

La sequía: el mal silencioso de la migración centroamericana en el periodo 1990 a 2019

Drought: the silent evil of Central American migration in the period 1990 to 2019

María del Pilar Fuerte Celis^a  <https://orcid.org/0000-0002-9070-7223>
Bernardo Bolaños Guerra^b  <https://orcid.org/0000-0002-8881-1638>
Sazcha Marcelo Olivera-Villarroel^c  <https://orcid.org/0000-0003-1864-7374>

^a IxM Centro Geo, Aguascalientes, México, correo electrónico: mfuerte@centrogeo.edu.mx

^b Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, Departamento de Humanidades, Ciudad de México, México, correo electrónico: bbolanos@cua.uam.mx

^c Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, Departamento de Teoría y Procesos del Diseño, Ciudad de México, México, correo electrónico: solivera@cua.uam.mx

Resumen

El objetivo es analizar en el periodo 1990 a 2019 los efectos del clima y la tendencia de los individuos a dejar un territorio al medir el peso que tiene la precipitación o la falta de esta en el Corredor Seco de Centroamérica. Para estudiar este proceso se desarrolló un modelo estocástico de frontera. Se encontró como resultado principal que se tiene una mayor tendencia a migrar cuando se presenta una sequía, entendida como un evento extremo para el ambiente y la sociedad. Esta propensión se evalúa con un sistema que incluye una serie de controles como eventos climáticos extremos como El Niño (ENOS) y huracanes, niveles de violencia, economía y tipo de cambio, que lleva a concluir que la sequía por encima de otro evento climático motiva a la población a migrar. Estos hallazgos permiten contribuir en el planteamiento de políticas de prevención, mitigación y resiliencia para cada evento climático.

Palabras clave: migración, sequía, corredor seco de Centroamérica, modelo de frontera, cambio climático, eventos climáticos extremos.

Abstract

The objective is to analyze in the period 1990 to 2019 the effects of climate and the tendency of individuals to leave a territory, measuring the weight of precipitation or lack thereof in the Central American Dry Corridor. To study this process, a stochastic frontier model was developed. As a primary result, it was found that there is a greater tendency to migrate when a drought occurs, understanding it as an extreme event for the environment and society. This tendency is evaluated with a system that includes series of controls such as other extreme weather events such as El Niño (ENSO) and hurricanes, vio-

Recibido el 25 de enero de 2023.

Aceptado el 18 de enero de 2024.

Publicado el 27 de febrero de 2024.

* Autor para correspondencia: Sazcha Marcelo Olivera-Villarroel. Correo electrónico: solivera@cua.uam.mx



Esta obra está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

CÓMO CITAR: Fuerte Celis, M. P., Bolaños Guerra, B. & Olivera-Villarroel, S. M. (2024). La sequía: el mal silencioso de la migración centroamericana en el periodo 1990 al 2019 [Drought: the silent evil of Central American migration in the period 1990 to 2019]. *Estudios Fronterizos*, 25, e139. <https://doi.org/10.21670/ref.2403139>

lence levels, economy and exchange rate, which leads to the conclusion that drought above any other climatic event motivates the population to migrate. These findings contribute to the formulation of prevention, mitigation and resilience policies.

Keywords: migration, drought, Central American dry corridor, frontier model, climate change, extreme climate events.

Introducción

A partir de la segunda mitad del siglo xx ha existido una preocupación por estudiar los factores climáticos como determinantes del fenómeno migratorio en diferentes partes del mundo (Canales Cerón & Rojas Wiesner, 2018; Carrasco & Suárez, 2018). Para 2020 se estimaba que entre doscientas mil y un millón de personas en el mundo habrían dejado su residencia por eventos climáticos como sequías, inundaciones, huracanes, entre otros (Maretti et al., 2019; Martínez Sanesteban, 2020). Esas cifras se multiplicaron a lo largo del siglo xxi hasta llegar a decenas o cientos de millones de desplazados climáticos (Rigaud et al., 2018). Centroamérica en este sentido es una de las regiones que ha sido y será afectada por los efectos del cambio climático, es decir, rachas de calor y disminución de las lluvias estacionales. Entre las regiones más afectadas está el Triángulo Norte de Centroamérica, constituido por El Salvador, Guatemala y Honduras, particularmente en el llamado Corredor Seco Centroamericano ubicado en la costa del Pacífico de estos países (véase Figura 1).

Figura 1. Corredor Seco, Triángulo Norte de Centroamérica



Fuente: elaboración propia, modificado de <https://www.sica.int>, 2023

El Corredor excede a los tres países señalados, al extenderse de Chiapas, México, al occidente de Costa Rica, Nicaragua y a las provincias occidentales de Panamá. Inclu-

ye distintos bosques tropicales secos, es una de las regiones más variables del mundo desde el punto de vista climático, pues en años de El Niño, las precipitaciones suelen descender entre 30% y 40% (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012), mientras que azotan huracanes y ciclones tropicales un año sí y otro no (Calvo-Solano et al., 2018; Rejas Ayuga et al., 2019).

