



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# Análisis espacio-temporal del conflicto armado colombiano en municipios de producción de oro y carbón

Esteban Mauricio Espinosa Martinez

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de ciencias, Departamento de Estadística  
Bogotá, Colombia  
2021

# Análisis espacio-temporal del conflicto armado colombiano en municipios de producción de oro y carbón

**Esteban Mauricio Espinosa Martinez**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magíster en Ciencias-Estadística**

Director(a):

Ph.D. en Demografía de la Universidad de California-Berkeley  
B. Piedad Urdinola

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de ciencias, Departamento de estadística  
Bogotá, Colombia  
2021

En el nombre de Dios, de mis mayores y de la libertad. Ni un paso atrás, siempre adelante, y lo que fuere menester ¡qué sea!

José Antonio Galán

# Agradecimientos

Le agradezco a la profesora Piedad por su constante acompañamiento.

## Resumen

El conflicto armado colombiano ha afectado de forma diferenciada el desarrollo económico de los territorios y las actividades productivas de sus habitantes. ¿Qué relaciones pueden existir entre el modelo minero-energético de ciertas regiones del país, la presencia de actores armados y sus repertorios de violencia? Este trabajo encuentra y cuantifica relaciones espaciales y temporales entre la explotación de oro y carbón con el conflicto armado interno entre los años 2007 y 2015. A partir de un análisis descriptivo se encuentra asociación entre índices del conflicto armado interno, tasas de desplazamiento forzado y la explotación minera. El análisis de correlaciones espaciales entre los índices del conflicto y la explotación de oro y carbón. Soportan la existencia de un patrón geográfico en la relación entre la violencia en el marco del conflicto armado y la producción minera. Finalmente, las regresiones funcionales con respuesta escalar, muestran una asociación positiva con las curvas municipales de desplazamiento forzado, homicidios y la explotación de los minerales. De manera que los datos suavizados de desplazamientos forzado y homicidios generan asociaciones significativas en la explotación de oro y carbón.

**Palabras clave:** Minería, oro, carbón, desplazamiento forzado, conflicto armado, correlación espacial.

## Abstract

**Space-time analysis of the Colombian armed conflict in municipalities of gold and coal production**

The Colombian armed conflict has affected the economic development of the territories and the productive activities of its inhabitants in a different way. What relationships can exist between the mining-energy model of certain regions of the country, the presence of armed actors and their repertoires of violence? This work finds and quantifies spatial and temporal relationships between the exploitation of gold and coal with the internal armed conflict between 2007 and 2015. From a descriptive analysis, an association is found between indices of the internal armed conflict, rates of forced displacement and the mining exploitation. The analysis of spatial correlations between the indices of the conflict and the exploitation of gold and coal. They support the existence of a geographical pattern in the relationship between violence in the context of the armed conflict and mining production. Finally, the functional regressions with scalar response show a positive association with the municipal curves of forced displacement, homicides and mineral exploitation. Thus, the smoothed data on forced displacement and homicides generate significant associations in the exploitation of gold and coal.

**Keywords:** (Mining, gold, coal, forced displacement, armed conflict, spatial correlation)

# Introducción

El conflicto armado colombiano debe ser entendido como una totalidad económica, política y cultural que interactúa de formas diferentes en cada territorio. En este contexto, el crecimiento minero que Colombia ha vivido en los últimos años no solo debe ser leído en términos de actividad productiva, sino en su relación e incluso determinación del conflicto armado. Esto lo indican distintas denuncias de organizaciones sociales y organizaciones de derechos humanos como Amnistía Internacional (Pulido, 2011).

Este trabajo encuentra relaciones espaciales y temporales de la explotación de oro y carbón con el conflicto armado interno. El conflicto se define en esta investigación a partir de agregaciones municipales de desplazamiento forzado, homicidios, indicadores de incidencia de violencia armada. La metodología usada es: primero, se establecen relaciones descriptivas con los índices e indicadores del conflicto armado y las medidas de violencia en los municipios de explotación de minera. Segundo, se generan correlaciones espaciales entre las medidas de violencia y la producción oro y carbón en donde se identifica relaciones espaciales. Finalmente, desde regresiones funcionales se determinan asociación entre las curvas municipales de desplazamiento forzado y homicidios con la explotación de los minerales. Una metodología que permite extraer mas información de los registros de violencia agregados anualmente en los municipios mineros, a partir del suavizamiento de los datos.

Los cambios de los ingresos exógenos inducidos por movimientos en el mundo de los precios de las materias primas han afectado la dinámicas de la guerra en Colombia en los territorios (Dube & Vargas, 2013). Algunos ejemplos de esta relación son, en primer lugar, la mina de El Cerrejón, uno de los más grandes mega proyectos de carbón en Colombia que ha resultado en diferentes afectaciones a las comunidades. En este mega proyecto se ha violado el derecho a la vida, la salud, la seguridad y el medio ambiente y, además, se ha profundizado en un modelo de despojo que deja retribuciones en la vida de las comunidades, como denuncian múltiples organizaciones sociales (Pulido, 2011).

En segundo lugar, las denuncias de vínculos entre las multinacionales mineras Drummond y Prodeco con paramilitares del Bloque Norte de las AUC, en el centro minero del departamento del Cesar. También las posibles articulaciones de la empresa Anglo Gold con el Bloque Central Bolívar (BCB) de las AUC, que hacía presencia en la mayoría de los municipios en donde la Anglo Gold tenía títulos mineros (Moor & Sandt, 2014). Por otro lado, según denuncias de la Defensoría del Pueblo, varias comunidades de resguardos indígenas de Risaralda han sido desplazadas por las licencias mineras atribuidas a grandes compañías mineras (Álvarez, 2020).

Esta situación se ha dado en el contexto de la ley 685 de 2001, que constituye el marco normativo de apertura a capitales transnacionales hacia los proyectos mineros. Esta ley ha beneficiado los proyectos de mega minería y ha impulsado repercusiones legales y policivas hacia la pequeña y mediana minería. Esta política extractivista ha condicionado también el despojo en la ruralidad a través de estrategias legales e ilegales (Pulido, 2011).

Ahora bien, según una investigación de conflictos sociales de la Fundación PARES, las extracciones de petróleo, oro y carbón concentraron el 87.2% de los conflictos sociales en las regiones. En esta investigación se hace referencia a la situación en el municipio de Segovia (Antioquia). Allí co-existen tres tipos de extracción minera; formal, informal y criminal. La criminal es controlada por el grupo paramilitar “los Urabeños” quienes, además de obtener las rentas provenientes de la actividad de extracción y extorsión, han realizado despojo de tierras para tener control absoluto del territorio (Valencia & Riaño, 2017).

Este ejemplo da cuenta de cómo la explotación minera ha constituido escenarios en los que formas locales de apropiación y ordenamiento territorial, como la pequeña minería tradicional, chocan con grandes proyectos mineros y esto resulta en conflictos en el ejercicio de la autodeterminación de los pobladores locales. Por ejemplo, para las comunidades afrocolombianas del pacífico, la minería es una actividad económica protegida por la ley 70 de 1993. Sin embargo, en este contexto de violencia y de poca intervención estatal, esta norma no ha preservado los derechos de la población a su explotación (Castillo & Rubiano, 2019). Por ello este trabajo busca identificar y cuantificar la intensidad del conflicto armado interno en los municipios de explotación de oro y carbón.

## Objetivos

### Objetivo general

- Cuantificar la relación entre el conflicto armado interno y la explotación de oro y carbón legal de 2007 a 2015.

### Objetivos específicos

- Estimar el índice de riesgo de victimización, el índice de intensidad del conflicto armado y tasas de desplazamiento forzado en los municipios donde hay explotación de oro y carbón legal.
- Determinar el tipo de asociación espacial entre municipios de producción minera (oro y carbón legal) y las medidas de violencia del conflicto armado.
- Estimar mediante modelos funcionales la influencia de la minería de oro y carbón legal en el conflicto armado.
- Caracterizar los cambios en el tiempo de la explotación de oro y carbón legal en relación con el conflicto armado interno.



# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Introducción</b>	<b>VI</b>
<b>Objetivos</b>	<b>VIII</b>
<b>1. Producción minera y el conflicto armado interno</b>	<b>1</b>
1.1. Evolución temporal . . . . .	1
1.2. Distribución espacial . . . . .	3
1.3. Oro, carbón y víctimas de desplazamiento forzado . . . . .	5
1.4. El Conflicto armado y sus relaciones territoriales . . . . .	6
1.5. Indicadores del conflicto armado . . . . .	7
1.5.1. Índice de incidencia del conflicto armado (IICA) DNP 2016 . . . . .	7
1.5.2. Índice de riesgo de victimización . . . . .	9
<b>2. Auto correlación espacial</b>	<b>11</b>
2.1. Modelo teórico . . . . .	11
2.1.1. Principio lisa . . . . .	11
2.1.2. Moran local . . . . .	12
2.1.3. Vecindad . . . . .	13
2.2. Metodología . . . . .	13
2.2.1. Resultados . . . . .	14
<b>3. Análisis funcional</b>	<b>19</b>
3.1. Otros hechos de violencia . . . . .	19
3.2. Modelo Teórico . . . . .	20
3.2.1. Análisis funcional . . . . .	20
3.2.2. Suavizamiento de los datos . . . . .	20
3.2.3. Regresión funcional con respuesta escalar . . . . .	21
3.3. Regresión funcional con respuesta escalar . . . . .	22
3.3.1. Conclusiones del modelo . . . . .	24
<b>4. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>26</b>

**A. Glosario**

**28**

**Bibliografía**

**29**

# 1. Producción minera y el conflicto armado interno

El aumento de la demanda mundial de recursos mineros y la consecuente subida de los precios internacionales, así como el desarrollo de nuevas tecnologías de extracción puso en el centro a Latinoamérica a partir 1990, en particular a Colombia con la apertura económica (Castillo & Rubiano, 2019). Aunque Colombia ha sido un territorio minero que los países del primer mundo han explotado desde el momento de la colonia.

Según la UPME en Colombia se producen más de 39 minerales (cuarzo, arcillas, caliza, cromo, yeso, recebo, oro, magnesio, níquel, cobre, cuarzo, esmeraldas, estaño, etc.). Este estudio particularmente se centra en el oro y el carbón pues históricamente las comunidades denuncian conflictos en los lugares de explotación de estos dos minerales, así como lo determina la presencia de actores armados y el aumento de hechos victimizantes en las regiones de explotación (Pulido, 2011).

## 1.1. Evolución temporal

El interés temporal de este proyecto es de 2007 a 2015, unos años después de la implementación de la ley 685 del 2001 de regulación de la actividad minera, en donde la inversión de capitales transnacionales en el territorio aumentó significativamente. Se trata de determinar en esta temporalidad si la tesis de Dube & Vargas (2003) sobre los cambios de los flujos de capitales de los productos de las materias primas, en este caso de oro y carbón, aumenta las dinámicas del conflicto armado dentro de estos territorios mineros.

En la tabla 1-1 y 1-2, se presenta: la producción legal anual de los 2 minerales (oro a partir de gramos totales y carbón a partir de toneladas totales); el número de municipios que generan esa producción anual; la producción media y con esta dos grupos de municipios, unos que se encuentran por debajo de la producción media y otros por encima de esta producción. Además, es necesario notar el incremento exponencial de la producción de los minerales, por ejemplo en 2015 el carbón paso de generar 6 millones de toneladas en 2007 a generar 86 millones de toneladas anuales de carbón. Lo mismo en el caso del oro en donde se pasó de una producción de 16 millones de gramos en 2007 a 59 millones en 2015.

