los resultados de nuestro estudio sobre los efectos indirectos de la aspersión aérea en la salud de la población son muy relevantes. Si bien pueden parecer pequeños, estos efectos son un factor determinante que se traduce en una menor expectativa de vida, menor calidad de vida y una reducción de la productividad en general. Aun cuando los efectos de largo plazo sobre la salud no se evalúan en este documento, estos también pueden ser importantes.

El documento está organizado como sigue. La sección 2 revisa la literatura relevante sobre los efectos de la aspersión aérea sobre los cultivos de coca y sus efectos colaterales. Esta sección hace un énfasis especial en describir los resultados existentes en la literatura sobre los efectos de la exposición a herbicidas (especialmente al glifosato) sobre la salud humana. La sección 3 describe los datos del panel de consultas médicas y aspersión aérea en Colombia que utilizamos en nuestro ejercicio empírico; la sección 4 presenta el marco teórico detrás de nuestras estimaciones; la sección 5 discute los principales resultados obtenidos y la sección 6 presenta los resultados de una prueba placebo. Finalmente, la sección 7 presenta las conclusiones del estudio. Los detalles técnicos asociados a nuestras estimaciones así como los resultados más precisos se encuentran en Camacho y Mejía (2013).

2. Revisión de la literatura

Algunos estudios de la literatura económica reciente cuestionan la efectividad de la erradicación aérea de cultivos ilícitos en la lucha contra las drogas. Moreno-Sánchez et al. (2003) estiman un modelo econométrico de producción de coca en Colombia usando datos

nacionales para el período 1988-2001; sus resultados indican que la política de erradicación de coca del gobierno colombiano no ha alcanzado su objetivo de reducir los cultivos de coca. Los autores argumentan que el área cultivada se ha incrementado a pesar de que los esfuerzos de erradicación se han intensificado, y que los cultivadores parecen compensar la erradicación cultivando la coca de forma más extensiva. Su evidencia sugiere que los incentivos a producir cultivos sustitutos pueden tener un potencial reductor de la oferta de coca mayor que la erradicación. En un estudio desarrollado por Dion y Russler (2008), los autores modelan el patrón de cultivo de coca en Colombia después de la implementación del Plan Colombia (2001-2005). Sus resultados indican que la erradicación aérea reduce el cultivo de coca primeramente a través de la generación de desplazamiento significativo (generado a su vez por la violencia y la interrupción indiscriminada de la agricultura en los lugares con cultivos de coca), y en consecuencia los costos sociales y económicos no deseados de la aspersión deberían ser considerados y atendidos explícitamente por el gobierno. Basados en sus hallazgos, estos autores argumentan que los esfuerzos por reducir los cultivos de coca deben enfocarse en desarrollar infraestructura pública local y acceso al mercado, en conjunto con esfuerzos por reducir la pobreza e inversión en desarrollo alternativo. En otro estudio, Reyes (2011) usa un panel de seis años (2001-2006) de observaciones municipales para Colombia y estimar el efecto de la erradicación de coca en la asignación de tierras a nivel municipal. Específicamente, Reyes (2011) utiliza la distancia de cada municipio a la base aérea de aspersión más cercana como instrumento de las campañas de aspersión. La intuición de esta estrategia radica en el hecho de que en la medida en que los aviones de fumigación se alejan de la zona donde los helicópteros de la Policía Antinarcóticos pueden protegerlos de los grupos armados ilegales que tratan de derribarlos, la aspersión se hace más costosa y debería disminuir. Los resultados de ese estudio indican que las políticas de erradicación (fumigación y erradicación manual) no son efectivas: el efecto causal de un aumento del uno por ciento en la erradicación es un *aumento* un poco menor que uno por ciento en la coca cultivada. Un resultado similar es obtenido por Bogliacino y Naranjo (2012). Estos autores usan datos municipales de 2000 a 2008 y encuentran que la política estándar de erradicación ha tenido efectos contra-intuitivos y no ha reducido la producción. En particular, encuentran que el rezago de la aspersión aérea afecta positiva y significativamente el área cultivada con coca (y el mismo resultado se obtiene para el rezago de la erradicación manual). Finalmente, el trabajo de Mejía, Restrepo y Roza (2013)

utiliza la variación exógena en la aspersión aérea que se produjo luego de un roce diplomático entre los gobiernos de Colombia y Ecuador alrededor de los efectos negativos que la aspersión en la zona fronteriza entre estos dos países estaba teniendo sobre la población y el medio ambiente en territorio ecuatoriano. Este roce diplomático llevó a un compromiso del gobierno colombiano de no llevar a cabo más campañas de aspersión aérea de cultivos ilícitos en una franja de 10km dentro de territorio colombiano en la frontera con Ecuador. Al comparar la evolución de los cultivos de coca de esa franja con los de la siguiente franja de 10 km, Mejía et al. (2013) encuentran que la aspersión aérea sí reduce los cultivos de coca, pero el efecto, aunque estadísticamente significativo, es bastante pequeño. En particular, los autores encuentran que cada hectárea adicional asperjada con glifosato reduce los cultivos de coca entre 0.15 y 0.20 hectáreas en promedio. Cabe anotar que este es el único estudio disponible en la literatura que encuentra efectos negativos y significativos (aunque pequeños) de la aspersión aérea sobre los cultivos de hoja de coca.

