


Impacto del Desplazamiento Forzado en la Producción de Caña de Azúcar en el Valle del Cauca (2000-2024)

María Paula Cifuentes Lombo¹ 

Daniel Camilo Melo Pardo² 

Recibido: Febrero 2025 • Evaluado: Mayo 2025 • Aceptado: Junio 2025

Resumen

Este estudio examina cómo el desplazamiento forzado y los cambios en la población rural han impactado la producción de caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca entre el 2000 y 2024. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó una metodología cuantitativa que combina una regresión múltiple con un modelo ARIMA, lo que permitió evaluar tanto la relación actual entre las variables como su comportamiento a lo largo del tiempo. Los resultados indican que el desplazamiento forzado tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo en la producción de caña, lo que coincide con la literatura que destaca el impacto del conflicto armado en la infraestructura, la movilidad y las decisiones de inversión agrícola. En cambio, la población rural no mostró un efecto significativo en el modelo, lo que sugiere que la tecnificación y la concentración del sector cañero han disminuido su dependencia de la mano de obra tradicional. En resumen, los hallazgos subrayan que la violencia y la dinámica territorial siguen siendo factores clave para entender las variaciones en la producción agroindustrial del Valle del Cauca.

Palabras clave: desplazamiento forzado, producción de caña de azúcar, población rural, conflicto armado.

¹ Estudiante del programa de economía de la Universidad de los Llanos. Correo: mpcifuentes@unillanos.edu.co

² Estudiante del programa de economía de la Universidad de los Llanos. Correo: dacmelo@unillanos.edu.co

Impact of Forced Displacement on Sugarcane Production in the Cauca Valley (2000-2024)

Abstract

This study examines how forced displacement and changes in the rural population have impacted sugarcane production in the Valle del Cauca department between 2000 and 2024. A quantitative methodology combining multiple regression with an ARIMA model was used to conduct this analysis, allowing for the evaluation of both the current relationship between the variables and their behavior over time. The results indicate that forced displacement has a negative and statistically significant effect on sugarcane production, which aligns with the literature highlighting the impact of armed conflict on infrastructure, mobility, and agricultural investment decisions. In contrast, the rural population did not show a significant effect in the model, suggesting that the mechanization and concentration of the sugarcane sector have reduced its dependence on traditional labor. In summary, the findings underscore that violence and territorial dynamics remain key factors for understanding variations in agro-industrial production in Valle del Cauca.

Keywords: forced displacement, sugarcane production, rural population, armed conflict.

Cómo citar: Cifuentes Lombo, M. P., & Melo Pardo, D. C. (2025). Impacto del desplazamiento forzado en la producción de caña de azúcar en el Valle del Cauca (2000–2024). *Revista Territorio y Desarrollo*, 9(2), 39–57.

Introducción

El conflicto armado en Colombia ha dejado una huella profunda en las realidades sociales, económicas y territoriales del país, especialmente en las áreas rurales donde la tierra y la producción agrícola son el corazón de la vida comunitaria. En estas regiones, la violencia no sólo causa daños directos a las personas, sino que también altera la manera en que se organizan y producen los territorios. El departamento del Valle del Cauca no ha sido lejano a estas dinámicas: a lo largo de su historia, ha enfrentado procesos de desplazamiento forzado, luchas por el control

del territorio y cambios en la población, todo esto en un contexto de fuerte especialización agrícola, especialmente en la producción de caña de azúcar.

Entre 2000 y 2024, el departamento del Valle del Cauca ha visto cambios significativos tanto en niveles de desplazamiento forzado como en su producción agroindustrial. Al mismo tiempo, la población rural ha mostrado tendencias de disminución, movilidad y reconfiguración, todo ello relacionado con los efectos del conflicto armado y la expansión del monocultivo de caña. Estas dinámicas sugieren que hay relaciones complejas entre la violencia sociopolítica, la actividad agrícola y los cambios demográficos, lo que significa que factores como la movilidad forzada, el abandono de tierras o los cambios demográficos pueden afectar la continuidad y el volumen de su producción.

Para explorar estas relaciones, el estudio se enfoca en tres variables clave: la producción de caña de azúcar como variable dependiente, el índice de desplazamiento forzado como variable independiente y el crecimiento de la población rural como variable de control. Estas variables permiten analizar cómo la violencia y los movimientos poblacionales pueden influir en las actividades agrícolas y en la configuración económica del territorio.

A partir de este contexto, esta investigación se enfoca en la siguiente pregunta: ¿Cuál ha sido el impacto del desplazamiento forzado en la producción de caña de azúcar en el Valle del Cauca entre 2000 y 2024, teniendo en cuenta las variaciones en la población rural? La hipótesis plantea que los aumentos en el desplazamiento forzado provocan cambios en la estructura productiva del ámbito rural. Esto puede suceder ya sea por pérdida o redistribución de mano de obra, alteraciones en el uso del suelo o interrupciones en los procesos agrícolas. Estos cambios, a su vez, pueden impactar de manera directa o indirecta la producción de caña de azúcar. Además, se argumenta que la población rural juega un papel crucial en esta dinámica, ya que sus variaciones influyen en la disponibilidad de trabajo agrícola y en la estabilidad de las actividades productivas.