Sin embargo, se estudiará desde un enfoque macrorregional el Triángulo Norte de Centroamérica, ya que esta intersección geográfica representa un punto de gran interés para el estudio de la migración inducida por cambio climático. En esta región desde 2014 a 2019, las familias campesinas contemplaron con impotencia cómo la sequía afectó sus cosechas de maíz y frijol (Gustin & Henninger, 2019); este efecto del clima los dejó sin cultivos, sin oportunidades comerciales y sin recursos para afrontar la siguiente temporada agrícola. A partir de este panorama se desencadenó un alto flujo de inmigrantes, desde el Corredor Seco hacia los países vecinos y la frontera mexicana, con el objetivo de llegar a Estados Unidos, para huir del hambre y también en busca de mejores oportunidades de vida (Gandini, 2020).

Aunque se conoce el impacto del cambio climático en el aumento de los flujos migratorios, se sabe relativamente poco sobre cómo las variaciones extremas de las precipitaciones, que van desde lluvias excesivas hasta sequías, influyen en el comportamiento de aquellos individuos que abandonan sus hogares en busca de mejores perspectivas de vida. Este conocimiento insuficiente resalta la necesidad de investigaciones más profundas para abordar la complejidad de las decisiones migratorias en el contexto de condiciones climáticas cambiantes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

En este documento, el objetivo central es analizar los efectos de la sequía en la migración humana. Para ello, se quiere estimar el peso que un evento climático extremo tiene en el comportamiento de un individuo para que deje su hogar. Se ha desarrollado un modelo de análisis de frontera estocástica que permite vislumbrar los flujos migratorios como un proceso dinámico sujeto a múltiples factores que no siempre pueden controlarse y que generan tendencias aleatorias en su comportamiento. Así, se estima cómo la pobreza, la escasez de trabajo, la inseguridad y la devastación ambiental son elementos adicionales detrás de la emigración de una población.

Los hallazgos del estudio revelan que, más que otros eventos climáticos, las sequías impulsan a los individuos a decidir cambiar de residencia (Olivera Villarroel et al., 2023). Esta observación puede orientar el desarrollo futuro de programas para anticipar este fenómeno migratorio, previniendo pérdidas de vidas y la disolución de familias. Además, sugiere políticas migratorias que fomentan la migración cíclica o circular en lugar de intentar suprimirla, para evitar así la creación de diásporas permanentes e indocumentadas.

El trabajo se ha organizado en cuatro apartados. El primero es una descripción del corredor seco que pasa por una parte de los países de Honduras, Guatemala y El Salvador. El segundo apartado habla sobre las teorías de la migración y el cambio climático y cómo este ha sido abordado por la literatura, con el objetivo de comprender los factores que pueden explicar el comportamiento migratorio. Finalmente, el tercero aborda la metodología y los datos utilizados para el desarrollo del modelo propuesto, con el fin de comprender el fenómeno de la sequía y la emigración poblacional. Finalmente, las conclusiones y la discusión de los hallazgos evalúan en qué medida la sequía, entendida como la ausencia de precipitación, motiva más que otros eventos climáticos a que la población se mueva de lugar, impulsada por el aumento de los precios de la

comida, la escasez de semillas y la pérdida de cultivos de autoconsumo que expulsan al campesinado de la milpa en busca de trabajos no agrícolas y que lleva a las familias a la dependencia de las remesas para acceder a bienes de consumo para su bienestar.

Contexto: el cambio climático en el Corredor Seco de Centroamérica

El cambio climático es una amenaza para la agricultura de todo el mundo, principalmente para la producción de café, frijol y maíz que son considerados la base y el sustento de muchos campesinos en Centroamérica. El Corredor Seco de Centroamérica es considerado un “punto caliente” con reducciones periódicas en las precipitaciones según el informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas del inglés Intergovernmental Panel on Climate Change) en su sexta versión donde se predice que “Bajo todos los escenarios futuros y niveles de calentamiento global, se espera que las temperaturas medias y extremas sigan aumentando con un mayor calentamiento en las subregiones del norte de Centro América” (Lynn & Peeva, 2021; Olivera et al., 2020). Estos cambios ponen en peligro la industria agrícola que emplea a casi un tercio de la población (Gustin & Henninger, 2019; Hotez et al., 2020) y la producción para autoconsumo en la región.

Unido al panorama de catástrofe climática, se tiene la complejidad que vive el Corredor Seco por otros problemas sociales, como son la violencia y la pobreza. Estos llevan a que millones de personas dejen sus países en busca de lugares que les brinden estabilidad laboral y el sustento para sus familias. Claramente, las zonas más afectadas y las más vulnerables a los cambios climáticos serán las más abandonadas. Ante este oscuro horizonte, Centroamérica sufrirá un alza significativa en la emigración según el informe de Martín y colaboradores (2018) para 2050. El número de migrantes climáticos internos podría llegar a más de 143 millones en todo el mundo, alrededor de 86 millones en la región subsahariana en África, de 40 millones en Asia meridional y de 17 millones en América Central.

El contexto de la diversidad social, los recursos naturales y su posición geoestratégica ha hecho de esta una de las regiones históricamente más interesantes del continente americano, aunque paradójicamente una de las más complicadas, sobre todo por aspectos sociales. La población que habita Centroamérica ronda los 50 millones. Aunque no solo es compleja por los aspectos sociales, su ubicación también la hace vulnerable; Centroamérica está expuesta a riesgos geológicos, entre ellos terremotos y erupciones volcánicas. En 1972 el terremoto de Managua devastó la capital de Nicaragua. Esa región está atravesada por el arco volcánico que va desde el sur de México hasta Panamá y que tiene cientos de volcanes, algunos altamente activos como Pacaya y Santa María, ambos en Guatemala.