Además de que posiblemente no es muy efectiva en la reducción de los cultivos de coca, la aspersión aérea puede tener efectos negativos en diferentes dimensiones, según lo han documentado varios estudios. Sobre el medio ambiente, autores como Relyea (2005) y Navarrete-Frías et al. (2005) documentan el efecto de la aspersión en la deforestación, la contaminación de fuentes de agua y la disminución en la disponibilidad de alimentos (Navarrete-Frías et al. sostienen que el glifosato puede reducir la germinación de semillas entre un 24 y un 85%). Otros autores documentan afectaciones a la fauna, como el estudio de Cox (2005), que asocia a la aspersión la reducción en las poblaciones de roedores e insectos y el de Imming (2010), que indica los impactos negativos de la aspersión sobre el desarrollo fisiológico de los anfibios. Sin embargo, existen algunos estudios que señalan que no se encuentra actividad residual del glifosato en la tierra. Prueba de esto es que hay una recuperación rápida de los cultivos asperjados por medio de la resiembra exitosa de coca, nacimiento de otras plantas, o ambas. (Franz et al., 1997).

Otros estudios señalan la inconveniencia de la aspersión desde el punto de vista social. Navarrete-Frías et al. (2005) sostienen, por ejemplo, que la aspersión aérea está causalmente relacionada con incrementos en los desplazamientos de población. Otros estudios, como los de

García (2011) y el reporte de Witness for Peace (2005) señalan que los procesos de aspersión generan desconfianza de la población civil hacia las instituciones del gobierno.

Múltiples estudios han intentado documentar los impactos del glifosato en la salud humana. Sanborn et al. (2004) indican que la aspersión genera problemas dermatológicos en la población expuesta, entre los que se encuentran quemaduras, irritación y enrojecimiento de la piel. Sherret et al. (2005) encuentran una correlación entre la aspersión y distintas afecciones respiratorias, principalmente irritación de las vías respiratorias inferiores e incluso cáncer de pulmón. Cox (1995) documenta que existen casos de envenenamiento en humanos, con síntomas como dolor gastrointestinal, vómito, disfunción pulmonar, destrucción de glóbulos rojos, erosión gastrointestinal, baja presión arterial y daño renal. Además, el estudio de Sanborn et al. (2004) establece que la exposición a la aspersión está asociada a problemas de fecundidad y a una menor concentración del esperma en los hombres.

Otras investigaciones han documentado el efecto de la aspersión en los abortos y las malformaciones en el feto. Sherret (2005), por ejemplo, señala que los pesticidas afectan la regulación del ciclo embrionario, lo cual se traduce en desarrollo anormal del feto. Los estudios de Sanborn et al. (2004), Regidor et al. (2004) y Sanborn et al. (2007) afirman que la exposición al pesticida antes de la concepción está asociada con abortos durante el primer trimestre del embarazo. Indican, además, que la exposición directa del padre a grandes cantidades de pesticida esta también asociada a un mayor riesgo de muerte fetal, riesgo que se incrementa aún más si la exposición se realizó durante los 3 meses anteriores a la concepción. Se reportan también casos de anencefalia asociados con exposición directa de la madre al pesticida durante el período periconcepcional (tres meses previos a la concepción hasta el tercer mes de embarazo). Finalmente, los estudios de Sanborn et al. (2004) y Sanborn et al. (2007) encuentran alguna evidencia (aunque menor) sobre la prevalencia de trastornos mentales, como síntomas de depresión, ansiedad, desórdenes neuronales, menor sensibilidad en el tacto, reflejos anormales y disfunción psicomotriz. En cuanto a enfermedades neurodegenerativas, encuentran evidencia de una posible relación entre exposición a pesticidas en el trabajo y posterior sufrimiento de Mal de Parkinson y Mal de Alzheimer.