Para orientar al lector, el documento se organiza en cuatro secciones principales. Primero, se presenta esta introducción, donde se establece el contexto general, las variables de estudio, la pregunta de investigación y la hipótesis. Segundo, se desarrolla el marco teórico, que revisa los conceptos y enfoques relevantes sobre el conflicto armado, el desplazamiento forzado, la población rural y la producción agrícola. Tercero, se detalla la metodología, que describe el enfoque analítico utilizado y las fuentes de información. Finalmente, se presentan los resultados y

conclusiones, donde se discuten los hallazgos más importantes del estudio y sus implicaciones económicas y territoriales para el departamento del Valle del Cauca.

Marco teórico

Conflicto Armado y Desplazamiento Forzado como factores que afectan la producción agrícola. La investigación sobre economía rural y violencia en Colombia revela que el conflicto armado tiene efectos profundos en las actividades agrícolas. Pinedo (2024) destaca que la violencia provoca la destrucción de infraestructuras, el abandono de tierras y una disminución en la productividad, todo esto debido a las restricciones de movilidad y la inseguridad que vive en las zonas rurales. Complementando esta idea, Ospina Cartagena y Becerra (2019) explican que la presencia de grupos armados influye en las decisiones de los agricultores, quienes a menudo optan por reducir sus inversiones, disminuir las áreas cultivadas o cambiar a cultivos que implique menos riesgos.

En lugares como el Valle del Cauca, uno de los factores más críticos es el desplazamiento forzado, que se entiende como una ruptura profunda de la estructura social y territorial. Acosta Oidor (2013) muestra que el desplazamiento en esta región ha provocado cambios en la tenencia de la tierra, debilitando las redes comunitarias y transformando la población rural. Además, Guevara Corral (2020) argumenta que el desplazamiento conlleva procesos de “nueva colonización urbana”, alterando la composición demográfica y afectando la disponibilidad de mano de obra agrícola.

Desde una perspectiva territorial. Vélez – Torres (2021) describe cómo las disputas impactan los modos de vida de las comunidades rurales afrodescendientes, afectando su permanencia y la continuidad de sus prácticas agrícolas. En este contexto, el desplazamiento forzado se considera un indicador clave para entender cómo la violencia transforma las condiciones productivas y sociales del territorio.

Producción de caña de azúcar: estructura agroindustrial y transformaciones territoriales. La producción de caña de azúcar es uno de los pilares agroindustriales más relevantes del Valle del Cauca. Uribe-Castro (2015) destaca que la expansión de la caña ha llevado a una concentración de la tierra, alteraciones en la estructura agraria y presiones sobre las comunidades rurales, lo que ha afectado la diversidad agrícola y las formas tradicionales de vida. Por otro lado, Ayala-Osorio

(2018/2019) argumenta que el monocultivo de caña actúa como un enclave económico que distorsiona los ecosistemas y limita las dinámicas de sostenibilidad social y ambiental.

Ayala-Osorio (2021) sostiene que los planes de desarrollo regional han funcionado como herramientas que validan el modelo agroindustrial, promoviendo la expansión de la caña incluso en contextos marcados por la violencia. De manera similar, Vélez-Torres et al. (2011) muestran que el crecimiento de la agroindustria cañera ha estado vinculado a procesos de control territorial y despojo, impactando los sistemas de subsistencia de las comunidades afro campesinas.

Población rural como variable demográfica y estructural. La población rural es fundamental para entender cómo se organiza la producción en las áreas agrícolas. Según García Negrette (2011), el Valle del Cauca ha visto una disminución constante de su población rural, lo que ha ido de la mano con un rápido proceso de urbanización. Esta transformación demográfica impacta en la disponibilidad de mano de obra agrícola, la estructura de las comunidades y la forma en que se utiliza el suelo.

Además, la conexión entre el conflicto armado y la demografía ha sido bien documentada. Acosta Oidor (2013) y Guevara Corral (2020) señalan que el desplazamiento forzado ha llevado a una reducción de la población rural, alterando los patrones de asentamiento y debilitando las estructuras de los campesinos. Estos cambios demográficos están relacionados con la concentración de tierras y el crecimiento de grandes modelos agroindustriales.

Integración conceptual de las variables

La revisión de la literatura nos permite construir un marco analítico donde las tres variables del estudio están interconectadas. El desplazamiento forzado actúa como un impacto tanto territorial como social, alterando la estabilidad de las comunidades rurales. La población rural refleja los cambios demográficos provocados por la violencia y las transformaciones en el sector agrario. Por último, la producción de caña de azúcar representa la dimensión económica donde se manifiestan los efectos acumulativos de estos procesos. Así, el marco teórico sugiere que la interacción entre el conflicto armado, la dinámica demográfica y la estructura agroindustrial puede ayudar a entender las variaciones en la producción de caña en el Valle del Cauca durante el periodo 2000–2024.