Sumadas a los aspectos geomorfológicos y de estrés hídrico, se observan las condiciones socioeconómicas e institucionales que envuelven a cada vez más factores que podrían influir en la elección de la movilidad de la población que conforma el Corredor Seco, y esto se puede apreciar en los efectos que dejó a su paso el fenómeno de El Niño entre 2015 y 2016. Estos fueron diferentes para cada nación, algunos lo detectaron a tiempo y estuvieron preparados para su llegada, aunque cada país tiene capacidades diferentes para asumir estos fenómenos que dependen de los recursos, de la inversión de los sectores económicos y de la activación de protocolos y la creación de fondos para medidas preventivas.

Por ejemplo, los gobiernos de Guatemala, Honduras y El Salvador tuvieron una preparación centrada en seguridad alimentaria y ayuda humanitaria. En contraste, países como Costa Rica y Belice aprovecharon las pocas lluvias para incentivar y atraer al turismo, aunque paradójicamente el agua es muy importante en este sector, lo que ocasionó problemas en el abastecimiento de los servicios básicos para zonas hoteleras o de gran afluencia de población (Hartley-Ballesteros & Suárez-Espinoza, 2020; Schatan et al., 2010).

El fenómeno de El Niño que tuvo lugar a comienzos de 2015 fue uno de los peores ciclos de lluvia de que se tenga constancia y sus efectos siguen resintiéndose en Centroamérica, lo que agrava los daños causados por dos años consecutivos de sequía. Como resultado de ello, unos 3.5 millones de personas necesitan asistencia humanitaria y 1.6 millones de personas padecen inseguridad alimentaria moderada o grave en los países más afectados, a saber, El Salvador, Guatemala y Honduras (Caldes, 2019).

Para concluir es importante resaltar que las consecuencias de este fenómeno de El Niño también están fuertemente asociadas con la dimensión económica, lo que requiere del desarrollo de políticas económicas y sociales encaminadas a frenar los efectos que van desde la escasez de alimentos hasta la decisión de cientos de miles de personas de migrar de estos territorios, tanto dentro como fuera del país, con el ánimo de mejorar la situación actual de vida causada por las sequías prolongadas, la elevación de la temperatura de la superficie de la tierra o las crisis sociales que estos fenómenos han dejado en su población.

Con el objetivo de profundizar en la relación que existe entre el clima y los movimientos poblacionales de migración en la siguiente sección se adentrará en conocer los aportes de las teorías de la migración y de los eventos hidrometeorológicos.

La teoría: la migración y los fenómenos climáticos

El análisis de la migración presenta un gran dilema debido a la gran variedad de enfoques que existen para su estudio. Esto se debe a la amplia diversidad en términos de formas, tipos, procesos, actores, motivaciones, contextos socioeconómicos y culturales en los que suele llevarse a cabo la migración (Arango, 2003). Ninguna teoría por sí misma puede explicar un fenómeno que es muy particular tanto en su dinámica como en el contexto en el que se desarrolla. Desde visiones que emplean la teoría de la elección racional para explicar la migración como un fenómeno macrosocial (Gómez Walteros, 2010) o la introducción de la visión de las familias como agentes con estrategias migratorias y apoyadas en redes de contactos locales y en el lugar de destino (Durand & Massey, 2003, p. 15). O las visiones que desde una postura macroestructural consideran que los países expulsores de personas migrantes están integrados de manera asimétrica al mercado mundial o hemisférico, donde se debe considerar que el alto costo de la mano de obra en los países y regiones industrializados atrae a los campesinos desde las zonas rurales (García-Zamora et al., 2007, p. 981).

En este sentido, el decantarse por un marco de análisis que permitiera medir la relación entre el clima y los movimientos poblacionales parte de la revisión de las primeras propuestas teóricas a partir de las cuales se pretendía encontrar una explicación del impacto del cambio climático sobre la migración. Estas teorías consideran la existencia de una serie de factores unidireccionales que motivaban a las personas a migrar

(Koubi, 2019). En otras palabras, que la simple aparición de los fenómenos climáticos desagradables era suficiente para que la gente migrara. No obstante, los nuevos estudios adoptaron un nuevo modelo al que se le ha llamado “modelo de gravedad aumentada” en el cual es posible observar que los eventos climáticos tienen como efecto la exacerbación de diferentes problemas socioeconómicos de la migración como la pobreza, la falta de oportunidades laborales, falta de alimentos y el agotamiento de los recursos naturales, entre otros (Koubi, 2019).

Como resultado, se tiene que la migración genera un sin fin de estrategias y respuestas heterogéneas frente al cambio climático que no son siempre fáciles de rastrear. En ocasiones incluso los eventos climáticos no permiten la movilidad de las personas, sino que por el contrario las limita a permanecer en zonas donde las condiciones de vida son complicadas (Cattaneo et al., 2019). Esto, sumado a los retos metodológicos que representa el estudio de la migración y el cambio climático, por sí mismos, permiten encarar una situación complicada que exige más esfuerzos de los investigadores, a la par que motiva un necesario diálogo entre diferentes disciplinas.