<b>Explotación de oro</b>			
Año	2007	2011	2015
Municipios	169	195	160
Kilogramos-totales	16 465,382	56 607,089	59 402,662
Prd Media	97,428	257,305	371,266
Municipios debajo de la media	146	169	120
Municipios arriba de la media	23	29	40

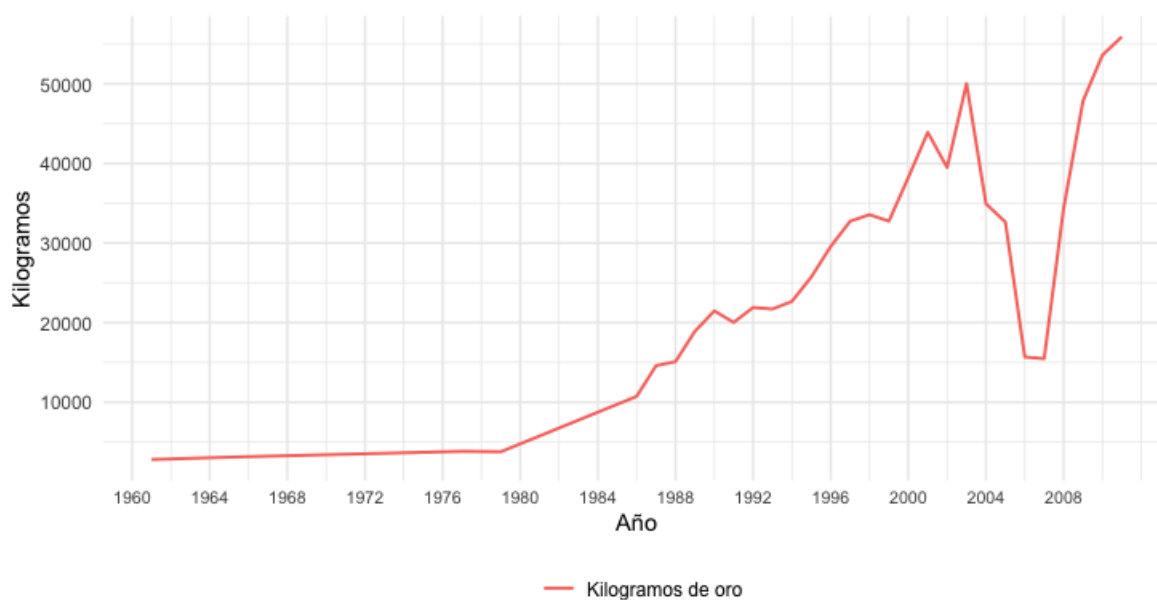
**Tabla 1-1.:** Explotación de oro legal en Colombia, entre 2007 y 2015

Fuente: UPME, Cálculos propios.

<b>Explotación de carbón</b>			
Año	2007	2011	2015
Municipios	95	112	103
Toneladas-totales	6 646 065	85 802 909	86 469 685
Prd Media	17 307	199 541	839 511
Municipios debajo de la media	85	87	95
Municipios arriba de la media	9	33	8

**Tabla 1-2.:** Explotación de carbón legal en Colombia, entre 2007 y 2015

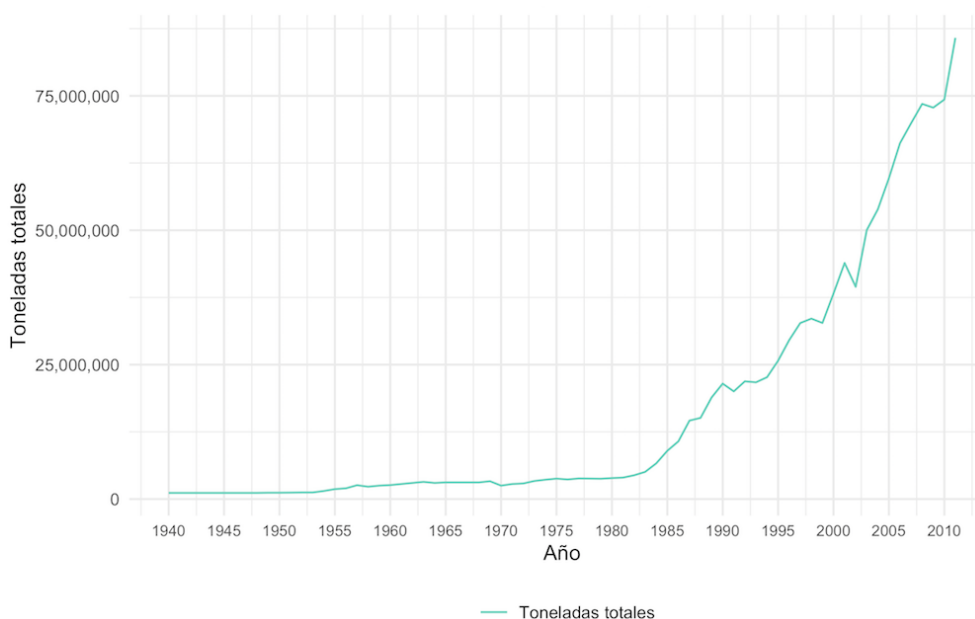
Fuente: UPME, Cálculos propios.



**Figura 1.** Explotación legal de oro en Colombia, entre 1960 y 2011.

Fuente: UPME, cálculos propios.

Las figuras 1 y 2 contienen la evolución temporal de la producción de oro y carbón desde 1940. Los años de apertura económica en Colombia son símbolo del aumento en la producción anual de estos minerales que se profundizan desde 1980 y en 1990 con el gobierno de C. Gaviria y que en el año 2001 con la ley 685 contempla el marco normativo para los incrementos en la producción en los siguientes años. Es necesario resaltar en la figura 1 la disminución de la producción de oro en el 2007, esto se explica en parte por el aumento de los precios a nivel internacional, que limitan la producción nacional. Al multiplicar precio por cantidad esa caída ya no tiene la misma proporción.



**Figura 2.** Producción histórica de carbón (1940-2011)

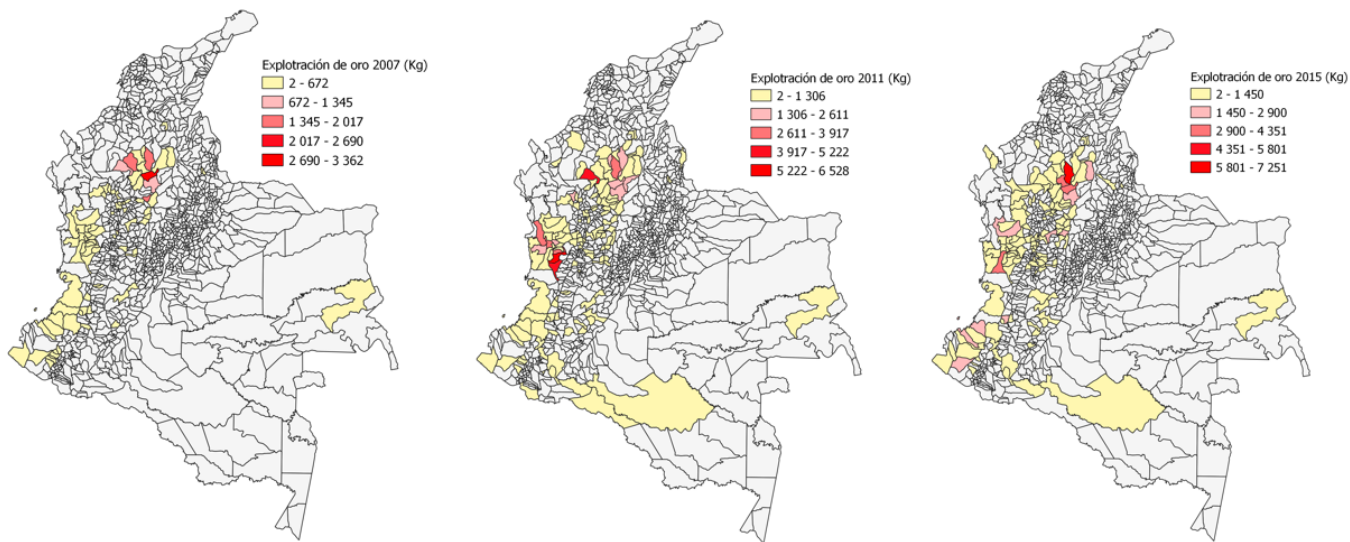
Fuente: Upme, cálculos propios.

## 1.2. Distribución espacial

En la figura 3 y 4 se presentan seis mapas de los municipios que explotan oro y carbón en Colombia en 2007, 2011 y 2015. La producción de oro en 2007 fue de 16 mil kilogramos, concentrándose en Antioquia y el sur de Bolívar con mayor intensidad. En 2011 pasó a cerca de 56 mil kilogramos concentrándose en el Chocó y el Cauca. Finalmente en 2015 se incrementa la producción en 59 millones de gramos, con un copamiento territorial mucho más amplio, hacia el sur occidente como se ve en la figura 3.

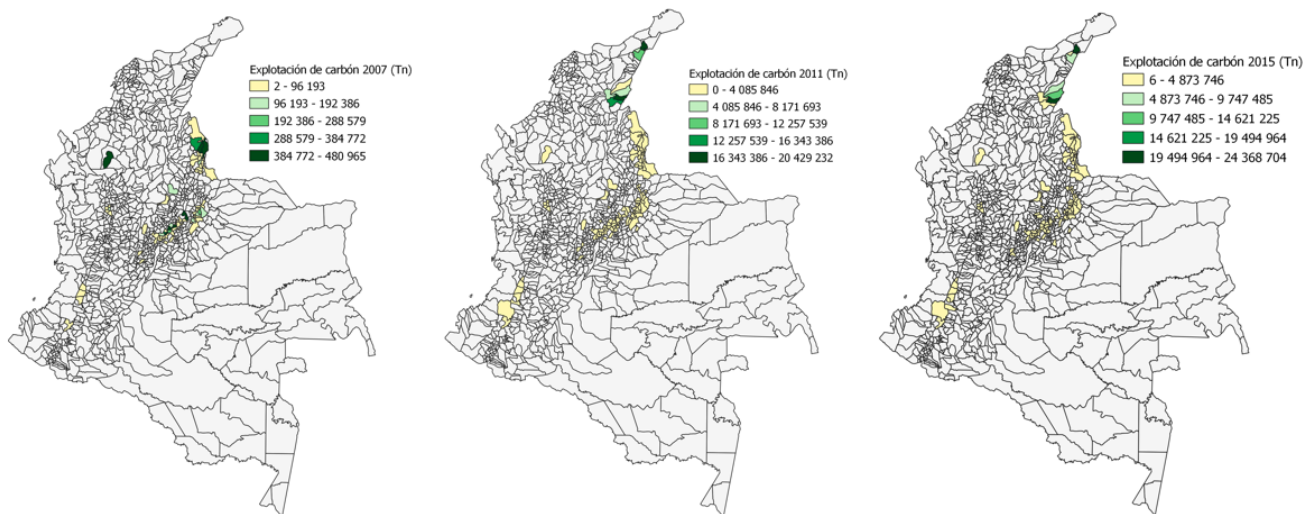
En cuanto al carbón se pasa de 6 millones de toneladas producidas en 2007 a 85 millones de toneladas en 2011. Esta producción se concentra en Antioquia, Santander, Norte de

Santander e indica un incremento de la explotación territorial. Como lo muestra la figura 2 el cambio en la cantidad producida anual fue exponencial y el marco normativo creado en el 2001 fue la herramienta institucional para esta explotación.



**Figura 3.** Explotación legal de oro 2007, 2011 y 2015

Fuente: UPME, cálculos propios



**Figura 4.** Explotación legal de carbón 2007, 2011 y 2015

Fuente: UPME, cálculos propios

### 1.3. Oro, carbón y víctimas de desplazamiento forzado

Las figuras 5 representa el cruce de las tasas de desplazamiento forzado por cada 10 000 habitantes acumulada de 1997 a 2010, a partir de la base de datos del registro único de víctimas RUV y la producción de minera en 2015. Para entender la relación entre desplazamiento forzado y la explotación minera, hay que tener en cuenta que no son procesos simultáneos. Es decir, desde la fecha en que se reporta el desplazamiento forzado por lo general pasan años para que se generen variaciones de la producción minera, por ello hay que determinar ese periodo de tiempo. Esto es denominado: rezago temporal, un periodo de tiempo desde que ocurre el hecho victimizante hasta que se presenta un cambio en otro fenómeno.