Metodología

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo que se apoya en técnicas econométricas de regresión y análisis de series de tiempo. Su objetivo es evaluar cómo el desplazamiento forzado, resultado del conflicto armado, ha impactado la producción de caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca en los años 2000 y 2024. Además, se incluye el crecimiento de la población rural como una variable de control, dado su papel importante en la dinámica agrícola de la región.

Diseño del estudio y construcción de la base de datos

Se creó una base de datos anual que reúne tres variables: la producción de caña de azúcar (que es la variable dependiente), el número de víctimas del desplazamiento forzado (la variable independiente principal) y el crecimiento de la población rural (la variable de control). Los datos fueron organizados y procesados utilizando el software R, con las librerías `readxl`, `dplyr`, `forecast`, `lmtest` y `tseries`. La estructura temporal de las variables permite tratarlas como series de tiempo, lo que facilitó la aplicación de modelos tanto estáticos (como la regresión múltiple) como dinámicos (ARIMAX).

Modelo de regresión múltiple (MCO)

El primer paso fue estimar un modelo de regresión lineal múltiple para entender la relación entre el desplazamiento forzado y la producción de caña, teniendo en cuenta el crecimiento de la población rural. Usamos el comando `lm()` para obtener las estimaciones de los coeficientes, los errores estándar, los intervalos de confianza y el nivel de significancia de cada variable explicativa. En esta fase, generamos una tabla de regresión que muestra los coeficientes relacionados con el desplazamiento forzado y el crecimiento de la población rural, además del ajuste global que se mide con el R^2 y la significancia conjunta.

```

> # --- 3. REGRESIÓN MÚLTIPLE ---
> modelo_reg <- lm(CAÑA ~ VICTIMAS + P.RURAL, data = datos)
> summary(modelo_reg)

Call:
lm(formula = CAÑA ~ VICTIMAS + P.RURAL, data = datos)

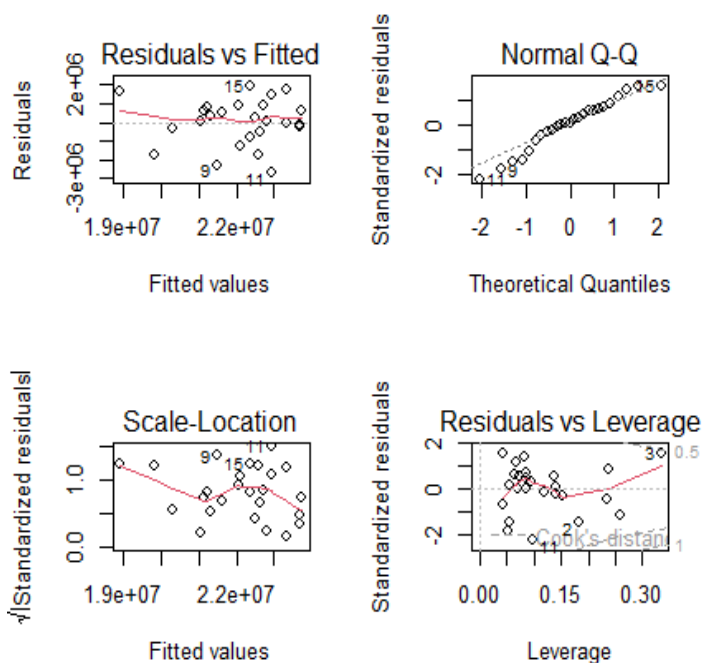
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2688895 -494338    60292   798081  1929602

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.990e+07  9.433e+06   3.170  0.00444 **
VICTIMAS     -7.793e+00  2.177e+00  -3.579  0.00167 **
P.RURAL      -7.801e+00  1.358e+01  -0.574  0.57160
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1278000 on 22 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5065,    Adjusted R-squared:  0.4617
F-statistic: 11.29 on 2 and 22 DF,  p-value: 0.0004225

```

Para asegurarnos de que se cumplían los supuestos del modelo lineal, creamos los cuatro gráficos de diagnóstico clásicos: residuos frente a valores ajustados, gráfico QQ, escala – localización y residuos estandarizados. Estos gráficos nos ayudaron a detectar posibles problemas de heterocedasticidad, no normalidad o autocorrelación en los residuos.