No obstante, pese a todas las dificultades encontradas en el estudio de estos fenómenos, es posible establecer algunas conclusiones sólidas a partir de la evidencia existente. Un primer hecho destacable lo ofrecen Bekaert y colaboradores (2021) quienes a través de un análisis realizado en 90 países del mundo reportan que la exposición a diferentes eventos climáticos negativos ocasiona en las personas una especie de estrés ambiental que puede influir directamente sobre sus intenciones para desplazarse a otros lugares como una estrategia para lidiar con esas situaciones. Se encontró, además, que las personas que radican en las urbes parecen más inclinadas a la migración doméstica que aquellas que radican en zonas rurales, pues estas últimas reportan una mayor disposición a la migración intrarregional (es decir, dentro del mismo subcontinente).

Por otra parte, las precipitaciones y las temperaturas extremas se asocian positivamente con la migración, mientras que fenómenos como las inundaciones y el aumento en el nivel del mar no lo hacen significativamente. De igual forma, los huracanes no parecen, en promedio, incrementar la migración, por lo que es poco probable que estos tengan un efecto significativo (Beine & Jeusette, 2021). Hay dos posibles formas de explicar estos contrastes, la primera sugiere que los eventos climáticos que suceden en plazos amplios permiten a las personas prepararse y conseguir los recursos suficientes para migrar, mientras que con los fenómenos repentinos las personas consiguen menos recursos y por tanto no migran. Otra posibilidad es que los fenómenos repentinos sean más difíciles de rastrear pues generan migraciones irregulares que suceden en distancias cortas (Šedová et al., 2021).

En el citado metaanálisis de Šedová y colaboradores (2021) se establece que en los estudios donde el origen de la migración era urbano es más probable encontrar un efecto no significativo de los eventos climáticos en comparación con aquellos cuyo origen es rural. La explicación más plausible es que en la vida rural las actividades desempeñadas son más dependientes del clima, por lo que migrar puede considerarse como una especie de estrategia adaptativa. Sin embargo, son pocos los estudios disponibles, por lo que hace falta realizar más investigación al respecto. También se ha encontrado que las mujeres son menos propensas a adaptar sus estrategias de migración probablemente porque los hombres del hogar típicamente suelen migrar para buscar medios alternativos para vivir. Finalmente, como parte de las conclusiones de este me-

taanálisis se tiene que dependiendo de la intensidad de un fenómeno el efecto sobre la migración es más significativo, así, por ejemplo, sequías intensas pueden ocasionar movimientos migratorios.

Sin embargo, pese a que fenómenos como las sequías o las precipitaciones parecen tener mayor efecto sobre la migración en el ámbito rural, los impactos en las zonas urbanizadas siguen siendo significativos económica y socialmente. En primera instancia, porque se tiene que existe un aceleramiento en la urbanización, pues las personas del campo acuden a las ciudades en busca de mejores oportunidades para vivir (Beine & Jeusette, 2021; Šedová et al., 2021). De hecho, algunas estimaciones mencionan que para 2050 aproximadamente más de 60 % de la población mundial vivirá en áreas urbanas. Esto será diferente alrededor del mundo pues, en Europa y América se estima que más de 80 % de la población será urbana, mientras que en África, cerca de 60 % permanecerá rural (Arslan et al., 2019).

Por otra parte, existe evidencia, por lo menos en Latinoamérica, de que las sequías disminuyen la probabilidad para los habitantes de emplearse, además de que los ingresos laborales de los trabajadores informales disminuyen debido a la reducción en la cantidad de horas trabajadas. El impacto de las sequías en el mercado laboral puede ser mayor que el de precipitaciones extremas, incluso cuando estas causan inundaciones (Desbureaux & Rodella, 2019). Respecto a las sequías, también se analiza que estas tienen un impacto significativo en la migración juvenil, al superar incluso los efectos que otros fenómenos como los huracanes pueden tener sobre los flujos migratorios (Baez et al., 2017).

Algunos estudios han permitido observar que ciertos fenómenos climáticos se asocian en mayor o menor medida con la migración temporal. Así, por ejemplo, tormentas e inundaciones logran desplazar a muchas personas de sus viviendas, sin embargo, en su mayoría estas terminan regresando alrededor de un año después (Koubi et al., 2016). Estos resultados permiten ver nuevamente que existe una diferencia significativa en el impacto que producen sobre la migración los eventos climáticos repentinos y los que suceden a largo plazo, pues con los primeros es posible ver que la migración puede llegar a ser solo temporal.

Como se ha visto, no únicamente son los efectos inmediatos de los fenómenos climáticos los que tienen repercusiones sobre la migración, sino que también tienen una gran relevancia los que estos provocan en las actividades económicas y sociales que desempeñan los afectados. Un caso que puede ayudar a ilustrar mejor esta situación y que sirve a los intereses de esta investigación lo puede aportar la situación que se experimenta en los países que conforman el llamado Triángulo Norte Centroamericano (El Salvador, Guatemala y Honduras). En esta región la producción de café es de suma importancia para diversas comunidades, sin embargo, como resultado del cambio climático se han originado sequías y enfermedades que han terminado por afectar a esta actividad, y obligado a miles de personas a migrar en condiciones complicadas y sin ningún tipo de asistencia por parte de sus Estados (Lynch, 2019).