A pesar de la amplia documentación que se ha hecho en la literatura científica acerca de la correlación existente entre la exposición a los herbicidas utilizados en las campañas de aspersión aérea y la prevalencia de trastornos de salud, ninguno se ha preocupado por corregir por los posibles problemas de endogeneidad que hacen que los efectos no puedan ser interpretados como *causales*. En palabras sencillas, es fácil de argumentar que estos estudios sufren, por ejemplo, de sesgos en variables omitidas, que explican simultáneamente la prevalencia de problemas de salud, la presencia de cultivos de coca y la exposición al glifosato. Por ejemplo, el principal candidato a este sesgo es la omisión en los análisis de variables como la pobreza. En zonas más pobres y aisladas, existe mayor presencia de cultivos de hoja de coca, más fumigación con glifosato y hay una mayor prevalencia de problemas de salud, con lo cual la relación existente entre estas variables puede ser espuria. Una de las mayores fortalezas de nuestro trabajo es que, al utilizar una base de datos panel a nivel individual, nos permite interpretar los efectos encontrados como efectos causales de la aspersión aérea de glifosato sobre diferentes enfermedades. En particular, la información con la que contamos nos permite seguir a un mismo individuo en el tiempo y comparar su probabilidad de sufrir enfermedades en momentos en que ha estado expuesto al glifosato *vis-a-vis* momentos en los cuales no ha estado expuesto.

3. Descripción de los datos

3.1. Base de datos de los RIPS de consultas médicas, urgencias y hospitalizaciones (2003 - 2007)

La base de datos de los RIPS (Registro Individual de Prestación de Servicios de Salud) contiene los registros individuales de las consultas, urgencias, hospitalizaciones y procedimientos médicos llevados a cabo en todas las instituciones prestadoras de servicios de salud en Colombia. Este estudio hace uso de la base de datos de consultas médicas, desde el año 2003 hasta el 2007. Cada observación en esta base contiene información sobre la consulta (fecha, municipio en que se realizó, diagnóstico de la valoración según código CIE-10, IPS que prestó el servicio, valor de la consulta) y sobre el paciente (edad, género, tipo de usuario y tipo de aseguramiento).

Siguiendo la literatura médica previamente resumida, establecimos tres grupos de enfermedades potencialmente relacionadas con la aspersión aérea, que analizamos en este documento: enfermedades dermatológicas, respiratorias, y anormalidades durante el embarazo - abortos. Cada grupo recoge una serie de diagnósticos que fueron seleccionados usando los códigos CIE-10. En el Anexo A reportamos los diagnósticos usados en las estimaciones, así como la proporción que cada diagnóstico representa sobre el total de consultas médicas del panel. Para nuestra muestra encontramos que el 1,8% y 5,3% de las consultas de diagnósticos dermatológicos y respiratorios pueden ser causados por la aspersión de glifosato respectivamente. Es importante tener en cuenta que no tenemos información ni podemos inferir nada sobre los individuos que no asisten a consultas médicas durante los 6 años cubiertos por nuestro período de estudio.

Adicionalmente estudiamos anormalidades en el embarazo. Para construir este último resultado, usamos información de las consultas prenatales y hospitalizaciones relacionadas con partos de la base de datos de los RIPS. Para esta muestra de 2.5 millones de observaciones (corresponden a mujeres que han reportado citas prenatales y/o partos), un 7% de ellas ha sufrido de un aborto.

Finalmente, el Anexo B incluye una descripción detallada del proceso de limpieza de la base de datos y de distintas revisiones que realizamos para verificar su representatividad en la población y corregir errores en esta información.

3.2. Datos de cultivos de coca, aspersión aérea y erradicación manual

La información de cultivos ilícitos proviene de imágenes satelitales geo-referenciadas que se toman una vez al año, durante los últimos días de diciembre, y que son corregidas por factores climáticos como nubosidad. Estos datos se encuentran a nivel municipal y anual y miden el número de hectáreas cultivadas con coca al final de cada año entre 2003 y 2007. Los datos de aspersión aérea provienen de la Policía Nacional y son recolectados mediante dispositivos de geo-referenciación ubicados en los mismos aviones utilizados en las campañas de aspersión. Más precisamente, cuando una aeronave se encuentra en una campaña de aspersión y la válvula se abre para llevar a cabo la fumigación, el dispositivo graba una coordenada; lo mismo sucede cuando la válvula se cierra. Con esto, queda grabada una línea o traza de aspersión, que luego

es procesada por personal de Naciones Unidas para calcular el número de hectáreas asperjadas en cada evento⁴. Los datos de erradicación manual son recolectados por el personal del gobierno encargado de estas labores. Los llamados Grupos Móviles de Erradicación llevan consigo dispositivos de ubicación satelital que les permiten hacer una ubicación bastante exacta de los sitios en donde adelantan las labores de erradicación manual y medir el área de los lotes de coca destruidos. Tanto los datos de aspersión aérea como los de erradicación manual se tienen a nivel municipal y con periodicidad diaria.