Al encontrar evidencia de heteroscedasticidad, corregimos los errores estándar utilizando el estimador robusto HC1 con `coefest ()` y `vcovHC ()`. Esta prueba generó una segunda tabla con coeficientes robustos.

```
> coefest(modelo_reg, vcovHC(modelo_reg, type = "HC1"))

t test of coefficients:

              Estimate  Std. Error  t value  Pr(>|t|)
(Intercept)  2.9899e+07  8.4792e+06  3.5262  0.001901 **
VICTIMAS     -7.7930e+00  2.3762e+00 -3.2796  0.003424 **
P.RURAL      -7.8008e+00  1.1883e+01 -0.6565  0.518327
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Transformación en series de tiempo

Para crear un modelo dinámico, las variables relacionadas con la producción de caña y el desplazamiento forzado se transformaron en series de tiempo con una frecuencia anual utilizando el comando `ts ()`. Esta estructura nos permitió observar visualmente las tendencias, rupturas y patrones temporales antes de proceder con la estimación de modelos ARIMA.

Antes de ajustar modelos ARIMA, se analizaron las series gráficamente y se notó que no mostraban estacionariedad estricta, algo que es bastante común en datos agrícolas y sociales a largo plazo. Esto justificó la posterior inclusión de diferenciación en el modelo ARIMA.

Modelo ARIMAX

Un análisis dinámico del impacto del conflicto: Para entender la dependencia temporal y el efecto rezagado del desplazamiento forzado en la producción de caña, se utilizó un modelo ARIMAX con el logaritmo `auto.arima ()`. Primero se estimó un ARIMAX básico sin diferenciación. Este modelo arrojó los parámetros AR, MA y los coeficientes del regresor externo (desplazamiento forzado).

Posteriormente, dada la evidencia de no estacionariedad detectada, se estimó un segundo modelo con diferenciación de orden uno ($d = 1$). La selección de parámetros se realizó automáticamente

minimizando criterios de información como AIC Y BIC. Ambos modelos generaron: Tablas con los coeficientes ARIMA, significancia estadística, criterios de ajuste y estructura del modelo final (p, d, q).

```
> modelo_arimax <- auto.arima(cana_ts, xreg = vict_ts)
> summary(modelo_arimax)
Series: cana_ts
Regression with ARIMA(0,0,0) errors

Coefficients:
    intercept      xreg
    24491778.3   -6.8626
s.e.      534420.2    1.3742

sigma^2 = 1.585e+12:  log likelihood = -385.57
AIC=777.15  AICc=778.29  BIC=780.81

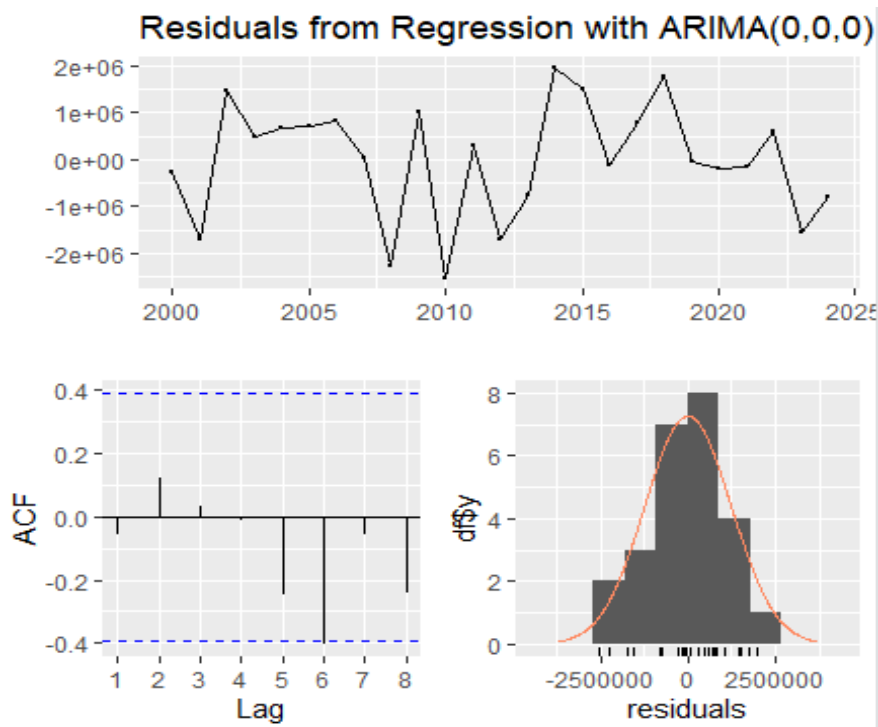
Training set error measures:
              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set 2.235165e-09 1207492 969261.4 -0.3103825 4.495122 0.6935282 -0.05723431
> checkresiduals(modelo_arimax)

Ljung-Box test

data: Residuals from Regression with ARIMA(0,0,0) errors
Q* = 2.5903, df = 5, p-value = 0.7628

Model df: 0. Total lags used: 5
```

Posteriormente se aplicó `checkresiduals()` para evaluar autocorrelación residual mediante el test Ljung–Box, así como para visualizar si el comportamiento del ruido se aproximaba a un proceso de ruido blanco.



```

> # --- 5.3 ARIMAX EN DIFERENCIAS ---
> modelo_arimax2 <- auto.arima(cana_ts, xreg = vict_ts, d = 1)
> summary(modelo_arimax2)
Series: cana_ts
Regression with ARIMA(1,1,0) errors

Coefficients:
      ar1      xreg
-0.5987 -4.7290
s.e.    0.1590  2.6582

sigma^2 = 2.106e+12: log likelihood = -373.74
AIC=753.49  AICC=754.69  BIC=757.02