Por desgracia, el estudio de estos factores climáticos se ha visto opacado debido a otros factores como la violencia cuya relación con la migración parece a simple vista más directa. Lo que es innegable es que el cambio climático ha tenido efectos diversos en las condiciones de esta región del mundo de entre los cuales se puede destacar la intensificación en las tormentas y sequías. Estos problemas son, como se ha mencionado, especialmente dañinos para actividades como la agricultura, pues esta depende en gran medida de los patrones en las precipitaciones, la falta de lluvia y las altas tem-

peraturas. Si se considera que el sector agrícola emplea aproximadamente entre 30 % y 40 % de la población económicamente activa de la región, entonces no sorprenden los patrones migratorios (Lynch, 2019).

Como se ha venido comentando, los eventos climáticos producen diferentes respuestas migratorias que a su vez están determinadas por factores económicos o sociales. Por esta razón, es posible observar que no solo existen algunas diferencias de género en la reacción frente al cambio climático, sino que también hay algunas generacionales. Weinreb y colaboradores (2020) llevaron a cabo un análisis de los cambios de patrones climáticos de 41 países de África subsahariana en el periodo de 1980 a 2015 y determinaron que el tipo de migración más sensitiva a los cambios climáticos es la rural que realizan los jóvenes adultos, sobre todo frente a la ocurrencia de fenómenos como bajas precipitaciones, baja variabilidad en las precipitaciones y las altas temperaturas. También se encontró que el incremento en la variabilidad de las temperaturas se asocia con una mayor migración rural de niños y adultos mayores. Estos datos son reveladores, pues demuestran nuevamente la complejidad del vínculo entre la migración y el cambio climático.

Otro factor importante que es necesario considerar en el estudio de la migración por los eventos climáticos tiene que ver con el alcance que esta puede tener. Es decir, a nivel internacional o local, la migración puede comportarse de diferentes maneras. A través de un análisis realizado en los municipios de Guatemala, Cavazos Hernández (2021) encontró que una exposición frecuente a sequías y olas de calor desalentó la migración de la población a nivel intermunicipal. De manera similar si las actividades de las personas estaban relacionadas con la agricultura y si estas tenían hijos, la migración se redujo.

Por su parte, Leyk y colaboradores (2017) realizaron un análisis en México de la relación entre eventos climáticos como la lluvia y la migración interna e internacional y tomaron en consideración diferentes factores como la actividad económica y otros factores políticos y sociales. Los investigadores encontraron que la disminución de las lluvias afecta a los patrones de migración sobre todo en comunidades altamente dependientes de la agricultura. Además, determinaron que la menor presencia de lluvia a la esperada se asocia con la migración tanto en municipios donde la agricultura es de secano como en los que es de regadío, sin embargo, la primera está mayormente asociada con la movilidad internacional, mientras que la segunda con la movilidad interna. Nawrotzki y DeWaard (2016), en un estudio también realizado en México, encontraron que una tendencia al calentamiento se asoció con mayores niveles de migración internacional, mientras que niveles altos de precipitación redujeron las probabilidades de movilidad interna.

Uno de los temas más recurrentes en la literatura es el impacto que los eventos climáticos tienen sobre actividades económicas como la agricultura. Las razones por las que esto sucede no solo tienen que ver con el hecho de que las personas migran como una estrategia para lidiar con los problemas que representan las afectaciones por fenómenos climáticos, sino que también por los posibles efectos que esto puede tener sobre otros sectores no agrícolas.

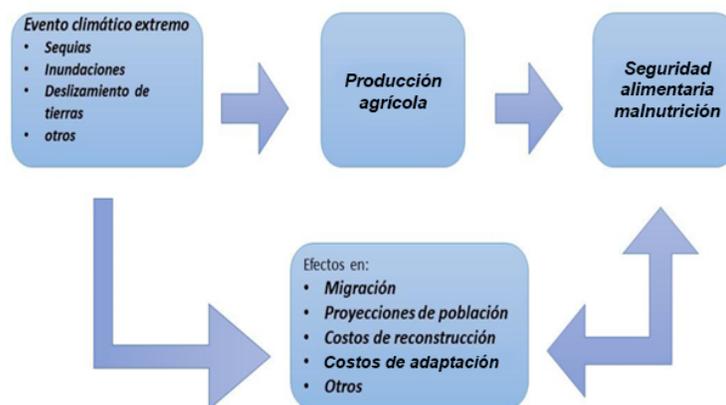
Ejemplo de ello podría ser la probabilidad de una afectación en la productividad agrícola, lo que a su vez provocaría el desplazamiento de la mano de obra a sectores locales no agrícolas y a las áreas urbanas, lo que reduciría la productividad marginal y los salarios en la agricultura. Lo anterior provocaría una reducción en la demanda de bienes y servicios en el sector no-agrícola, lo que crearía una disminución en los sala-

rios y limitaría el flujo de mano de obra en las áreas urbanas locales. Se tiene entonces que las anomalías climáticas negativas también alientan la migración por la reducción de las ganancias en los sectores no agrícolas (Neog, 2022), lo que permite observar nuevamente la diversidad de efectos que el cambio climático provoca.

Por supuesto, otra consideración importante que se debe tomar en cuenta es que en cada región existen diferentes eventos y anomalías climáticas, por lo que las repercusiones variarán significativamente. Por poner un ejemplo, se estima que en Latinoamérica y el Caribe tres tipos diferentes de eventos tendrán una gran incidencia en el desplazamiento de la población a futuro: desastres como ciclones, fuertes lluvias e inundaciones, además de las sequías y el aumento en el nivel del mar (Kaenzig & Piguet, 2014).