La literatura puede aportar a entender ese rezago temporal. En muchos casos el desplazamiento forzado fue usado como una herramienta para el aprovechamiento productivo de los territorios, por ello es necesario encontrar el rezago temporal, entre el desplazamiento y el aumento de la producción. (Pulido, 2011). Las tasas de desplazamiento forzado se construyen de la siguiente forma (Senplandes, 2016):

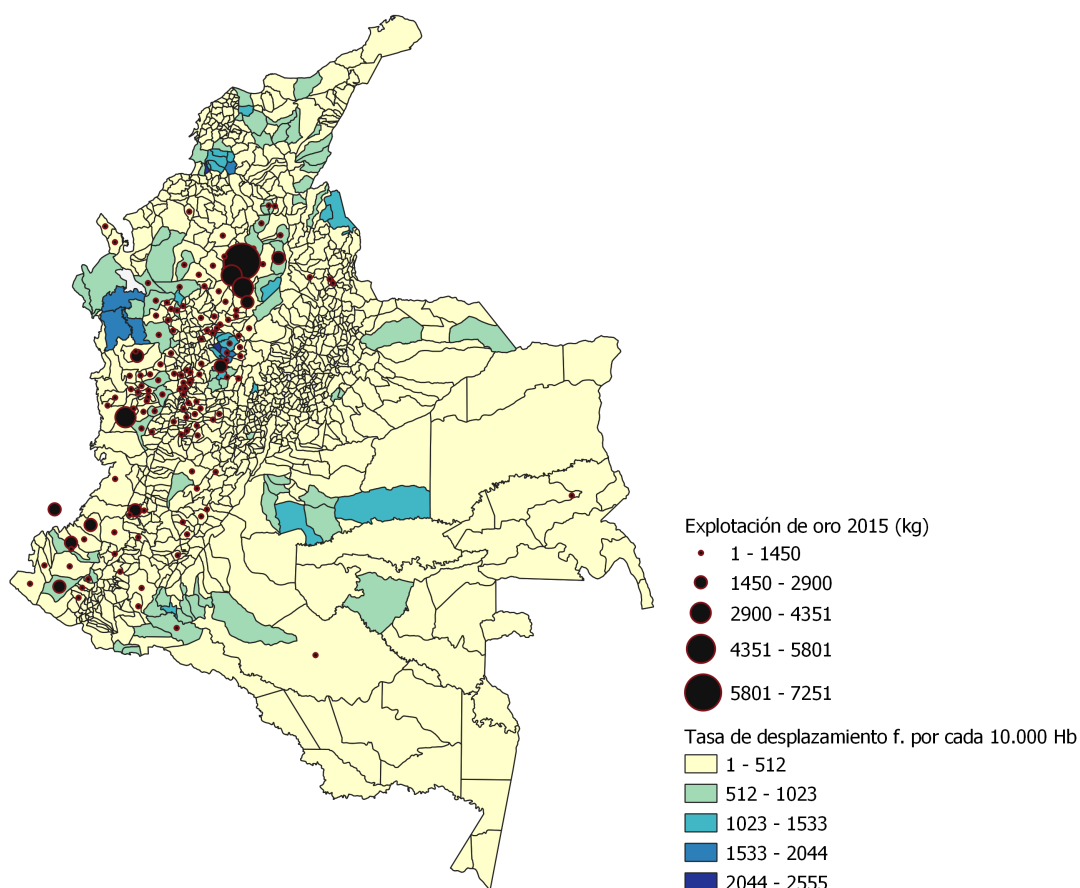
$$T_i = \frac{V_i * 10000}{P_i}$$

$T_i$  : Tasa de desplazamiento forzado por cada 10 000 Hb en el municipio “ $i$ ”, de 1997 al 2010.

$V_i$  : Acumulado de víctimas de desplazamiento forzado en el municipio “ $i$ ”, de 1997 al 2010.

$P_i$  : Población acumulada de 1997 a 2010 para el municipio “ $i$ ”

Es importante notar en la figura 5 que muchos de los municipios con una tasa alta de desplazamiento forzado son municipios que explotan oro y que concentran grandes proporciones de la producción anual como pasa en Antioquia, Sur de Bolívar, Nariño, Choco, Cauca y Valle del Cauca. En Antioquia esto sucede específicamente en municipios del bajo Cauca y Sur de Bolívar, donde la presencia de actores armado sigue siendo una constante con las AGC, los puntilleros, los Urabeños, la guerrilla del ELN y las FARC-EP hoy disidencias. Desde la relación con carbón también existe una relación marcada en el Catatumbo, Cesar y en la Guajira. En estos territorios hacen presencia la mayoría de actores armados país (Pulido, 2011).



**Figura 5.** Tasa de D.F. por cada 10 000 Hb (1997-2010) y producción de carbón en el 2015  
Fuente: RUV y UPME, cálculos propios

## 1.4. El Conflicto armado y sus relaciones territoriales

Es necesario un acercamiento a las dinámicas territoriales de violencia, sus patrones y sus relaciones espacio temporales. Los patrones espaciales del conflicto se asocian o están determinados en parte por estrategias y capacidades militares, pero también por la relativa importancia estratégica de los lugares (Raleigh & Witmer & O'Loughlin, 2008). Usando la regresión de Cox en términos espaciales se determina que la densidad del camino y la distancia desde las áreas capitales no están positivamente correlacionadas con las ubicaciones de mayor riesgo de conflicto. Es decir, entre más distancia de las áreas capitales, mayor conflicto.

Rey (2013) propone una regresión geográficamente ponderada para ver la relación entre cultivos de palma de aceite y desplazamiento forzado, estimando ecuaciones municipales que tienen en cuenta el comportamiento de variables en los municipios vecinos. A partir de ello encuentra un patrón de relación directa entre cultivos de palma y desplazamiento en unidades



geográficas en donde los cultivos aumentan. Sus resultados muestran que todas las variables presentan auto correlación espacial positiva estadísticamente significativa. Esto implica que el comportamiento de la tasa de incidencia de expulsión de personas en cada municipio se asocia con el comportamiento de esa misma variable en los municipios vecinos.

Castro & Urdinola (2019) proponen la relación entre la magnitud del efecto del conflicto armado sobre el comportamiento de la fecundidad en Colombia a partir de un modelo lineal ajustado mediante ecuaciones generalizadas. Concluyen que entre el año 2000 y 2005 el conflicto armado afectó de forma directa las agendas de fecundidad de las mujeres a nivel nacional en los sectores rurales violentos; además en el año 2006 y 2010 concluyen que la dinámica del conflicto se modificó y sus efectos sobre la fecundidad se mezclaron con una aceleración en la tendencia decreciente de la misma.

Ferro & Zuleta (2019) proponen una regresión espacial que permite hacer un estudio marginal de las hectáreas de coca y su impacto en la violencia municipal. Ellos estiman cómo las hectáreas cultivadas en un municipio afectan la violencia de los municipios que comparten frontera con el primero. Esto es para poder entender los efectos que se traslapan entre los municipios  $a$  y permite determinar que las hectáreas de coca de una localidad incrementarán proporcionalmente la violencia de los municipios donde están sembradas y también la violencia de los municipios adyacentes a ellas.

## 1.5. Indicadores del conflicto armado

A continuación, se presentan dos índices del conflicto armado; la intención central es establecer su uso y cruce con la explotación anual de oro y carbón en 2015 para encontrar relaciones municipales de la explotación de los minerales con los indicadores.

### 1.5.1. Índice de incidencia del conflicto armado (IICA) DNP 2016

El Departamento Nacional de Planeación DNP (2016) propone un índice del conflicto transformando escalas de medias en donde normalizan al tamaño poblacional o hectáreas, estandarizan para eliminar unidades y re-escalan con promedios simples entre (0,1). Las variables que usan son acciones armadas, homicidios, minas antipersonas, desplazamiento forzado y cultivos de coca a partir de los datos de Fuerzas Militares, Policía, Ministerio de Defensa, UARIV y SIMCI.

El IICA establece una definición de conflicto a partir de la definición del Comité Internacional de la Cruz Roja, entidad designada por los Estados partes en los convenios de Ginebra para trabajar por el respeto y seguimiento del derecho internacional humanitario. Esta entiende el conflicto armado a partir de enfrentamientos armados prolongados, en donde

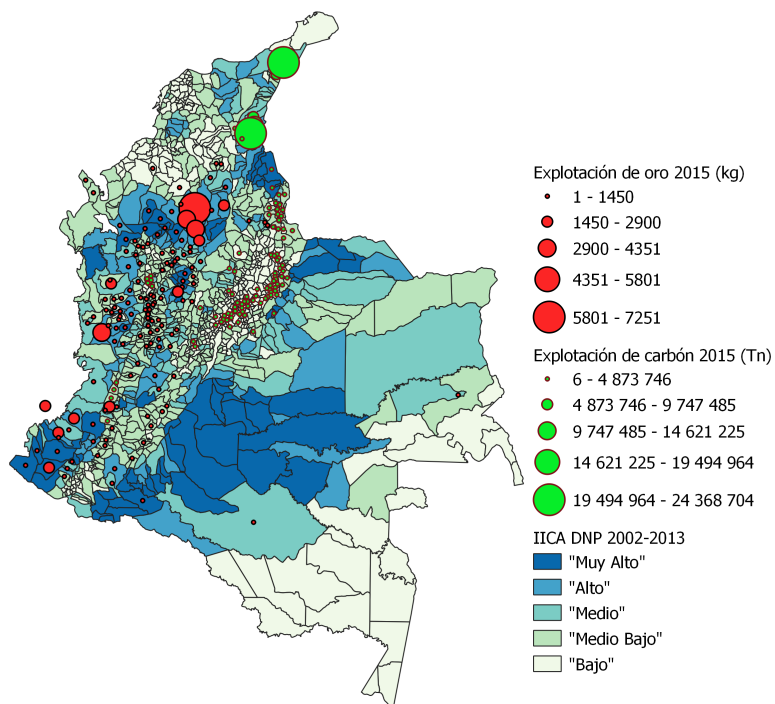
los enfrentamiento deben alcanzar un nivel mínimo de intensidad y las partes que participan en el conflicto deben poseer una organización mínima (DNP, 2016). En el cálculo del índice se tiene en cuenta la estandarización de variables mediante la siguiente fórmula:

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

Por otro lado, realizan un promedio simple de las variables estandarizadas y lo re-escalan entre (0,1) donde 0 es la menor incidencia y 1 la mayor incidencia, de la siguiente forma:

$$Y_i = \frac{x_i - \text{Minimo}(x_i)}{\text{Máx}(x_i) - \text{Minimo}(x_i)}$$

La figura 6 representa el índice de incidencia del conflicto de DNP y la explotación de oro y carbón. Este índice se concentra en las acciones armadas de las regiones, por ello al compararlo con la figura 6 hay una zona más amplia en donde la incidencia del conflicto es muy alta. Desde la perspectiva de la explotación de oro es clara la intervención en municipios con mayor incidencia del conflicto. Por otro lado, desde la explotación de carbón se centra únicamente en el Cesar y la Guajira.