4. Determinantes e impactos de la aspersión aérea sobre la salud

Los determinantes de la salud están dados por una función de producción de salud introducida por Grossman (1972). Bajo esta teoría, la salud es una función de los siguientes insumos:

- Estado de salud inicial de cada individuo: corresponde a factores genéticos e inversión (acumulación y depreciación) de la salud de períodos anteriores.
- Tiempo libre: entendido como tiempo invertido en actividades que mejoran la salud como el ejercicio, cocinar, dormir, tiempo para visitar al doctor, entre otras.
- Cuidado médico: fundamentalmente corresponde a bienes y servicios que podrían adquirirse en el mercado y que mejoran la salud, como la buena calidad de los doctores, hospitales, medicinas, vacunas y alimentación.

Es difícil medir la dotación inicial de salud, o los factores genéticos que generarán heterogeneidad de la salud entre individuos. Nuestro estudio logra sobreponerse a este problema al comparar un mismo individuo a lo largo del tiempo⁵. Esto logra capturar por completo la dotación individual de salud y controlar los aspectos de comportamiento y hábitos, mejorando así sobre las estimaciones que comparan individuos no relacionados (i.e., los estudios que utilizan datos de corte transversal).

⁴ Para hacer este cálculo, el personal técnico de SIMCI calcula un área de aproximadamente 30 metros a cada lado de la traza de aspersión. Con esto, el área asperjada cada que se abre la válvula es de 60 mts x la distancia recorrida por el avión con la válvula abierta.

⁵ Esto se hace incluyendo un efecto fijo de individuo en las ecuaciones a estimar.

Para pensar este estudio como un cuasi-experimento en donde la aspersión aérea es exógena a las características de salud de cada individuo se requiere, primero, que la aspersión no pueda ser anticipada por los individuos y, segundo, que las características no observables de los individuos no estén relacionados con la aspersión. Para cumplir con el primer supuesto, este enfoque usa la incertidumbre sobre el momento y la magnitud de la aspersión aérea, y asume que existe una certidumbre sobre la prevalencia promedio de la aspersión y el cultivo de coca en el área. Para cumplir con el segundo supuesto utilizamos dos estrategias. La primera consiste en comparar a un mismo individuo a lo largo del tiempo, con lo cual debería reducirse la preocupación sobre la variación sistemática y conjunta entre la aspersión y otras características no observables que sesgarían la estimación de nuestro coeficiente de interés (i.e., el parámetro que mide el impacto de la aspersión y los cultivos de coca sobre la salud de los individuos). Como una segunda estrategia tenemos en cuenta dentro de nuestras estimaciones algunas características a nivel municipal tales como el área del municipio, su población, los ingresos tributarios de industria y comercio y los recursos transferidos por el Gobierno Nacional Central destinados al rubro de salud. Al incluir estas variables estamos controlando por algunas características a nivel municipal distintas de aquellas relacionadas con la coca y su erradicación. Así mismo, controlamos por otras variables relacionadas con la presencia del estado en el municipio pero que no están relacionadas directamente con la coca; ellas son la tasa de desmantelamientos a laboratorios y de operaciones antinarcóticos (incautaciones de agroquímicos, específicamente) por cada 100 mil habitantes; estos últimos datos provienen de la Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional de Colombia (DIRAN).

Nuestra especificación para la función de producción de salud está dada por la siguiente ecuación:

$$h_{imt} = \beta_0 + \beta_1 Asp_{mt} + \beta_2 Coca_{mt} + \beta_3 Errad_{mt} + X_{imt} \alpha + \gamma_{year} + \gamma_{month} + \mu_i + \varepsilon_{imt} \quad (1)$$

Donde h_{imt} es la proporción de consultas asociadas a diagnósticos médicos potencialmente relacionadas con la aspersión con glifosato a las que asiste un individuo i , en el municipio m en el día t . Asp_{mt} es el promedio del área bajo aspersión aérea (en kilómetros cuadrados) durante