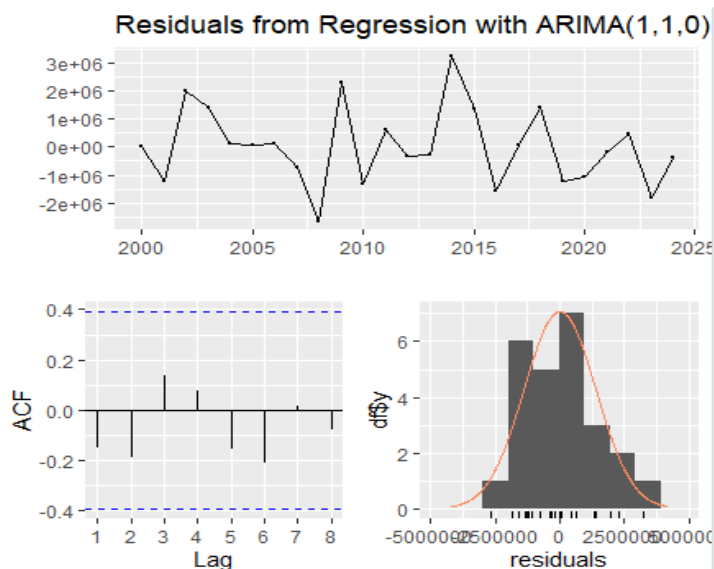
Training set error measures:
      ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set 12443.91 1361439 1045204 -0.1816953 4.755262 0.7478667 -0.1495639
> checkresiduals(modelo_arimax2)

Ljung-Box test

data: Residuals from Regression with ARIMA(1,1,0) errors
Q* = 3.253, df = 4, p-value = 0.5164

Model df: 1. Total lags used: 5

```

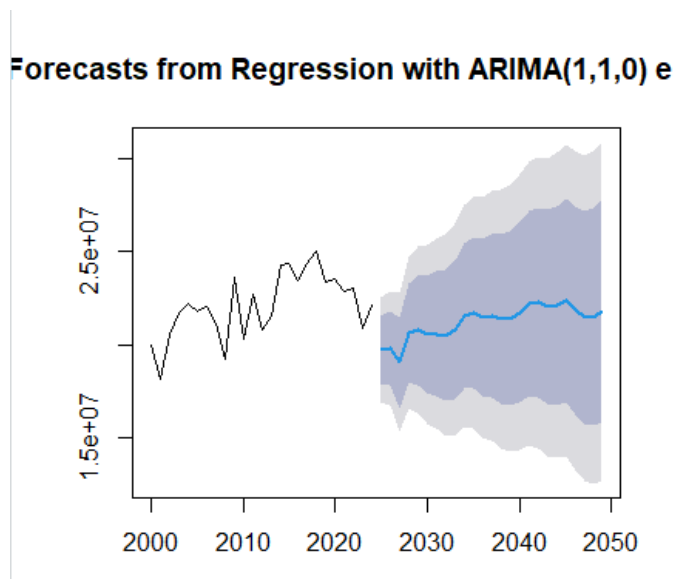


Pronósticos y visualización

Utilizando el modelo ARIMAX diferenciado, se llevaron a cabo pronósticos sobre la producción de caña a través del comando `forecast()`, incorporando como regresor externo la serie del desplazamiento forzado. El gráfico de pronóstico no solo incluye bandas de confianza, sino que

también permite observar cómo se proyecta la producción agrícola en función de los niveles recientes del desplazamiento forzado.