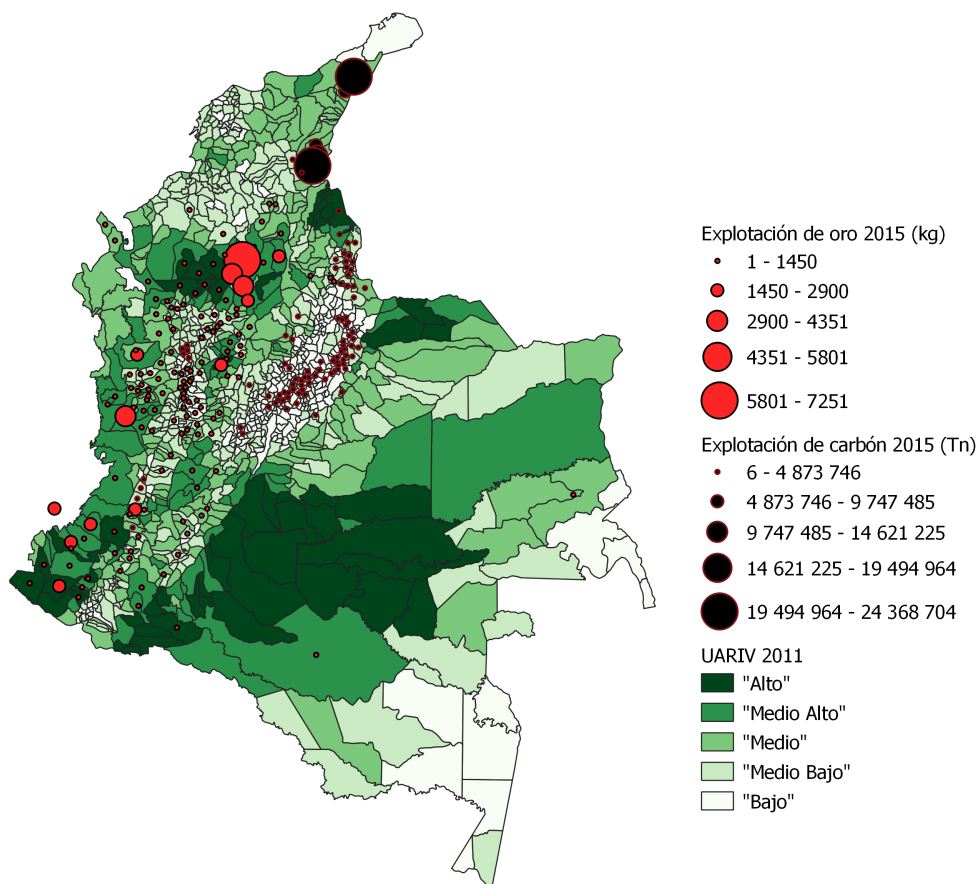


**Figura 6.** IICA-DNP 2002-2013 y explotación de oro y carbón en 2015

Fuente: IICA y UPME

### 1.5.2. Índice de riesgo de victimización

La Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas UARIV (2012) propone un índice en donde se configura la existencia de un riesgo de victimización ante la presencia de una amenaza y la existencia o el surgimiento de una vulnerabilidad asociadas. Conforma tres categorías en la composición de este índice: victimización, amenaza y vulnerabilidades. Victimización desde características de vida, integridad, seguridad, libertades y libertad de circulación. Amenaza, a partir de la presencia de grupos armados ilegales, hechos contra la población civil, acciones armadas contra combatientes. Y, por último, vulnerabilidades a partir de fuentes demográficas, geográficas, institucionales y socio-económicas. Este cálculo se hace a partir de la normalización del tamaño poblacional, la eliminación de unidades con desviación estándar, el promedio simple por eje temático y la transformación de la escala (UARIV, 2012).



**Figura 7.** IRV UARIV 2011 y explotación de oro y carbón en 2011  
Fuente UARIV y UPME

---

De esta forma la UARIV construye como subíndices: amenazas y vulnerabilidades. Luego, a partir de un modelo de regresión lineal, la UARIV registra como variable respuesta la medición de victimización y como variables explicativas los subíndices de amenazas y vulnerabilidades. Estas variables son generadas a partir de promedios aritméticos simples de los ejes que incluyen la desviación estándar como un valor adicional y componentes principales. Con ello, se puede identificar el valor del eje que presente el máximo riesgo y la cantidad de ejes del municipio que superan el umbral establecido. (UARIV, 2018)

La figura 7 representa el mapa del índice de riesgo de victimización para el 2011 cruzado con la explotación de oro y carbón. Se evidencia un alto riesgo en Putumayo, Meta, Vichada, Nariño; riesgo medio alto en el Pacífico, Antioquia, Nor-oriental. Este índice permite construir grupos de municipios con características similares desde perspectivas del conflicto armado. Ahora desde la perspectiva de la explotación de oro principalmente se centra en municipios con una concentración medio-alta y alta de victimización. Por otro lado, desde la explotación de carbón se centra en municipios de concentración medio baja y medio alta.

## 2. Auto correlación espacial

La violencia en Colombia y su permanencia en el tiempo no es una manifestación espontánea y aleatoria. Por el contrario, los cambios en los ingresos exógenos inducidos por movimientos en el mundo de los precios de las materias primas han afectado la dinámica de la guerra en cada uno de los territorios (Dube & Vargas, 2013). Para identificar la relación entre la violencia ocurrida en el conflicto armado y la explotación de oro y carbón en sus municipios, en este trabajo se genera una auto correlación espacial en donde los resultados del análisis soportan la existencia de un patrón geográfico. Esto evidencia que existe una relación entre la violencia en el marco del conflicto armado y la producción minera, sin que esto implique causalidad.

### 2.1. Modelo teórico

#### 2.1.1. Principio lisa

El índice de Moran está diseñado para rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad espacial y profundizar en una hipótesis alternativa de agrupamiento. Este agrupamiento es una característica del patrón espacial completo que no proporciona la indicación de la ubicación de las agrupaciones (Luc Anselin, 2020). Así, el concepto de indicador local de asociación espacial (LISA) tiene dos características importantes. Uno, genera una estadística para cada ubicación, por municipio, con un nivel de importancia. Dos, establece relaciones proporcionales entre la suma de las estadísticas locales y una estadística global correspondiente (Luc Anselin, 2020).

Las estadísticas de autocorrelación espacial global se pueden expresar como la doble suma sobre los índices  $i$  y  $j$ :  $\sum_i \sum_j g_{i,j}$ . Una forma local de tal estadística sería entonces, para cada municipio ( $i$ ), la suma de la expresión relevante sobre el ( $j$ ) índice  $\sum_j g_{i,j}$ . En esto se entiende auto correlación como una combinación de la medida de similitud de atributo entre un par de observaciones  $f(x_i, x_j)$  (Luc Anselin, 2020).

Esto genera un indicador de similitud geográfica o de ubicación, en forma de pesos espaciales  $w_{i,j}$ . Entonces, una forma genérica para un indicador local de asociación espacial es:

$$\sum_i \sum_j w_{i,j} f(x_i, x_j)$$

### 2.1.2. Moran local

La estadística de Moran local sale de Anselin (1995) para identificar agrupaciones locales y valores atípicos espaciales. Con ponderaciones  $s_0 = \sum_i \sum_j w_{i,j}$  estandarizadas por filas, la suma de todas las ponderaciones es igual al número de observaciones  $n$  (Luc Anselin, 2020). El índice estadístico de Moran se simplifica con la desviaciones  $z$  de la media de forma estandarizada de modo que la varianza sea igual a uno. De la siguiente forma:

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{i,j} z_i z_j}{\sum_i z_i^2}$$

El índice de Moran local correspondiente consiste en el componente de la doble suma que corresponde a cada observación (i):

$$I_i = \frac{\sum_j w_{i,j} z_i z_j}{\sum_i z_i^2}$$

En esta expresión, el denominador es fijo y se puede ignorar. Para simplificar la notación, se reemplaza por  $c$ , de modo que la expresión de Moran local se convierta en:

$$I_i = c \sum_j w_{i,j} z_i z_j$$

$$I_i = c * z_i \sum_j w_{i,j} z_j$$

De esta forma, la suma de las estadísticas locales es proporcional al índice global de Moran, o también el índice de Moran corresponde al promedio de las estadísticas locales. Sobre la significancia del método de permutación condicional considerado en el diagrama de dispersión de Moran, cada uno  $z_i$  se mantiene fijo en su ubicación. Los  $z$ -valores restantes  $n - 1$  se permutan luego aleatoriamente para producir una distribución de referencia para la estadística local, una para cada ubicación  $z_i$  (Anselin, 1995).

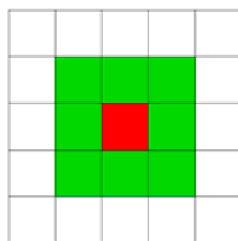
La información combinada permite una clasificación de las ubicaciones significativas como clústeres espaciales alto-alto y bajo-bajo, y valores atípicos espaciales alto-bajo y bajo-alto (Anselin, 1995). Para profundizar en la construcción de este indicador revisar Anselin (1995). Por otro lado, es preciso definir el índice de Moran bivariado, pues este trabajo se enfoca en la doble relación entre violencia y explotación minera. De manera análoga al índice de Moran univariado, el bivariado se define de la siguiente forma (Siabato & Manrique, 2018): Donde  $N$  es el número de unidades de análisis y  $W$  el total de vecindades.

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_i \sum_j w_{i,j} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2-1)$$

### 2.1.3. Vecindad

Una cuestión central de este análisis es la determinación de la contigüidad o “vecindad” de las unidades espaciales. Con ello, se utiliza una matriz de interacciones espaciales, compuesta por ceros y unos, de forma que si dos unidades espaciales son vecinas se les asignará el valor 1, y si no lo son se les asignará el valor 0. Hay diferentes formas de contigüidad entre ellas, por ejemplo, la tipo Rook donde una unidad espacial será vecina de otra si comparte con ésta un lado o borde del cuadrado (Rivero, 2008).

Otros tipos de contigüidad son: la tipo Bishop, donde dos unidades espaciales serán vecinas si comparten un vértice del cuadrado; la contigüidad tipo Queen, que es aquella que considera vecinas a las unidades espaciales que comparte un borde o un vértice del cuadrado (Rivero, 2008).



**Figura 8.** Vecinos (en verde) del cuadrado central (en rojo) según el criterio de contigüidad Queen (derecha)

## 2.2. Metodología

Para el análisis de dependencia espacial se utiliza el Índice de Moran que determina la existencia de patrones o agrupaciones geográficas. Además, se hace uso de mapas LISA (Local Indicator of Spatial Association) basados en contrastes locales que permiten identificar en qué territorios específicos se presentaron los patrones espaciales significativos. Finalmente se da cuenta de la relación de producción minera y violencia vista desde las tasas de desplazamiento y los índices de violencia.

El índice de Moran parte del principio de que las cosas cercanas están más relacionadas que las distantes. El índice de Moran varía entre -1 y 1 e indica el grado de correlación presente entre unidades territoriales. En este trabajo se utiliza el índice de Morán bivariado. Por un lado, los valores negativos significan que se presentan comportamientos inversos

(municipios con alta violencia están asociados con municipios de poca explotación minera o viceversa). Por otro lado, los valores positivos en el índice indican relaciones entre municipios con magnitudes de violencia alta y alta explotación minera. Valores cercanos a 0 implican que no hay dependencia espacial y no se evidencian patrones significativos. Es decir, los eventos pueden suceder de manera aleatoria (Siabato & Manrique, 2018).

Desde el uso de mapas LISA, la técnica consiste en una descomposición del Índice de Moran en indicadores locales, también utilizados para comprobar la significancia estadística de las correlaciones espaciales. A diferencia del Índice de Moran, sus valores no tienen un rango establecido sino valores altos que permiten identificar puntos calientes y atípicos espaciales (Luc Anselin, 2020). A partir de la ecuación (2-1) del índice de correlación espacial bivariado se estima con el paquete estadístico “spdep” del software R los índices estadísticos locales y global de Moran.

Por lo tanto los mapas permiten visualizar los territorios con dependencia espacial, clasificados en 4 grupos. Grupo rojo: “alto-alto” corresponde a municipios con valores altos de violencia y vecinos con alta producción minera, grupo azul: “bajo-bajo” corresponde a municipios con valores bajos de violencia y vecinos con baja producción minera. Morado claro: grupo “bajo-alto” municipios con valores bajos de violencia y vecinos con producción minera alta. Grupo: rosado “alto-bajo” municipios con valores altos de victimización y vecinos con baja producción minera. Por último las zonas geográficas sin color representan territorios con dependencia espacial nula o no significativa (Luc Anselin, 2020).