un período de tiempo anterior a la consulta en el municipio m . $Coca_{mt}$ corresponde a la proporción del área del municipio cultivada con coca durante el año⁶. La razón por la cual promediamos esta variable y su rezago es debido a que la medición del área cultivada con coca se realiza en el mes de diciembre (UNODC y Gobierno de Colombia, 2010). En consecuencia, los censos de coca al final del año recogen en gran medida el efecto de la aspersión aérea y la erradicación manual desarrollados en los doce meses previos sobre estos cultivos ilícitos, por lo que una medida más acertada del área bajo cultivo de coca en el año resulta de tomar el promedio de la medición con la del año anterior. La variable $Errad_{mt}$ es la suma del área bajo erradicación manual (en kilómetros cuadrados) durante el mismo período de tiempo antes de la consulta en el municipio m . X_{imt} representa algunos controles individuales y municipales y γ_{year} y γ_{month} son efectos fijos de año y mes. Estos últimos dos términos se incluyen para controlar por características no observables que cambian a lo largo del tiempo (por ejemplo, hay meses en los cuales la prevalencia de cierta enfermedad es mayor, como los meses de invierno o en épocas de lluvias); μ_i son efectos fijos de individuo, los cuales controlan por características no observables a nivel individual (como la dotación inicial de salud); finalmente, ε_{imt} es el término de error, que se asume no correlacionado con las variables de la ecuación (1). Bajo la especificación (1), β_1 mide el efecto causal de la aspersión aérea (i.e., la exposición al glifosato) sobre la salud humana, mientras que β_2 y β_3 capturan el efecto del cultivo de coca sobre la salud. Las razones por las cuales el cultivo de hoja de coca puede afectar la salud son múltiples. Primero, por ser una actividad ilegal, y por lo tanto no regulada, los cultivadores hacen uso de pesticidas, agro insumos y plaguicidas de manera poco controlada, lo cual puede tener efectos sobre su salud. Segundo, muchos cultivadores, aproximadamente dos tercios, no venden directamente la hoja de coca sino que la procesan ellos mismos en pasta y base de coca en pequeños laboratorios artesanales muy cerca del lugar de cultivo. Dicho proceso involucra diferentes precursores químicos, como gasolina, cemento, ácido clorhídrico, permanganato de potasio, etc., cuyo uso no controlado también puede afectar su salud (y la de poblaciones cercanas cuando estos químicos son desechados en, por ejemplo, fuentes fluviales).

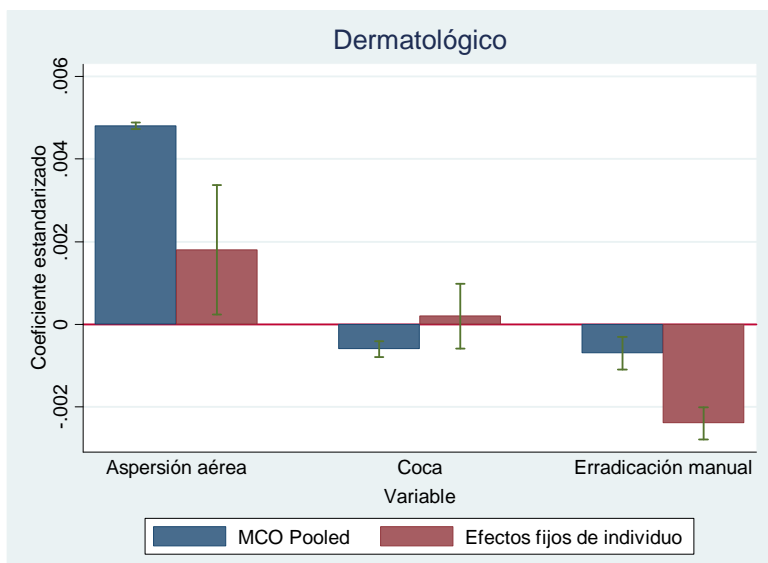
5. Resultados para enfermedades Dermatológicas, Respiratorias y Abortos

⁶ Para obtener este dato, promediamos los datos de diciembre de cada año en el dato del mismo mes del año anterior. Nuestros resultados son robustos a tomar el dato de cultivos de coca a diciembre de cada año.

En este trabajo nos enfocaremos en enfermedades visibles en el corto plazo y para las cuales podemos identificar (utilizando la literatura médica) el tiempo transcurrido entre la exposición al glifosato o al cultivo de hoja de coca y la aparición de los síntomas asociados a dichas enfermedades. La literatura médica ha encontrado que el rango de tiempo en el que se presentan las enfermedades dermatológicas y respiratorias luego de la aspersión es de 15 días.

La primera y segunda barra en la Figura 1 bajo el nombre de aspersión aérea corresponde al coeficiente β_1 de la ecuación 1 en un modelo de corte transversal y de efectos fijos respectivamente. De la estimación se encontró que un aumento en una desviación estándar en el promedio del área bajo aspersión aérea de los últimos 15 días genera un incremento aproximado de 0.004 de desviación estándar en la probabilidad de padecer una enfermedad dermatológica. Este efecto es la mitad, está entre 0.0018 y 0.002, cuando se compara a un mismo individuo a lo largo del tiempo. Esto último corrobora que la comparación de un mismo individuo a lo largo del tiempo mejora la estimación del efecto real al controlar por características no observables que son importantes como determinantes de la salud.