```
> forecast_arimax <- forecast(modelo_arimax2, xreg = vict_ts)
> plot(forecast_arimax)
```



Análisis de resultados

Estimación del modelo mediante OLS

El modelo OLS revela una conexión significativa entre el desplazamiento forzado y la producción de caña de azúcar en el Valle del Cauca. El coeficiente de la variable desplazamiento forzado (VÍCTIMAS) es negativo y significativo ($\beta = -7.79$, $p = 0.0016$), lo que sugiere que un aumento en los eventos de desplazamiento disminuye la producción de caña. Este hallazgo se alinea con lo que menciona Pinedo (2024), quien argumenta que la violencia destruye la infraestructura rural y provoca el abandono de tierras, impactando directamente la productividad. Además, Ospina Cartagena y Becerra (2019) indican que la presencia de actores armados restringe la inversión agrícola y reduce las áreas cultivadas, lo que coincide con el efecto negativo que muestra el modelo.

Por otro lado, la variable población rural (P. RURAL) también presenta un coeficiente negativo ($\beta = -7.80$), aunque su efecto no es estadísticamente significativo ($p = 0.57$). Esto sugiere que la disminución de la población rural no explica por sí sola las variaciones en la producción de caña.

Este punto es consistente con lo que describe García Negrette (2011), quien habla sobre el proceso de urbanización en el Valle del Cauca y la continua pérdida de población rural debido a factores económicos y migratorios. Además, como argumentan Uribe-Castro (2015) y Ayala-Osorio (2018/19), la producción de caña está altamente tecnificada y concentrada, lo que la hace menos dependiente de la mano de obra rural tradicional, lo que podría explicar la falta de significancia.

El ajuste del modelo muestra un R^2 de 0.506, lo que indica que las variables explican el 50% de la variación en la producción de caña. Aunque no es un valor muy alto, sí demuestra que la dinámica del conflicto armado es un factor relevante en la actividad agrícola, en línea con lo que señala Vélez-Torres (2021). El estadístico F es significativo ($p = 0.00042$), lo que confirma que el modelo es válido en su conjunto y que las variables juntas sí explican la producción agrícola.

Diagnóstico del modelo

Los gráficos de residuos son herramientas clave para evaluar si un modelo se ajusta a los supuestos clásicos de regresión. En el gráfico de Residuals vs Fitted, se puede notar una dispersión amplia junto con cierta estructura, lo que sugiere una ligera heterocedasticidad. Esto es algo común en datos territoriales, donde, como mencionan Ayala-Osorio (2018/19) y Vélez-Torres (2011), las desigualdades estructurales en el territorio generan variabilidad diferente entre municipios o a lo largo del tiempo.

El gráfico Normal Q-Q muestra algunas desviaciones leves en los cuantiles extremos, lo que indica que los residuos no siguen una distribución normal perfecta, aunque no hay un quiebre severo. Esto podría estar relacionado con episodios de violencia intensa en ciertos años, lo que coincide con lo que describe Acosta Oidor (2013) sobre los picos de desplazamiento en el Valle del Cauca.

El gráfico Scale–Location refuerza la idea de que la varianza de los residuos no es completamente constante, lo que confirma la presencia de heterocedasticidad. Por último, en el gráfico de Residuals vs Leverage, no se observan puntos extremadamente influyentes, lo que sugiere que ninguna observación está dominando el modelo. Estos hallazgos justifican el uso de errores robustos, ya que el comportamiento real del territorio rural presenta desigualdades estructurales, cambios demográficos y picos de violencia que impactan la variabilidad del fenómeno.

Ajuste con errores robustos HC1

Al aplicar la corrección de heterocedasticidad (HC1), los coeficientes se mantienen prácticamente sin cambios, lo que sugiere que el modelo es estable y robusto. La variable de desplazamiento forzado sigue siendo estadísticamente significativa ($\beta = -7.79$, $p = 0.0034$), lo que refuerza la idea de que el conflicto armado tiene un impacto negativo en la producción de caña. Esto respalda las interpretaciones de Pinedo (2024) y Ospina Cartagena & Becerra (2019), ya que incluso al corregir las inconsistencias en los errores, el efecto disruptivo del desplazamiento se mantiene.

Por otro lado, la población rural sigue sin ser significativa ($p = 0.51$), lo que confirma su papel secundario en la estructura agroindustrial de la caña, en línea con lo que señala Uribe-Castro (2015), quien indica que la agroindustria funciona como un enclave tecnificado con menor dependencia de la población campesina tradicional. La estabilidad de estos resultados bajo errores robustos indica que el modelo es confiable y que los efectos observados no son simplemente el resultado de una falla en los supuestos estadísticos.

Modelo ARIMAX inicial (ARIMA 0,0,0 con regresor)

El primer modelo que hemos estimado es un ARIMAX sin diferenciación (ARIMA 0,0,0), donde el desplazamiento forzado se presenta como un factor clave en la producción de caña. El coeficiente relacionado con el desplazamiento ($\beta = -6.86$) indica un efecto negativo significativo: a medida que aumentan los eventos de desplazamiento forzado en el Valle del Cauca, la producción de caña tiende a caer. Este hallazgo se alinea con la teoría de Pinedo (2024), quien sostiene que el conflicto armado impacta directamente la estructura productiva rural al destruir infraestructura y provocar el abandono de tierras. Asimismo, Ospina Cartagena y Becerra (2019) argumentan que la presencia de grupos armados lleva a los agricultores a disminuir sus inversiones y restringir el uso de la tierra, lo que coincide con la disminución de la producción que captura el modelo.