Hay una discusión amplia tanto metodológica como conceptual para entender la migración climática. Sin embargo, en este estudio se busca contribuir a la discusión a través del análisis de la sequía. En este estudio se propone que los efectos extremos de la sequía tienen un papel relevante en la comprensión de este comportamiento y se busca estimar su impacto. La hipótesis es que el evento climático extremo de la sequía impulsa a las personas a migrar. Asimismo, se parte de considerar que los eventos de sequía afectan la producción agrícola de la región, al exponer a la población a inseguridades alimentarias dada la pérdida de cultivos, aumentos de los costos de semillas y de producción de autoconsumo. Esto hace que los individuos planteen salir del área en busca de nuevas fuentes de trabajo, con el objetivo de cubrir los gastos de subsistencia (véase Figura 2).

Figura 2. Efectos de eventos climáticos extremos



Fuente: Olivera Villarroel, 2022

Con base en investigaciones anteriores y en los posibles factores impulsores de la migración, como la sequía, se desarrolló un modelo estadístico de regresión del tipo “frontera” para estimar el impacto de un conjunto de variables de análisis sobre la migración. Estas variables incluyen la temperatura, las precipitaciones y diversas variables de control que explican los contextos sociales de los países analizados. El objetivo del modelo es determinar el efecto de estas variables sobre la migración. Como se sabe que tanto la lluvia como la falta de ella pueden llevar a que la población tome la decisión de emigrar, en este caso se observan los cambios tan profundos que ha presen-

ciado el Corredor Seco de Centroamérica, uno de los corredores alimentarios más importantes en el mundo, ubicado en la región norte del Neotrópico (véase Tabla 1).

Centroamérica se enfrentó en 2009 a su peor sequía de las últimas décadas, los campos y la población campesina fueron los principales afectados por la sequía de la tierra y la pérdida de parcelas de cultivos. Cerca de 40 % de las tierras agrícolas inspeccionadas por los gobiernos fueron afectadas, lo que provocó un déficit en las cosechas de maíz, frijol, trigo y sorgo (Rojas Wiesner & Ángeles Cruz, 2019).

Tabla 1. Factores determinantes de los flujos migratorios

Factores de atracción	Factores de empuje	Otros factores
Salarios	Costes de movimiento e incertidumbre	Variables ficticias regionales: peculiaridades regionales
Empleo	Desempleo	Características individuales de las personas migrantes
Estructura productiva: industria y servicios	Estructura productiva: agricultura	Características de la población regional
Gastos públicos	Impuestos	
Clima	Clima	
	Precios de la vivienda	

Fuente: modificado de Aguayo Lorenzo, 2011

En las principales ciudades del Corredor Seco, la población sufrió la escasez de agua; a partir de esto los residentes de los barrios pobres secuestraban camiones de agua y empezaron diferentes tensiones sociales. Entre los países de la región que han estado lidiando con este problema está Guatemala al declarar “estado de calamidad”, donde la sequía causó escasez de alimentos básicos como el maíz y el frijol (Klein, 2015). Como ejemplo de la situación crítica, se observa a Honduras, uno de los países centroamericanos más azotados tanto por la falta de agua como por huracanes de extrema intensidad, lo que ha llevado a la población hondureña a migrar por la pérdida de siembras y la muerte de animales, lo que reafirma que el cambio climático está entre las causas más importantes para dejar el país e intentar buscar una mejor vida en otro lugar, principalmente en Estados Unidos. Asimismo, se prevé un alza en las migraciones internas en Centroamérica (Barthel-Bouchier, 2013).