Figura 1. Impacto de la aspersión, cultivo de coca y erradicación sobre diagnósticos dermatológicos



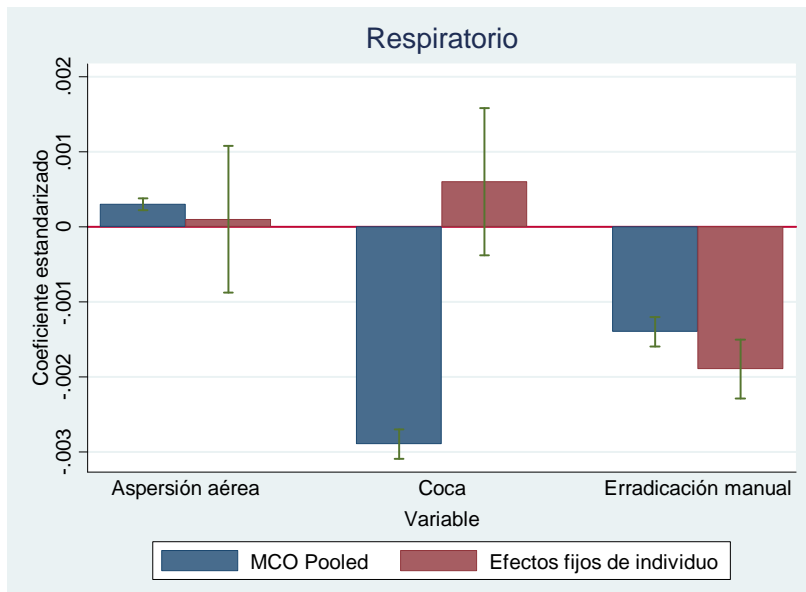
Notas: 'Aspersión aérea' es el promedio del área bajo aspersión aérea en los últimos 15 días (en km. cuadrados), 'Coca' es la proporción del área municipal cultivada con coca y 'Erradicación manual' es el promedio del área bajo erradicación manual en los últimos 15 días (en km. cuadrados).

Por su parte, la tercera y cuarta barra de la Figura 1 bajo el nombre de Coca corresponde al coeficiente β_2 . Cuando se corre el modelo de corte transversal, existe un efecto negativo y significativo de la producción de coca sobre los diagnósticos dermatológicos, pero una vez se controla por individuo, los efectos dejan de ser estadísticamente significativos. La quinta y sexta barra de la Figura 1 presenta el coeficiente que acompaña a la variable de erradicación manual, β_3 . La erradicación manual de hoja de coca (i.e., la variación negativa en la intensidad de las actividades asociadas al cultivo de coca) causa una menor probabilidad de sufrir enfermedades en la piel. Más precisamente, un aumento de una desviación estándar en la cantidad de coca erradicada manualmente durante los últimos 15 días⁷ lleva a una disminución de 0.002 desviaciones estándar en la probabilidad de sufrir una enfermedad dermatológica.

Al realizar las mismas estimaciones de efectos fijos usando los diagnósticos de enfermedades respiratorias, no encontramos efectos estadísticamente significativos de la aspersión aérea de cultivos ilícitos pero sí de la erradicación manual. En particular, encontramos que un aumento de una desviación estándar en la erradicación manual realizada durante los últimos 15 días lleva a una disminución en la probabilidad de sufrir enfermedades respiratorias de -0.002 desviaciones estándar. Estos resultados se presentan en la Figura 2.

Figura 2. Impacto de la aspersión, cultivo de coca y erradicación sobre diagnósticos respiratorios

⁷ La cual puede ser interpretada como una disminución en el cultivo de hoja de coca.



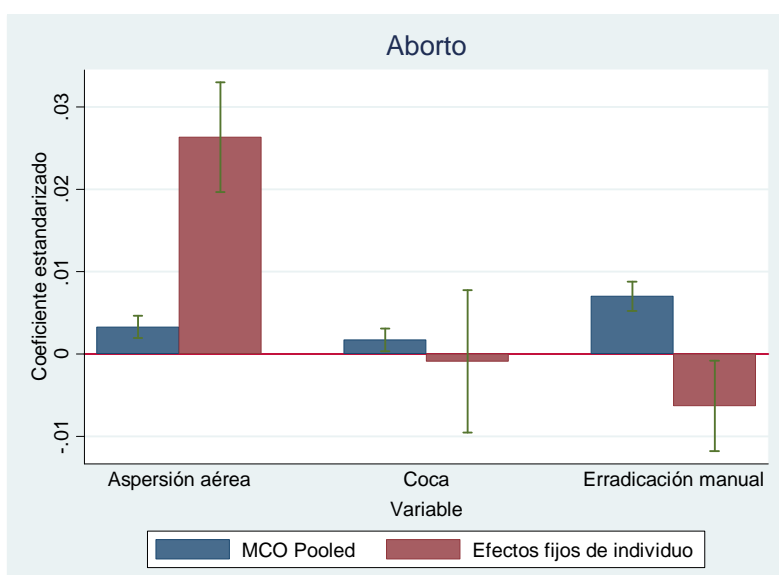
Notas: 'Aspersión aérea' es el promedio del área bajo aspersión aérea en los últimos 15 días (en km. cuadrados), 'Coca' es la proporción del área municipal cultivada con coca y 'Erradicación manual' es el promedio del área bajo erradicación manual en los últimos 15 días (en km. cuadrados).