El alto intercepto del modelo (24491778) refleja el peso estructural del sector cañero, que mantiene un volumen de producción considerable pese a las perturbaciones externas. Sin embargo, el AIC del modelo (777.15) sugiere que la especificación sin diferenciación puede no capturar completamente la dinámica temporal de la serie. Esto justifica la necesidad de un modelo con estructura ARIMA que incorpore el comportamiento histórico de la producción.

Diagnóstico de residuos del ARIMAX sin diferencias

El análisis del gráfico y estadístico de los residuos del primer modelo revela que hay patrones temporales que no se han capturado del todo. Aunque el test de Ljung-Box muestra un p-valor de 0.7628, lo que sugiere que no hay autocorrelación significativa en los primeros rezagos, las gráficas de ACF indican fluctuaciones notables en rezagos posteriores. Esto sugiere que hay ciclos productivos que no han sido modelados. Esta situación es coherente con la naturaleza de la producción agrícola, que suele estar influenciada por fenómenos cíclicos, climáticos y decisiones de política económica.

Los residuos muestran una dispersión amplia, algo típico en series con variaciones abruptas debido a shocks territoriales. En lugares como el Valle del Cauca, las dinámicas de violencia y desplazamiento generan procesos de inestabilidad social que pueden llevar a cambios bruscos en la producción, tal como lo mencionan Vélez-Torres (2021) y Guevara Corral (2020). Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de un modelo ARIMA con diferenciación.

Modelo ARIMAX diferenciado (ARIMA 1,1,0 CON regresor)

El segundo modelo, ARIMAX con la estructura ARIMA (1,1,0), mejora el ajuste general al capturar de manera efectiva la tendencia temporal. El coeficiente del desplazamiento forzado sigue siendo negativo ($\beta = -4.72$), lo que confirma que estos desplazamientos tienen un impacto negativo en la producción de caña. Aunque este coeficiente es un poco más bajo que en el modelo sin diferencias, la estabilidad del signo refuerza la solidez de la relación. Este hallazgo respalda lo que plantea Acosta Oidor (2013), quien sostiene que, en el Valle del Cauca, el desplazamiento forzado altera la estructura agraria, modifica la tenencia de la tierra y debilita las bases sociales que sustentan la producción rural.

Además, el componente autorregresivo AR (1) muestra un coeficiente significativo de -0.598, lo que indica que la producción de caña responde de manera notable a su propio comportamiento histórico. Este descubrimiento está en línea con lo que se ha documentado en la literatura agroindustrial: Uribe-Castro (2015) y Ayala-Osorio (2018/2019) argumentan que el monocultivo de caña opera bajo una estructura rígida, tecnificada y altamente concentrada, que tiende a mantener niveles de producción relativamente estables a pesar de las perturbaciones externas. Este

comportamiento justifica el uso de un modelo ARIMA y explica porque la variable de población rural no tiene un efecto significativo sobre la producción de caña: la tecnificación y los sistemas de riego disminuyen la dependencia de la mano de obra campesina tradicional.

Diagnóstico de residuos del ARIMAX diferenciado

Las pruebas de diagnóstico del modelo ARIMAX diferenciado indican que los residuos se comportan de manera adecuada. El test de Ljung-Box arroja un p-valor de 0.5164, lo que descarta la autocorrelación y confirma que el modelo logra captar los patrones temporales relevantes. Los gráficos de ACF muestran valores que se mantienen dentro de los límites, y la distribución que se aproxima a la normalidad refuerza la validez del modelo.

La forma de los residuos sugiere que, aunque el modelo logra captar la tendencia temporal, aún persisten fluctuaciones extremas típicas del sector agrícola. Estas variaciones podrían estar relacionadas con los procesos socio-territoriales descritos por Vélez-Torres et al. (2011), quienes argumentan que, en el Valle del Cauca, las disputas territoriales y el control armado generan alteraciones en las actividades productivas rurales. Así, el diagnóstico no solo confirma que el modelo es adecuado, sino que también revela que la realidad productiva está influenciada por factores que van más allá de las variables observadas.

Pronóstico del modelo ARIMAX (2024-2050)

Las proyecciones realizadas con el modelo ARIMAX (1,1,0) indican que la producción de caña de azúcar en el Valle del Cauca se mantendrá relativamente estable hacia el año 2050. La línea central del pronóstico muestra un nivel de producción que se mantiene moderadamente constante, aunque los intervalos de confianza se amplían a medida que pasan los años. Esta expansión sugiere que, a pesar de que la tendencia estructural del sector cañero es estable, hay una gran incertidumbre relacionada con factores externos como el conflicto armado, la presión sobre la tierra y los cambios demográficos en las áreas rurales.

Autores como Ayala-Osorio (2021) sostienen que el desarrollo regional ha impulsado el crecimiento del monocultivo de caña, lo que ayuda a explicar la estabilidad que se observa en el

pronóstico. Sin embargo, los amplios intervalos de confianza también reflejan lo que han señalado Guevara Corral (2020) y Vélez-Torres (2021), quienes indican que la violencia y el desplazamiento provocan reacomodos territoriales que podrían impactar la producción agrícola a largo plazo. Así que, aunque el modelo sugiere estabilidad, la realidad en el terreno podría traer cambios significativos en el futuro.

Conclusiones

El desarrollo de esta investigación nos permitió explorar la conexión entre el desplazamiento forzado, la población rural y la producción de caña de azúcar en el Valle del Cauca durante el periodo de 2000 a 2024. La metodología se diseñó utilizando técnicas cuantitativas, como la regresión múltiple y los modelos ARIMAX, lo que nos llevó a enfrentar algunos desafíos, especialmente en la modelación estadística y el análisis de las propiedades temporales de las series. Elegir este tema fue muy relevante, considerando la influencia del conflicto armado en las dinámicas rurales del departamento, y la disponibilidad de información oficial facilitó la creación de una base sólida para el análisis econométrico.