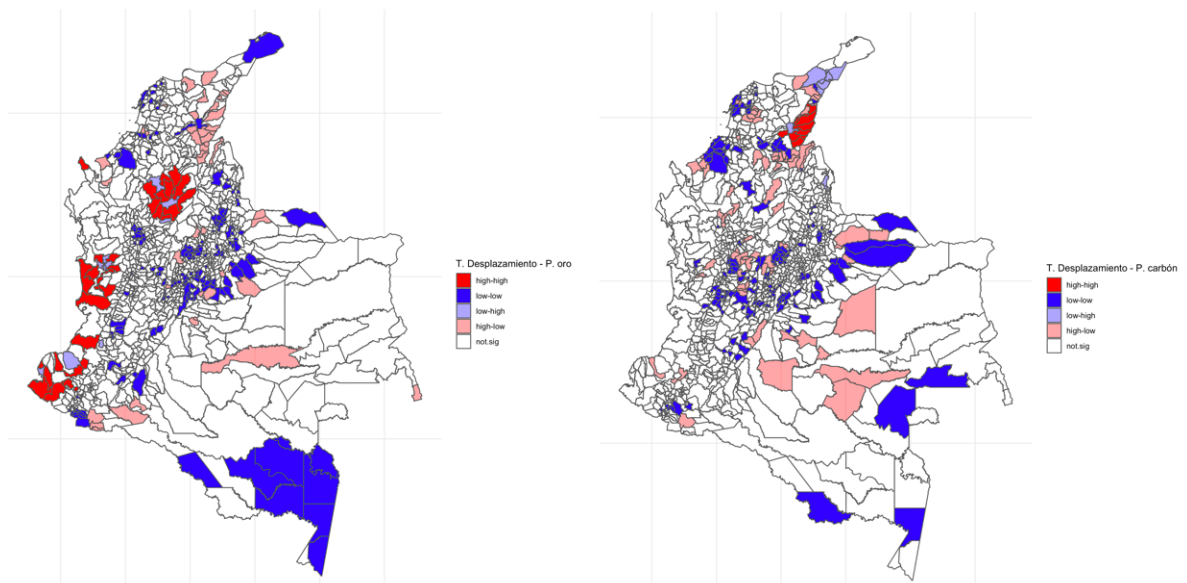
La matriz de vecindad se construye a partir de los polígonos de las bases shape del IGAC. Esta matriz representa los tipos de relaciones de vecindad con los municipios cercanos en este análisis se construye a partir del criterio Queen de primer orden, que permite analizar las relaciones entre los municipios que colindan de manera horizontal y diagonal (Reglero, 2017)

### 2.2.1. Resultados

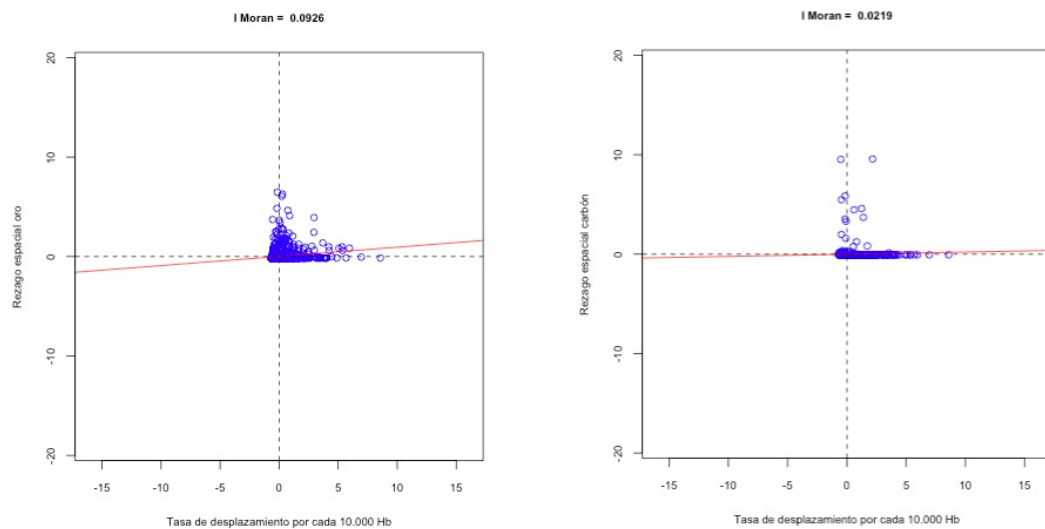
De acuerdo a los resultados generados por los índices de Moran bivariados globales, la relación con las tasas de desplazamiento forzado y la explotación de oro (I:0.0926) y con carbón (I: 0.0219). Por otro lado, desde el indicador de DNP con oro (I:0.1157) y con carbón (I:0.0056). Por último, la relación con el indicador de la UARIV con oro (I: 0.1863) y con carbón (I:0.0076). Aunque los resultados globales son pequeños los locales son significativos, en los grupos de municipios, por ello es central analizar los mapas LISA, desde los indicadores locales de las figuras 9, 11 y 14: los mapas de la izquierda corresponden a la relación con la explotación de oro y los mapas de la derecha a la relación con el carbón. Los mapas Lisa se realizan partir de la librería ggplot.



De esta forma, se puede visualizar una relación entre la ubicación de la explotación de oro y carbón y la ubicación de la violencia territorial, que se concentra en las áreas de color rojo. El grupo de municipios en rojo es similar para las tres variables analizadas con la explotación minera. Sin embargo, se concentran en algunos municipios distintos pues se usan variables de violencia espacialmente similares.



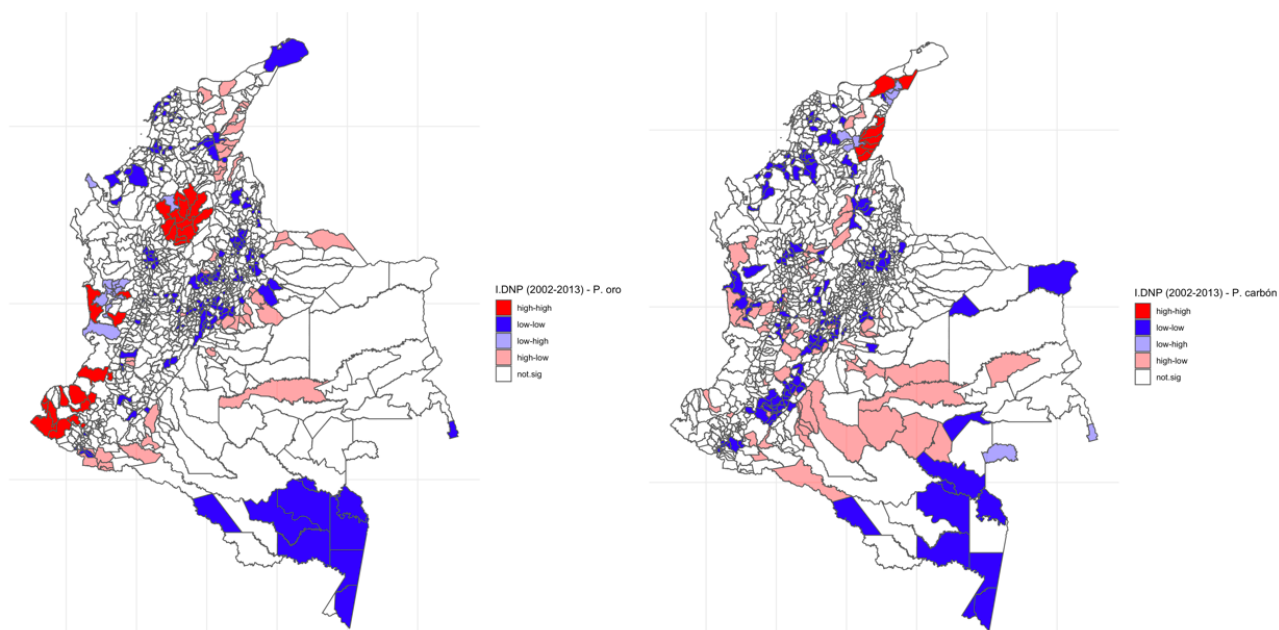
**Figura 9.** T. Desplazamiento por cada 10 000 Hb (1997-2010) y oro y carbón (2015) Mapas LISA. Base de datos RUV y UPME



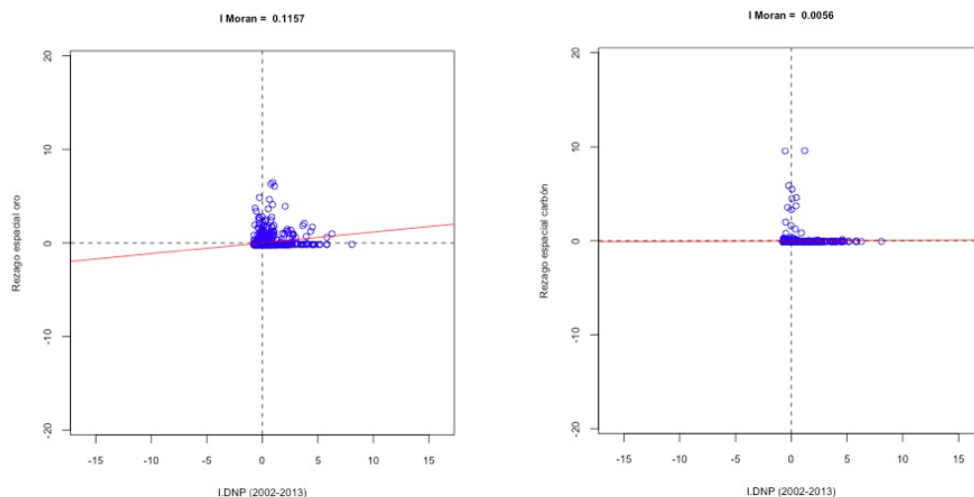
**Figura 10.** T. Desplazamiento por cada 10 000 Hb (1997-2010) y oro y carbón (2015) Cuadrantes diagramas de dispersión de Moran. Base de datos RUV y UPME

Las figuras 10, 12 y 13 muestran diagramas de dispersión del índice de Moran global, correspondientes a los conglomerados expuestos en los mapas Lisa. El cuadrante superior derecho muestra los colores rojos en los mapas. El diagrama inferior de la izquierda representa el grupo de colores azules de los mapas, el diagrama superior izquierdo hace referencia a los valores atípicos espaciales “bajo-alto” y por último el diagrama inferior los valores de relación “alto-bajo”. En este análisis, el estadístico espacial utilizado en los mapas Lisa resulta de la descomposición del índice de Moran global entre cada uno de los (i) municipios, donde la sumatoria de los índices locales dan como resultado el índice global.

El corredor del pacífico ha sido un escenario del conflicto central por la salida al mar, la ausencia del Estado y por ser uno de los territorios con más riquezas ambientales del mundo. La coca no ha sido el motor central de intervención militar y la guerra se ha concentrado en las fuentes extractivas como la minería y las actividades de deforestación de áreas protegidas. Además, han hecho presencia las FARC-EP con el Bloque Occidental, el ELN con el Frente de Guerra Occidental y también los paramilitares, las AGC y muchas bandas criminales con intereses extractivos.