En el caso de los abortos, no se tienen en cuenta aquellos abortos reportados dentro de los registros de hospitalizaciones o urgencias, debido al sub-reporte de esta información respecto a otras fuentes de información. Para solucionar este inconveniente construimos una proxy de abortos que se adiciona al reporte original. Para construir esta proxy tomamos en cuenta los registros de citas prenatales y tomamos como un caso de aborto si para esa misma mujer no aparece un parto registrado en el sistema de salud dentro de los siguientes 9 meses posteriores a la visita prenatal. La fecha que le asignamos al posible caso de aborto es la fecha de la última cita prenatal. Encontramos que existe una correlación de 90% entre la variable de abortos construida y los abortos registrados en la base según los diagnósticos CIE-10 respectivamente.

El período de tiempo considerado para promediar la aspersión aérea y la erradicación manual bajo este ejercicio es de ocho meses. Esto con el propósito de cubrir una ventana de tiempo lo suficientemente amplia para, primero, recoger los tres meses previos a la concepción que, según la literatura médica, son críticos en el riesgo de aborto si hay exposición al herbicida y, segundo, los primeros cinco meses de gestación en los cuales se podría presentar un aborto.

Nuestras estimaciones se presentan en la Figura 3 y muestran que el promedio del área bajo aspersión en los ocho meses considerados tiene un impacto positivo y muy significativo sobre la probabilidad de que ocurra un aborto. De hecho, un aumento en una desviación estándar en el promedio del área bajo aspersión aérea de los ocho meses considerados genera un incremento de 0.026 desviaciones estándar en la probabilidad de ocurrencia de aborto. Otras especificaciones sin efectos fijos individuales, presentados en la barra 1 de la Figura 3, indican un efecto menor de la aspersión sobre la probabilidad de aborto. Para el caso del efecto del cultivo de hoja de coca sobre la probabilidad de un aborto encontramos que no existe un efecto estadísticamente significativo cuando se compara una misma madre a lo largo del tiempo. En particular, un aumento de una desviación estándar en la erradicación manual lleva a una disminución de -0.006 desviaciones estándar en la probabilidad de sufrir un aborto.

Figura 3. Impacto de la aspersión, cultivo de coca y erradicación sobre abortos



Notas: 'Aspersión aérea' es el promedio del área bajo aspersión aérea durante los 9 meses considerados (en km. cuadrados), 'Coca' es la proporción del área municipal cultivada con coca y 'Erradicación manual' es el promedio del área bajo erradicación manual durante los 9 meses considerados (en km. cuadrados).

7. Conclusiones

La aspersión aérea de los cultivos de coca con herbicidas (glifosato) ha sido una de las principales estrategias anti-drogas implementadas bajo el llamado Plan Colombia. Durante los

últimos 12 años, más de 1,500,000 hectáreas han sido fumigadas con glifosato con el fin de reducir los cultivos de coca, y con esto interrumpir la producción y tráfico de cocaína que se exporta a Norteamérica y Europa. La gran mayoría de las evaluaciones que se han realizado sobre la efectividad de estas campañas de aspersión sobre los cultivos de coca muestran que su efectividad es muy baja, sino nula. Adicionalmente, las campañas de aspersión aérea de cultivos ilícitos generan otros efectos colaterales, seguramente no intencionados, pero que no se pueden ignorar a la hora de evaluar este tipo de estrategia anti-drogas. La literatura ha documentado efectos negativos de la aspersión aérea de herbicidas sobre los niveles de confianza en las instituciones del estado, efectos negativos sobre el medio ambiente y algunas especies animales. Lo que resulta aún más preocupante, y que comprende el estudio de este capítulo, es los impactos inesperados que la fumigación puede tener sobre la salud humana.

Sobre este último punto, existen múltiples estudios que han tratado de documentar los efectos colaterales negativos que la aspersión de herbicidas de cultivos ilícitos tiene sobre la salud como: irritaciones de piel, enfermedades respiratorias, alteraciones del sistema endocrinos, malformaciones y abortos. Sin embargo, a nuestro juicio, muchos de estos trabajos sufren de problemas de endogeneidad que hacen imposible interpretar los resultados de estas investigaciones como efectos causales.