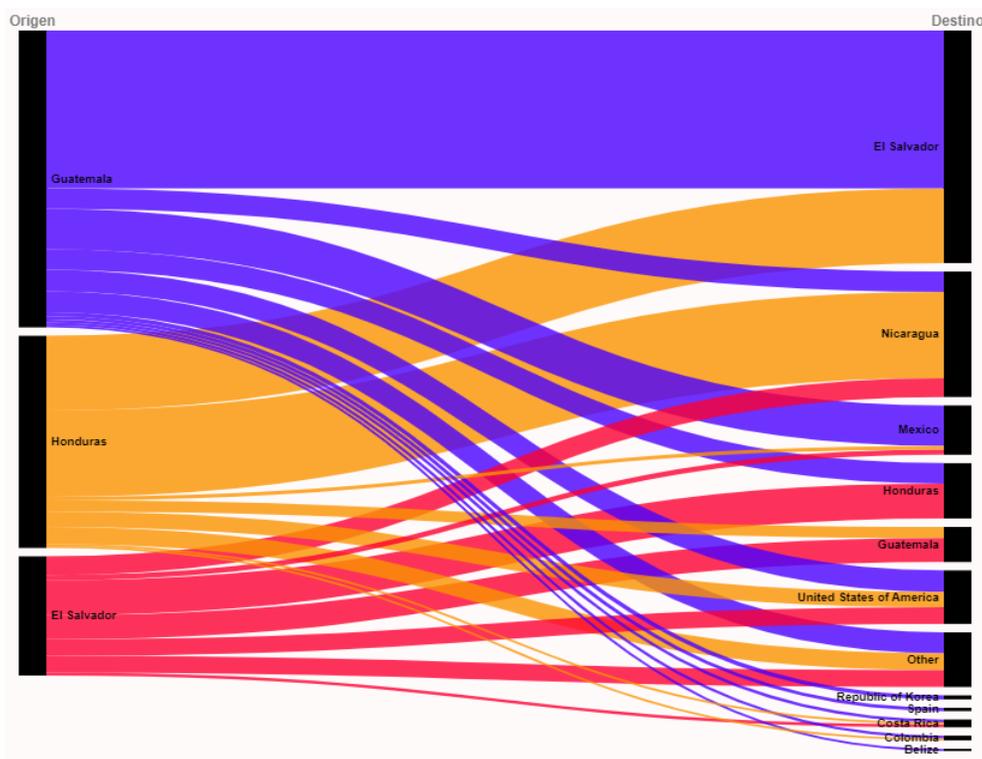
Metodología y resultados del estudio

La información usada en el estudio es derivada de dos grandes bases de datos. Para los indicadores migratorios se usó Data Hub del Migration Policy Institute (MPI, <https://www.migrationpolicy.org/programs/migration-data-hub> y <https://www.migrationpolicy.org/programs/data-hub/international-migration-statistics>) que muestra las cifras demográficas, sociales y económicas más recientes sobre la existencia de flujos de población, ciudadanía, migración neta e histórica de países de Europa, América, África, entre otros. En el caso de Centroamérica la información es generada quinquenalmente a partir de 1990 y en la última década se cuenta con tres estudios adicionales realizados

para entender la dinámica migratoria de la región (MPI, s. f.). Mientras que para los datos climáticos y socioeconómicos se usó la base de datos del Banco Mundial en su recopilación a nivel país (<https://datos.bancomundial.org/pais>) y el Climate Change Knowledge Portal (s. f.).

Como se puede observar en la Tabla 2, las variables generadas para el estudio comprende información migratoria de los países del Triángulo Norte de Centroamérica, entre los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2013, 2015, 2017 y 2019. Como se ve en la Figura 3, los principales destinos del flujo migratorio de los tres países analizados son sus países limítrofes con más de 50 % de la migración desplazada a la región. Mientras que entre los años de estudio la migración a Estados Unidos de América representa 7.25 % del flujo migratorio desde Guatemala y Honduras, desde El Salvador la migración hacia Estados Unidos de América representa 13.93 % del flujo migratorio.

Figura 3. Origen-destino de la migración en el Triángulo Norte de Centroamérica (1990-2019)



Fuente: elaboración propia, usando datos del MPI

La investigación, al centrarse en la relación de factores climáticos con la migración de los países de estudio, usa como principales variables de análisis los niveles de precipitación y temperatura, así como las anomalías de estas variables para los tres países en los años analizados. Y, como variables de control, las características socioeconómicas de las tres economías analizadas. Cabe remarcar que, tras la revisión de la literatura académica, se decidió usar como variables de análisis el tipo de cambio, el índice de precios al consumidor, los niveles de violencia en los diferentes países y niveles de desigualdad económicos, para dar cuenta de qué otros factores podrían influir para que los individuos tomaran la decisión de migrar. Se debe señalar que se usó como variable

dependiente la migración, la cual está medida en forma anual y con una resolución espacial a nivel país, en la que convergen la precipitación y las demás covariables a esta temporalidad y resolución espacial.

Tabla 2. Información histórica de flujos migratorios, variables climáticas y socioambientales de Guatemala, Honduras y El Salvador entre los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2013, 2015, 2017 y 2019

Variables	Descripción
Migración de los países del Triángulo Norte Centroamérica	Flujo migratorio de Guatemala Honduras y El Salvador. Países de origen destino
Precipitación y temperatura anual expresada en milímetros	Precipitación acumulada y temperatura promedio anual a nivel país
Anomalías en precipitación y temperatura	Precipitaciones mayores y menores a la media y desviación estándar a nivel país, acumulado anual (lluvias abundantes y sequías)
El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)	Cambios oscilatorios en temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial que afectan las condiciones climáticas a lo largo del continente americano
Variables sociales y económicas de los países del Triángulo Norte	Niveles de violencia, desigualdad económica, tipo de cambio, nivel de inflación, entre otras

Fuente: elaboración propia

Método implementado

Los modelos de frontera estocástica fueron propuestos originalmente por Aigner y colaboradores (1977) y por Meeusen y Van den Broeck (1977). La especificación original se implementó para función de producción para corte transversal, donde el término de error tiene dos componentes: un componente aleatorio más otro componente aleatorio no negativo. Revisiones de la literatura pueden verse en Førsund y colaboradores (1980), Schmidt (1986), Bauer (1990) y en Greene (1993). En el caso de modelos migratorios, la aplicación de modelos de frontera estocástica es fundamentado en que la migración humana debería estar condicionada a factores que llevarían al movimiento humano de una región a otra en forma óptima, pero esta dinámica de movimiento óptimo se ve distorsionada al existir otro tipo de factores que limitan alcanzar este óptimo migratorio; por lo que usar un modelo de frontera estocástica permite capturar los componentes aleatorios del proceso y generar estimaciones más consistentes del flujo migratorio (Gray & Wise, 2016; Yang et al., 2016).