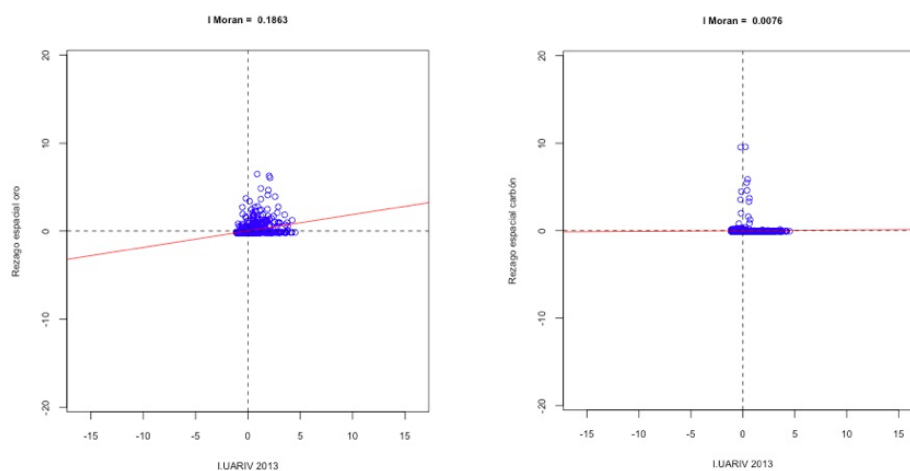


**Figura 11.** I. DNP (2002-2013) y oro y carbón (2015)  
Mapas Lisa. Base de datos DNP y UPME

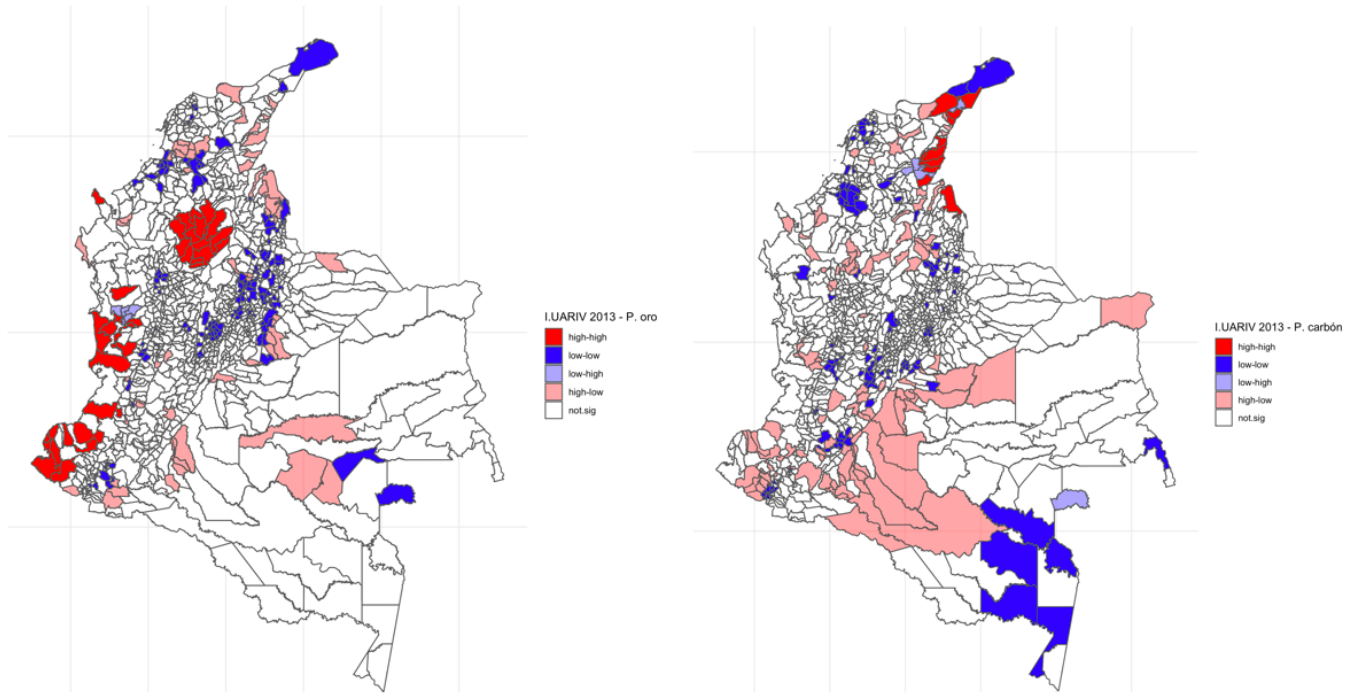


**Figura 12.** I. DNP (2002-2013) y oro y carbón (2015)  
Cuadrantes diagrama de dispersión de Moran. Base de datos DNP y UPME

La relación se concentra en los mismos departamentos en los tres mapas LISA: Antioquia, Choco, Valle del Cauca y Nariño, la discusión se centra en . Sin embargo, de forma diferencial de acuerdo a las características de la violencia registrada. Por ejemplo, en la figura 9 el color rojo se concentra en municipios del bajo Cauca Antioqueño. En la figura 11, se expresa en una mayor cobertura de municipios del norte Antioquia y del sur de Bolívar, en parte porque el índice de violencia de DNP se concentra en la acciones armadas. La figura 14, parece que agregara dos mapas anteriores referentes a la concentración de explotación de oro y violencia. Pasa algo similar con la producción carbón, y su concentración en el Cesar, la Guajira y en Tibú del Catatumbo.



**Figura 13.** I. UARIV (2013) y oro y carbón (2015)  
Cuadrantes diagrama de dispersión de Moran. Base de datos UARIV y UPME



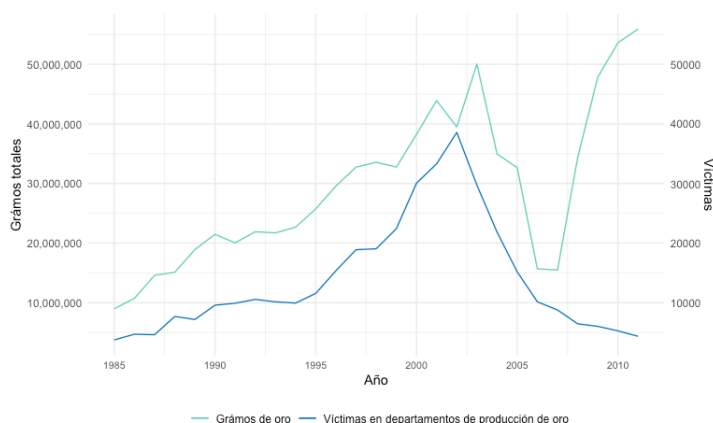
**Figura 14 . I. UARIV (2013) y oro y carbón (2015)**  
Mapas LISA. Base de datos UARIV y UPME

### 3. Análisis funcional

En este apartado se presentan gráficas descriptivas de la explotación de oro y carbón en relación con las víctimas del conflicto del Centro Nacional de Memoria Histórica CNMH en los departamentos donde hay explotación de oro y carbón, para ver la relación existente en el tiempo con otras formas de violencia. Luego, a partir de datos funcionales, desde un modelo de regresión funcional (escalar-función), se presentan resultados de asociación sobre el crecimiento de la explotación de minera y violencia entendida a partir de desplazamiento forzado y homicidios en el marco del conflicto armado.

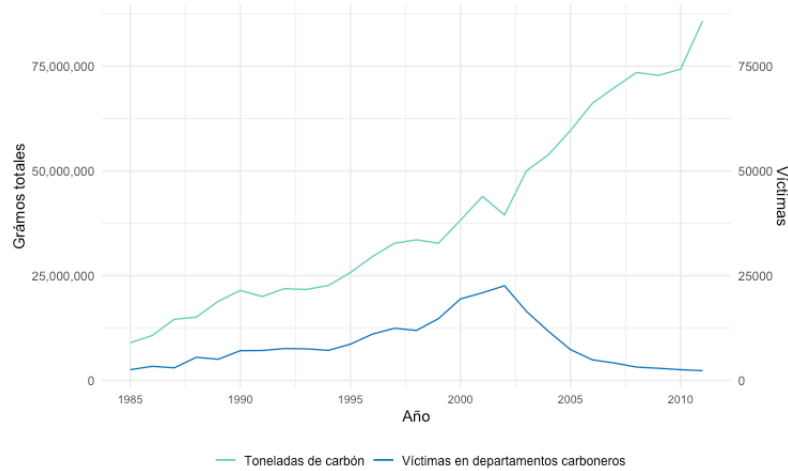
#### 3.1. Otros hechos de violencia

En la figura 15 y 16 se muestra el cruce de las víctimas del conflicto armado en los departamentos de explotación de oro y carbón. Se usa la base de datos del Centro Nacional de Memoria Histórica CNMH, pues esta base recoge diferentes tipos de hechos victimizantes como asesinatos selectivos, desapariciones forzadas, secuestros, etc. Sin embargo, esta base de datos no recoge víctimas relacionadas con desplazamiento forzado ni despojo, como sí las registra la base de datos del RUV (figura 5). Es importante destacar que la combinación de diferentes hechos victimizantes ha sido una estrategia que algunos actores armados han utilizado para beneficiarse del despojo territorial. Por ejemplo, el paramilitarismo recurrentemente amenazaba a la población, hacían masacres y así generaban el desplazamiento de las comunidades para luego aprovechar económicamente esas tierras (Pulido, 2011).



**Figura 15.** Explotación de oro y víctimas CNMH  
Fuente: UPME Y CNMH, cálculos propios

De la figura 15 y 16 se destaca un aumento de la explotación desde 1990 con la apertura económica y un aumento en la década del 2000 fruto de la ley de regulación minera que desemboca en el aumento exponencial de la producción de carbón. La explotación de oro depende también de la dinámica de precios a nivel internacional, por ello la producción puede bajar, pero al analizarlo como precio por cantidad crece a un nivel constante.



**Figura 16.** Explotación de carbón y víctimas CNMH  
Fuente: UPME Y CNMH, cálculos propios

## 3.2. Modelo Teórico

### 3.2.1. Análisis funcional

Los datos funcionales hacen referencia a datos donde cada observación es una curva, una superficie o una hipersuperficie. Un dato funcional  $Y$  es una observación de una variable aleatoria funcional  $Y \in H$ , donde  $H$  es un espacio infinito-dimensional (espacio funcional).  $Y$  también puede ser interpretado como un proceso estocástico, donde  $\{Y(t), t \in T\}$ , donde  $T$  es un intervalo en  $R$ , y el dato funcional es expresado como  $y(t)$ . En la práctica, un dato funcional  $y(t)$  es observado en un número finito de puntos, en la forma de  $y(t) = (y(t_1), \dots, y(t_m))$ , donde  $t = (t_1, \dots, t_m)$  es el conjunto de puntos del dominio  $T$  donde  $y(t)$  ha sido medido (Guevara, 2019).

### 3.2.2. Suavizamiento de los datos

En la práctica las observaciones funcionales son observaciones discretas en  $n$  puntos. Por lo tanto, la primera tarea es convertir estos valores discretos en funciones. Si los valores discretos son asumidos sin error, entonces el proceso se llama interpolación, pero si ellos tienen algún error observacional, este debe ser considerado y el proceso se denomina suavizamiento. Una base de funciones es un conjunto de funciones conocidas  $\phi_k$  que son independientes una de la

otra y cuya combinación lineal puede aproximar bastante bien cualquier función (Guevara, 2019).

$$x(t) \approx \hat{x}(t) = \sum_{k=1}^k c_k \phi_k(t) = c' \phi$$

donde  $c = (c_1, c_2, \dots, c_k)'$  con  $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k)'$

De esta forma el proceso de ajustar funciones a una muestra de curvas dadas es muy importante, pues hay que escoger la que más se ajuste. Por ejemplo, las bases de Fourier se usan para describir datos periódicos, las bases B-spline para información funcional sin variaciones cíclicas fuertes.

### Bases de Fourier

Esta base es periódica, el parámetro  $w$  determina el periodo  $2\pi/w$ . Además los valores de  $t_j$  son igualmente espaciados sobre  $T$ , entonces la base es ortogonal, donde  $\phi' \phi$  es una matriz diagonal de la siguiente forma (Guevara, 2019).

$$\phi = (1, \sin(wt), \cos(wt), \sin(2wt), \cos(2wt), \dots, \sin(kwt), \cos(kwt))$$

donde  $c = (c_0, c_1, c_2, \dots, c_k)$  además:

$$\hat{x}(t) = c_0 + c_1 \sin(wt) + c_2 \cos(wt) + c_3 \sin(2wt) + c_4 \cos(2wt) + \dots$$

### Bases B-Spline

Cada función base,  $\phi_k$ , es una función spline definida por su grado (orden) y una secuencia de nodos. Las combinaciones lineales de funciones spline son funciones spline. Las funciones spline son funciones polinómicas a trozos sobre las que se imponen restricciones en los puntos de unión, los cuales se denominan nodos (knots). Los splines dependen de el grado del polinomio, el número de nodos y la localización de los nodos (Guevara, 2019).