El presente trabajo soluciona estos problemas metodológicos haciendo uso de una base de datos única que contiene registros individuales de diagnósticos médicos de todas las personas que asistieron a alguna entidad prestadora de servicios médicos entre el 2003 y 2007, así como información diaria sobre la presencia de campañas de aspersión aérea de cultivos ilícitos y erradicación manual a nivel municipal y diario. La riqueza de nuestros datos nos permite estudiar cómo cambia la probabilidad de sufrir trastornos de salud cuando un individuo es expuesto a los herbicidas utilizados en las campañas de aspersión aérea de cultivos ilícitos. Por un lado, nuestros resultados indican que la exposición al glifosato utilizado en las campañas de aspersión aérea de cultivos de coca aumenta la probabilidad de sufrir trastornos en la piel (problemas dermatológicos) y los abortos. Para el caso de problemas respiratorios, no encontramos evidencia estadística robusta que indique un efecto de la exposición al glifosato sobre este tipo de diagnósticos. Por otro lado, encontramos que los cambios negativos de

corto plazo asociados a la erradicación manual hacen que disminuya la probabilidad de sufrir problemas respiratorios, dermatológicos y lleva a una menor prevalencia de abortos.

Los resultados presentados en este trabajo documentan un costo adicional y no despreciable de la guerra contra las drogas en Colombia. En particular, los problemas de salud asociados con la exposición al glifosato y con el cultivo de hoja de coca pueden generar efectos de largo plazo que afectan el desarrollo rural en la economía colombiana al empeorar las condiciones de salud de los habitantes de estas regiones y, con esto, sus niveles de capital humano y productividad.

Referencias

- Bogliacino, F., & Naranjo, A. J. (2012). Coca Leaves Production and Eradication: A General Equilibrium Analysis. *Economics Bulletin*, 32, 382-397.
- Cox, C. (1995). Glyphosate, Part 1: Toxicology. *Journal of Pesticide Reform*, Vol. 15 No. 3.
- Cox, C. (1995). Glyphosate, Part 2: Human exposure and ecological effects. *Journal of Pesticide Reform* Vol. 15 No. 4.
- Dion, M., & Russler, C. (2008). Eradication Efforts, the State, Displacement and Poverty: Explaining Coca Cultivation in Colombia During Plan Colombia. *Journal of Latin American Studies*, 40, 399-421.
- Franz, J., Mao, M. K., & Sikorki, J. A. (1997). *Glyphosate: a unique global herbicide*. Washington, D.C.: American Chemical Society.
- Imming, J. (2010). Glyphosate: Safe of sorry. *Organic Gardener*.
- Landy, D. S. (1988). The Constitutional Implications of Government Pesticide Spraying: The Case for Limited Judicial Intervention and an Intermediate Standard of Review. *California Law Review* Vol. 76 No. 1 , 221-264.
- Moreno-Sánchez, R., Kraybill, D. S., & Thompson, S. R. (2003). An Econometric Analysis of Coca Eradication Policy in Colombia. *World Development*, 31, 375-383.
- Navarrete-Frías, C., & Thoumi, F. (2005). Illegal Drugs and Human Rights of Peasants and Indigenous Communities: The Case of Perú. *Management of Social Transformations: Policy Papers* 13.

- Navarrete-Frías, C., & Veillete, C. (2005). Drug crop eradication and alternative development in the Andes. *Congressional Research Service*.
- Regidor, E., Ronda, E., García, A. M., & Domínguez, V. (2004). Paternal exposure to agricultural pesticides and cause specific fetal death. *Department of Preventive Medicine and Public Health, Universidad Complutense de Madrid*.
- Relyea, R. (2005). The impact of insecticides and herbicides on biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Society of America*, 618-627.
- Reyes, L. C. (2011). *Estimating the Causal Effect of Forced Eradication on Coca Cultivation in Colombian Municipalities*. Michigan State University.
- Sanborn, M., Cole, D., Kerr, K., Vakil, C., Sanin, H., & Bassil, K. (2004). Systematic Review of Pesticide Human Health Effects. *Ontario College of Family Physicians*.
- Sanborn, M., Cole, D., Kerr, K., Vakil, C., Sanin, H., & K., B. (2007). Non-cancer health effects of pesticides. *Ontario College of Family Physicians*.
- Sánchez, F., & Díaz, A. M. (2004). *A Geography of Illicit Crops (Coca leaf) and Armed Conflict in Colombia*. Bogotá: Documento CEDE 2004-19.
- Sherret, L. (2005). Futility in Action: Coca Fumigation in Colombia. *Journal of Drug*.
- UNODC (United Nations Office against Drugs and Crime) & Government of Colombia. (15 de Diciembre de 2011). *Colombia: Monitoreo de cultivos de coca 2009*. Obtenido de <http://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Colombia/Colombia-Censo-2009-web.pdf>