La recopilación de datos no presentó mayores complicaciones, ya que todas las variables. Producción de caña, desplazamiento forzado y población rural se obtuvieron de fuentes oficiales (Asocaña, Unidad de Víctimas y DANE) que contaban con registros completos y una frecuencia anual consistente entre 2000 y 2024. El proceso se centró principalmente en reunir los datos en un solo archivo y organizarlos bajo una estructura temporal uniforme. Las principales dificultades metodológicas aparecieron más tarde, durante la aplicación de los modelos econométricos, especialmente en los diagnósticos de los supuestos, la identificación de heterocedasticidad y la necesidad de utilizar modelos dinámicos como ARIMAX para capturar la naturaleza temporal del fenómeno que estábamos estudiando.

En cuanto a los resultados, tanto la regresión OLS como los modelos ARIMAX coinciden en que el desplazamiento forzado tiene un impacto negativo y significativo en la producción de caña de azúcar. Este hallazgo respalda lo que se ha señalado en la literatura sobre los efectos del conflicto armado en las actividades rurales, mostrando que la violencia altera la estructura agraria, debilita la disponibilidad de mano de obra, provoca el abandono de tierras y afecta la continuidad de los

procesos productivos. Por otro lado, la población rural no demostró un efecto significativo en los modelos, lo que se alinea con la estructura tecnificada del sector cañero que, al operar con altos niveles de mecanización y concentración, depende menos del trabajo campesino tradicional.

Además, los resultados del modelo ARIMAX (1,1,0) indican que parte de la dinámica de la producción de caña depende de su comportamiento histórico y que, a pesar de las perturbaciones asociadas al conflicto, el sector mantiene cierta estabilidad estructural. Sin embargo, las proyecciones hacia 2050 muestran intervalos de confianza amplios, lo que sugiere que la persistencia del conflicto armado, los cambios en el uso del suelo y las transformaciones demográficas podrían introducir una considerable incertidumbre en el futuro del sector agroindustrial.

Es fundamental reconocer las limitaciones de este estudio. Primero, la investigación se basa en series anuales, lo que limita nuestra capacidad para captar las variaciones estacionales o las dinámicas más cortas del conflicto y la producción. Además, sería ideal contar con datos a nivel municipal, ya que esto nos permitiría entender mejor los efectos territoriales del desplazamiento en las áreas donde la agroindustria cañera tiene una mayor presencia.

También sería útil incluir variables adicionales, como los precios internacionales del azúcar, las políticas agrícolas, los cambios en las tecnologías de producción o los fenómenos climáticos, que pueden afectar los resultados. Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el marco temporal, integrar información espacial y considerar modelos más complejos que puedan capturar las interacciones entre el territorio, el conflicto y la estructura productiva. Estos avances facilitan un análisis más profundo y una comprensión más completa de las relaciones entre la violencia sociopolítica y la producción agrícola en el Valle del Cauca.

Referencias

Acosta Oidor, C. (2013). *Efectos del conflicto armado sobre la población civil en el Valle del Cauca durante el primer decenio del ciclo XXI* (Tesis de maestría). Universidad del Valle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/d798a6f1-5d52-468f-a83d-8de5cd344df9/content>

- Ayala-Osorio, G. (2018/2019). *El monocultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río cauca: un enclave que desnaturaliza la vida ecosistémica*. Universidad Autónoma del Occidente. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ElMonocultivoDeLaCanaDeAzucarEnElValleGeograficoDe-6977548.pdf
- Ayala-Osorio, G. (2021). *Los planes de desarrollo como instrumentos de validación: caña de azúcar y agroindustria cañera en el Valle del Cauca y Cauca (Colombia)*. Universidad Autónoma del Occidente. <https://red.uaou.edu.co/server/api/core/bitstreams/90d9e37e-7799-4863-8f16-55cb6b6fb0ea/content>
- García Negrette, R. (2011). Dinámica demográfica intercensal de los municipios del Valle del Cauca (1993-2005). *Revista Sociedad y Economía*, 21, 93-117. <https://ideas.repec.org/a/col/000156/008631.html>
- Guevara Corral, R. D. (2020). La nueva colonización urbana: el desplazamiento forzado en el suroccidente colombiano. *Reflexión Política*, 22(45), 46-58. <https://revistas.unab.edu.co/index.php/reflexion/article/view/702/3953>
- Ospina Cartagena, C. V., & Becerra, M. (2019). *Efectos del conflicto armado en las decisiones de producción en el área rural: evidencia para Colombia* (Tesis de maestría). Universidad del Rosario. <https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/461c8c67-b823-4483-be1d-230c4950e8ef/content>
- Pinedo, W. I. (2024). *The costo of armed conflict to agriculture in Colombia*. Universidad de San Buenaventura. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/%E4%B8%96%E7%95%8C%E5%86%9C%E4%B8%9A%E7%BB%8F%E6%B5%8E5%E5%8D%B73%E6%9C%9F-1136.pdf
- Uribe-Castro, H. (2015). Expansión cañera en el Valle del Cauca y resistencias comunitarias. *Ambiente y Sociedad*, 18, 79-100. <https://revistaambiente.univalle.edu.co/index.php/ays/article/view/4311/6531>
- Vélez-Torres, I. (2021). *Afrocolombian struggles for food, land, and culture*. Elsevier. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8165472/pdf/ees.2020.0282.pdf>

Velez-Torres, I., Varela, D., Rátiva, S., & Salcedo, A. (2011). Agroindustria y extractivismo en el Alto Cauca: Impactos sobre los sistemas de subsistencia afro campesinos y resistencias (1950-2011). *Revista CS*, 7, 15-48.

https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/revista_cs/article/view/1680/2171