### 3.2.3. Regresión funcional con respuesta escalar

Hay diferentes tipos de regresiones funcionales en la literatura, por ejemplo, regresión: (escalar-función), dado por respuestas escalares y predictores funcionales. Regresión: (función-escalar) respuestas funcionales y predictores escalares; y regresión: (función sobre función) respuestas funcionales y predictores funcionales (Reisis & Goldsmith, 2016). La regresión escalar-función se describe a partir de la siguiente ecuación:

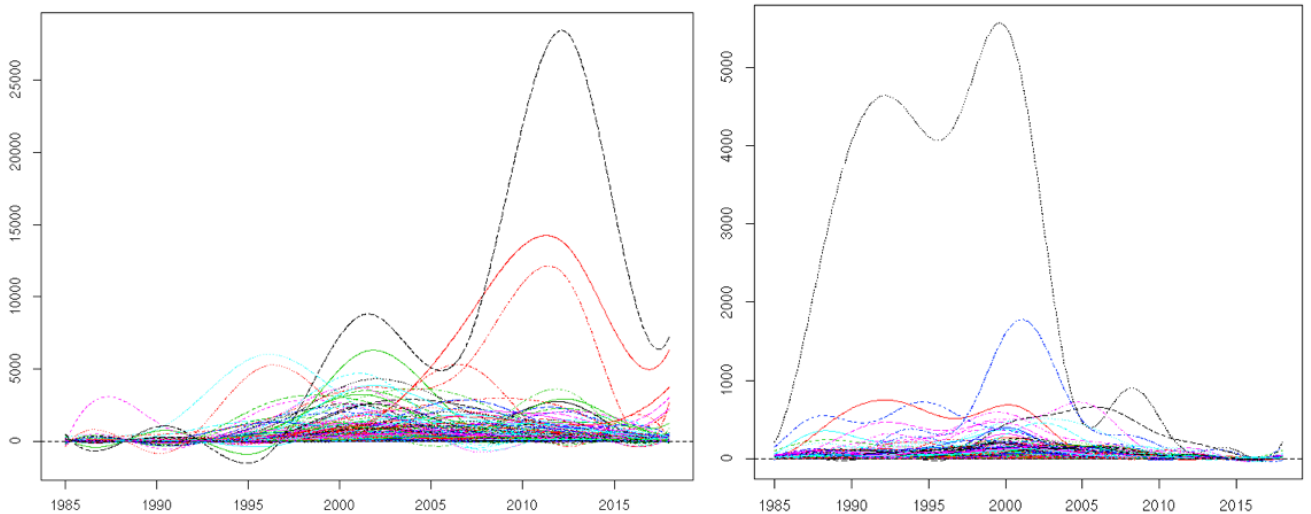
$$Y_i = \alpha + \int \beta(t) X_i(t) dt + \epsilon_i \quad (3-1)$$

En donde  $\beta(\cdot)$  es la función de coeficientes y  $\epsilon_i$  son iid (independientes e idénticamente distribuidos) con media cero y varianza constante  $\sigma^2$ . Se mantienen los mismos supuestos de una regresión lineal, pues deben haber mas observaciones que variables. Se estima  $\beta(\cdot)$  a partir de la minimización del error medio al cuadrado de la siguiente forma, con el  $\epsilon_i = 0$ :

$$\beta(t) = \underset{\beta}{\operatorname{argmin}} \sum \left( y_i - \alpha - \int \beta(t) X_i(t) dt \right)^2$$

### 3.3. Regresión funcional con respuesta escalar

Se generan 2 regresiones funcionales con respuesta escalar. Para este modelo es necesario convertir las observaciones discretizadas en funciones. Los datos funcionales se generan a partir de datos discretizados municipales de desplazamiento forzado y homicidios en los grupos de municipios que producen oro y carbón (Figura 17 y 18). Estos datos discretizados se suavizan para eliminar el ruido que pueden causar los picos, a partir de bases de Fourier, usadas con datos con un comportamiento cíclico, y con bases B-spline usada con variaciones cíclicas no tan fuertes. Usando la librería “fda” con las funciones: “create.fourier.basis” y “create.bspline.basis” se suavizan los datos discretizados de desplazamiento forzado y homicidios de la base de datos del RUV, como se presenta a continuación:

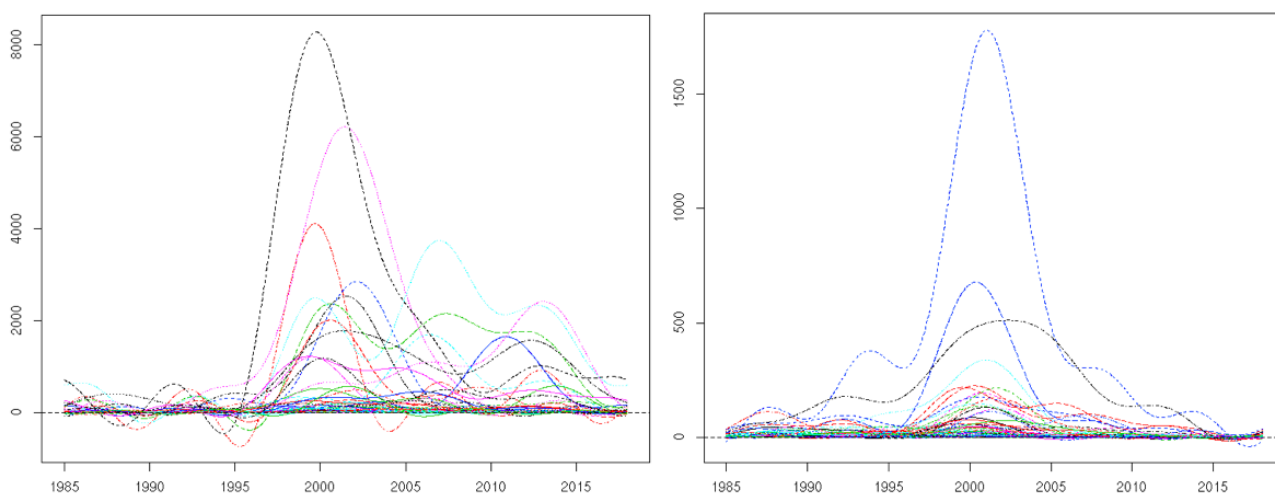


**Figura 17.** Curvas suavizados de desplazamiento forzado (Izq) y homicidios (Der) Bases de fourier y B-spline. Región de explotación de oro. Base de datos RUV

En la figura 17 y 18 se muestran gráficamente las curvas suavizadas de desplazamiento forzado y homicidios en los municipios que explotan oro y carbón. La figura 18 contiene 196 curvas referentes a los municipios que explotan oro en 2011, a partir de los datos municipales



anuales de desplazamiento forzado y homicidios del RUV. Se destaca una tendencia media en desplazamiento forzado con picos en el 2003 y 2013, en homicidios sobre todo en el 2003. La figura 18 presenta la misma relación pero con 112 curvas municipales; se mantienen los picos de desplazamiento forzado y homicidios en 2003 y 2013 sobre todo en desplazamiento.



**Figura 18.** Curvas suavizados de desplazamiento forzado( Izq) y homicidios (Der) Bases de fourier y B-spline. Región de explotación de carbón. Base de datos RUV

Entonces, la metodología utilizada es una regresión funcional con respuesta escalar como se presenta en la ecuación (3-2), en dónde las respuestas escalares  $Y_i$  son los agregado anuales de la producción de éstos minerales, de 1986 a 2018, con las observaciones suavizadas  $X_i$  de desplazamiento forzado y  $Z_i$  de homicidios. De la siguiente forma:

$$Y_i = \alpha + \int \beta(t)X_i(t)dt + \int \beta_1(t)Z_i(t)dt + \epsilon_i \quad (3-2)$$

Se utiliza un método funcional pues permite captar relaciones más allá de la linealidad de los datos en el suavizamiento de las curvas de desplazamiento forzado y homicidios en su forma funcional, esto permite extraer más información de los datos. En este ejercicio se está determinando la asociación de la explotación de oro y carbón en función de los dos hechos victimizantes recogidos por el RUV. El resultado indica que el incremento de la explotación de oro y carbón muestra una asociación significativa con los datos suavizados de desplazamiento forzado y homicidios dentro de los territorios mineros.

- Códigos de significancia 0\*\*\*, 0.001\*\*, 0.01\*, 0.05
- Los p-valores en la siguiente tabla determinan la significancia de las curvas suavizadas de los hechos victimizantes en la producción minera.

Regresiones minería y desplazamiento forzado-homicidios				
	$Pr(>  t )$ intercepto	P-Value T. Suavizados	Desviación explicada	R-sq
Carbón	6e-10***	5.33e-6***	74.1 %	0.69
Oro	7.79e-06***	0.0034**	44.5 %	0.36

Tabla 3-1.: Regresiones (escalar-función) oro,carbón, desplazamiento forzado y homicidios

### 3.3.1. Conclusiones del modelo

La tabla 3-1 presenta un resumen de las regresiones (escalar-función) expresando que los cambios en las dinámicas municipales del desplazamiento forzado y homicidios asociados a variaciones dentro de la explotación minera con un alto nivel de significancia. Al analizar el aumento de la producción de minerales en función del desplazamiento forzado y homicidios se encontraron picos en el tiempo en los grupos de municipios, como también una tendencia media de desplazamientos forzados y homicidios.

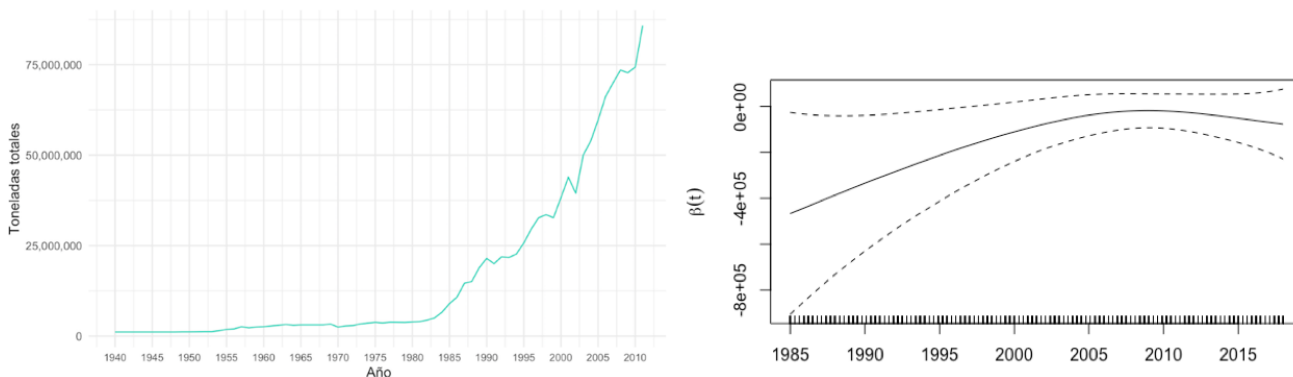
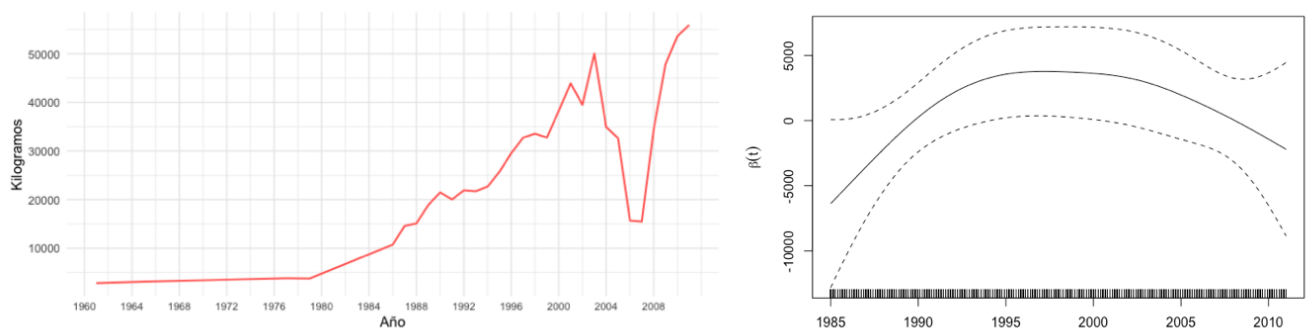


Figura 19. Explotación de carbón (Izq) y Betas estimados (Der)  
Regresión escalar-función. Base de datos RUV y UPME

Frente a la producción de carbón los datos de desplazamiento forzado son significativos en el modelo, entonces las variaciones de desplazamiento forzado en los 112 municipios que producen carbón en 2011 son significativas en relación con la variación de la producción de carbón. A partir de la gráfica 19, con los betas estimados por la regresión, se establece una relación positiva en el periodo 1996 y 2004; pasa lo mismo en el periodo 2007 y 2011. La desviación explicada en este modelo es del 74 %, por lo tanto los datos municipales suavizados de desplazamiento forzado y homicidios representan dinámicas del crecimiento de la explotación de carbón.

Desde la producción de oro las curvas de desplazamiento forzado y homicidios también son significativas en el modelo. Las variaciones de las curvas suavizadas de desplazamiento en los 194 municipios que producen oro en 2011 son significativas frente a la variación de la producción de oro. La gráfica 20 permite intuir que en el periodo 1986 y 2000 la relación es directa con respecto a las curvas suavizadas de desplazamiento forzado. La desviación explicada en este modelo es del 44,5 %, entonces el desplazamiento forzado y los homicidios son una variable central en los análisis que involucran a la producción legal con dinámicas de violencia.



**Figura 20.** Explotación de oro (Izq) y Betas estimados (Der)  
Regresión escalar-función. Base de datos RUV y UPME

## 4. Conclusiones y recomendaciones

- El conflicto armado ha afectado a las comunidades y su economía. En este contexto es necesario leer los cambios en los modelos productivos del país a la luz del conflicto. En particular, analizar las economías extractivas mineras de oro y carbón que han sido señaladas por organizaciones sociales y de derechos humanos por sus vínculos con el conflicto (Pulido, 2011). La ley 685 del 2001 de regulación minera constituye el marco normativo que ha permitido que la inversión de capitales transnacionales aumente significativamente. Este marco normativo fomenta el aumento de la explotación sin la protección debida de las comunidades. Además, los cambios de los ingresos exógenos inducidos por movimientos en el mundo de los precios de las materias primas han afectado la dinámicas de la guerra en Colombia (Dube y Vargas, 2013).

Colombia pasa de explotar en 2007 cerca de 16 mil kilogramos de oro a 56 mil kilogramos en 2015 legalmente. A partir de este incremento en los lugares de explotación, este trabajo se centró en encontrar la relación entre la explotación minera legal y formas de violencia armada. Así, se encontró esta relación entre explotación de oro y violencia armada en ciertas zonas de los departamentos de Chocó, Cauca, Nariño, Valle del Cauca, Antioquia y el sur de Bolívar. En el Cesar y la Guajira, se encontró la relación entre explotación de carbón y violencia a partir de los indicadores de violencia del conflicto armado de DNP, la UARIV y el RUV con las tasas de desplazamiento forzado.

- De acuerdo con los resultados generados por los índices de Moran bivariados globales se encuentra la relación con las tasas de desplazamiento forzado y la explotación de oro (I:0.0926) y con carbón (I: 0.0219). Desde el indicador de DNP con oro (I:0.1157 ) y con carbón (I:0.0056 ). Por último con el indicador de la UARIV con oro (I: 0.1863) y con carbón (I:0.0076). Aunque los resultados globales de los índices no marquen una relación marcada, la auto correlación espacial desde los resultados locales son significativos en los grupos de municipios, por ello es central analizar los mapas LISA que identifican puntos calientes en donde hay asociación entre la explotación minera y distintas formas de violencia; soportando la existencia de un patrón geográfico.

Aunque cambien las formas de violencia, los municipios siguen siendo los mismos pues cambian muy poco en sus correlaciones. Desde la explotación de oro la relación se presenta en Nariño, Cauca, Chocó, Antioquia y sur de Bolívar. En Nariño se registra

---

en los municipios de Tumaco, Roberto Payán, Olaya Herrera, El Charco y Barbacoas; en el Cauca en López de Micay; en Chocó desde el litoral de San Juan, Bajo Baudo, Río Quito, Lloró, Tado, río Iró, Acandí; en Antioquia en Nechí, el Bagre, Zaragoza, Cáceres, Anorí, Amalfi, Vegachi y Remedios. Y el sur de Bolívar en Montecristo, Santa Rosa del sur y San Pablo.

Frente a la explotación de carbón la asociación se mantiene en la Guajira y Cesar. Específicamente en La paz, Agustín Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Curumaní y Astrea del departamento de Cesar. Ahora, en la Guajira en Riohacha, Maicao, Barrancas y Fonseca. Estos son los dos departamentos que mantienen relación entre violencia y explotación de minera.

Por lo tanto, es necesario profundizar sobre las empresas mineras que operan en estos municipios para cuestionar si han sido judicialmente procesadas o, en otro caso, empezar revisiones rigurosas que demuestren que efectivamente no tienen relaciones con el conflicto armado. Aunque la autocorrelación espacial solo permite establecer asociación y no causalidad, los resultados muestran un patrón espacial que se mantiene aunque cambien las formas de violencia.

- A partir del análisis de regresión funcional con respuesta escalar, se identifica que el incremento de la explotación de oro y carbón indica una asociación significativa con los datos suavizados de desplazamiento forzado y homicidios dentro de los territorios mineros.

Al suavizar los datos discreteados de desplazamiento y homicidios se eliminan ruidos que pueden causar los picos, a partir de bases de Fourier y B-spline. Con ello desde los municipios que producen oro se destaca una tendencia media en desplazamiento forzado con picos en el 2003 y 2013, y, en homicidios en el 2003. Sobre los municipios que producen carbón se mantienen los picos de desplazamiento forzado y homicidios en 2003 y 2013, especialmente en desplazamientos forzados.

Frente a la producción de carbón los datos de desplazamiento forzado y homicidios son significativos en el modelo. Se establece que en el periodo 1996 y 2004 hay una relación positiva; pasa lo mismo en el periodo 2007 y 2011 (teniendo en cuenta que la desviación explicada en este modelo es del 74 %). Desde la producción de oro, las curvas de desplazamiento forzado y homicidios también son significativas en el modelo. En el periodo 1986 y 2000, la relación es directa con respecto a las curvas suavizadas (la desviación explicada en este modelo es del 44,5 %). Por último en trabajos futuros, es preciso el uso de otras co-variables que permitan generar una comprensión mayor del fenómeno, y que profundicen en los supuestos del modelo.

# **A. Glosario**

## **C CNMH**

Centro Nacional de Memoria Histórica

## **D DNP**

Departamento Nacional de Planeación

## **I ICA**

Índice de intensidad del conflicto armado

## **R RUV**

Registro único de Víctimas

## **U UARIV**

Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas

## **UPME**

Unidad de producción minero energética

## Bibliografía

- [ 1 ] Álvarez (2020). ‘Comunidades indígenas estarían siendo forzadas a desplazarse por culpa de la minería’. LAFM.
- [ 2 ] Anselin (1995). Exploring Spatial Data with Geoda: a Workbook. Electronic document. Available on-line at <https://geoda.uiuc.edu/pdf/geodaworkbook.pdf> .Descargado en Junio 2020.
- [ 3 ] Anselin (1995). ‘Local Indicators of Spatial Association-LISA. Geographical Analysis, vol.27 (2) pp.93-115
- [ 4 ] Ball & Guberek (2010). ‘Measuring Elusive Populations with Bayesian Model Averaging for Multiple Systems Estimation: A Case Study on Lethal Violations in Casanare, 1998-2007’ HRDAG
- [ 5 ] Brunnschweiler (2009). Natural resources and violent conflict: Resource abundance, dependence and the onset of civil wars. Oxford Economic Papers, 61, 651-674.
- [ 6 ] Castro & Urdinola (2019). ‘Armed Conflict and Fertility in Colombia, 2000–2010’ Population Research and Policy Review, Springer;Southern Demographic Association (SDA), vol. 38(2), pages 173-213, April.
- [ 7 ] Castillo & Rubiano (2019). ‘La minería de oro en la selva: territorios, autonomías locales y conflictos en Amazonia y Pacífico (1975-2015)’ Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias sociales
- [ 8 ] CERAC (2012). ‘Tipología de los municipios de Colombia según el conflicto armado interno’
- [ 9 ] DNP (2016). ‘Índice de incidencia del conflicto armado’ Departamento Nacional de Planeación- grupo de proyectos especiales
- [ 10 ] Dube & Vargas (2013). ‘Commodity Price Shocks and Civil Conflict: Evidence from Colombia New York University, on December 16, 2013
- [ 11 ] Ferro & Zuleta (2019). ‘Cultivos de Coca y Violencia: El cambio después de iniciados los diálogos de paz’ Documentos CEDE, No. 26
- [ 12 ] Gutiérrez (2003). ‘Criminal rebels? A discussion of civil war and criminality from the Colombian experience (Working Papers Series 1, 27). Crisis States Research Centre, London School of Economics and Political Science, London, UK.

- 
- [ 13 ] Guevara (2019). 'Notas de clase. Análisis de datos funcionales'. Universidad Nacional de Colombia
- [ 14 ] Hoover (2013). 'Multiple Systems Estimation: The Basics' Human Rights Data Analysis Group. <https://hrdag.org/2013/03/11/mse-the-basics/> visto en junio 2020
- [ 15 ] Kokoszka & Reimherr (2017). 'Introduction to functional data analysis'. CRC Press.
- [ 16 ] Raleigh & Witmer & O'Loughlin (2008). 'A Review and Assessment of Spatial Analysis and Conflict: The Geography of War'
- [ 17 ] REY (2013). 'Análisis espacial de la correlación entre cultivos de palma de aceite y desplazamiento forzado en Colombia', Cuad. Econ, vol.32, n.spe61, pp.683-718.
- [ 18 ] Rozas & Camarero (2005). 'Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal'
- [ 19 ] Rivero (2008). 'Análisis espacial de datos y turismo: nuevas técnicas para el análisis turístico. una aplicación al caso extremeño'. Universidad de Extremadura
- [ 20 ] Schuschny (2009). 'Guía metodológica, diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible'. Comisión económica para américa latina y el caribe (CEPAL)
- [ 21 ] Senplades (2016). 'Ficha metodológica: Tasa de homicidios – asesinatos (por cada 100.000 habitantes)'. Subsecretaría de Información – Senplades.
- [ 22 ] Tellez Medellín (2014). 'Dependencia Espacial de la Delincuencia en Monterrey'. Ecos de Economía; pp.63-92.
- [ 23 ] INS (2017). 'Consecuencias del conflicto armado en la salud en Colombia'. Instituto Nacional de Salud. Informe técnico No.9
- [ 24 ] Luc Anselin (2020). 'Local Spatial Autocorrelation, LISA and Local Moran'
- [ 25 ] Moor & Sandt (2014). 'El lado oscuro del carbón, la violencia paramilitar en la zona minera del Cesar'. Pax en Colombia.pg (24-34)
- [ 26 ] ORDEPA (2017). 'Reporte semestral dinámicas del asesinato de líderes rurales: las covariables municipales', Observatorio de tierras Base de datos de líderes sociales. <https://www.observatoriodetierras.org> Descargado en Junio 2020
- [ 27 ] Pulido (2011). 'Territorios frente a la minería, Alejo Pulido, Debates y alternativas alrededor de la problemática minera en Colombia' .pg (12-17)
- [ 28 ] Poveda (2018). 'La minería en Colombia cinco siglos de saqueo' Ediciones UNAULA 2018



- [ 29 ] Reglero (2017). ‘Análisis de datos espaciales de devoluciones’. Universidad de la Coruña
- [ 30 ] UPME (2020). ‘Producción, regalías y comercio exterior’ Unidad de producción minero energética. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas>. Revisado en junio 2020
- [ 31 ] UARIV (2012). ‘Índice de riesgo de victimización’ Unidad para la atención y Reparación integral a las víctimas.
- [ 32 ] UARIV (2018). ‘Índice de riesgo de victimización 2016-2018’. Unidad para la atención y Reparación
- [ 33 ] Valencia & Riaño (2017). ‘la Minería en el posconflicto, un asunto de quilates. Fundación paz y reconciliación’. Pares, pp (93-110)