El modelo de frontera estocástica tiene como objetivo separar la salida observada en dos componentes: el componente de eficiencia y el componente de ineficiencia. En este caso, el componente eficiente representa la migración que se puede lograr eficientemente, mientras que el componente de ineficiencia captura la desviación de la frontera debido a factores como errores de medición u obstáculos impuestos a la migración. Dado que la migración reposa, en buena medida, en la acción intencional de las personas que se desplazan, puede ser analizada en términos de su eficiencia, entendida en el sentido de que el migrante lleve a cabo sus propósitos. A diferencia

de la regresión lineal GLM, que se enfoca en estimar las relaciones entre variables, el modelo de frontera estocástica se enfoca principalmente en estimar la frontera de eficiencia y el nivel de ineficiencia final observado. Los modelos de frontera estocástica son valiosos para analizar cuestiones relacionadas con la eficiencia y el rendimiento en varios dominios, como la economía, la agricultura, la atención médica, los estudios ambientales y migratorios.

En este sentido, un modelo de frontera estocástica se puede definir como:

$$y_{it} = f(x_{it}; \beta) \exp(v_{it} - u_{it}); i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

donde y_{it} es la migración del país i en el año t , se asume que v_{it} distribuye en forma independiente e idénticamente distribuida, con una distribución con media cero y una desviación estándar σ_{U2} ($iid|N(0, \sigma_{U2})$);¹ x_{it} es un vector de factores, atractores y de empuje, que condicionan la migración en el país i en el año t ; x_i es un vector $k \times 1$ de variables independientes y β es un vector de parámetros desconocidos. v_{it} son variables aleatorias $iid. N(0, \sigma_{V2})$ e independientes de los u_{it} son variables aleatorias no-negativas que miden la ineficiencia técnica de la migración en el país i en el año t y son $iid|N(0, \sigma_{U2})$ (Huang et al., 2014; Tsonas, 2002). En el caso de modelos migratorios se aplicó un modelo de frontera estocástica para datos de panel (desbalanceado) de acuerdo con el Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (Notas sobre modelos de fronteras estocásticas, 2023).

$$y_{it} = x_{it}\beta + (v_{it} - u_{it}); i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T, \quad (2)$$

Como se definió que las v_{it} son trayectorias migratorias aleatorias $iid N(0, \sigma_{V2})$, independientes de los $u_{it} = (u_i^{exp}(-\eta(t-T)))$, los u_{it} son no negativos y reflejan la ineficiencia técnica en los procesos migratorios y se suponen iid como realizaciones truncadas en cero de una distribución $N(\mu, \sigma_{U2})$, donde η es un parámetro a estimar. El panel no necesita estar completo. De acuerdo con Battese y Corra (1977) es posible reemplazar σ_{V2} y σ_{U2} por $\sigma^2 = \sigma_{V2} + \sigma_{U2}$ y $\gamma = \sigma_{U2} / (\sigma_{V2} + \sigma_{U2})$.

El parámetro γ , debe estar entre 0 y 1 y esto se utiliza como valor inicial en el proceso iterativo de maximización de la función máxima verosímil, este modelo se presenta en Battese y Coelli (1992). Esta especificación del modelo evalúa la significación del parámetro γ . Si la hipótesis nula de que γ es cero se acepta, entonces σ_{U2} es cero y por lo tanto los u_{it} pueden ser eliminados del modelo, dejando una especificación que puede ser estimada consistentemente por mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

El modelo supone que los procesos migratorios de desplazamiento de población fuera de su lugar de origen tienen diversos componentes de error, uno de ellos la migración transnacional desde los países de origen como medida de estos desplazamientos; ya que no toman en cuenta los movimientos poblacionales dentro del país (Ryan, 2015). En este sentido el modelo es usado con la finalidad de controlar los diferentes tipos de error generados por medición o limitaciones legales y formales intrínsecos a la movilidad humana entre países y cubre en gran medida los componentes de error propios de un proceso tan complejo como el analizado.

¹ $iid|N(0, \sigma_{U2})$ se entiende como que la variable distribuye en forma independiente e idénticamente distribuida, con una distribución con media cero y una desviación estándar σ_{U2} .

Resultados

Los resultados estadísticos se basan en el desarrollo de un modelo de frontera estocástica que utiliza un conjunto de datos que abarca los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2013, 2015, 2017 y 2019 para Guatemala, Honduras y El Salvador. Para evaluar la robustez de las estimaciones se compara la estimación de parámetros con un modelo lineal generalizado (GLM), bajo las mismas especificaciones (véase Tabla 3). La primera versión del modelo busca entender las relaciones entre los flujos migratorios por país y su elevación con variables climáticas como la precipitación y la temperatura, así como su vinculación con los cambios oscilatorios en la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial (ENOS). Además, se consideran variables socioeconómicas como la tasa de cambio, la inflación económica, los niveles de violencia en cada país y medidas de desigualdad económica específicas de cada nación incluidas en el estudio.

Como se detalla en la Tabla 3, la variable que exhibió una relación estadísticamente significativa con los flujos migratorios fue la dinámica de la precipitación, en su nivel acumulado anual. En este contexto, los parámetros asociados con la precipitación (127.8 para precipitación y -0.0195 para precipitación al cuadrado, función parabólica negativa) indican la existencia de un impulso migratorio ante la escasez o el exceso de lluvias.

En cuanto al exceso de precipitación, el parámetro hallado es de 31 365, refleja la cantidad de personas propensas a migrar en caso de la llegada de un huracán o lluvias extremas en la región. En este escenario, las anomalías de exceso o escasez se miden en relación con su desviación del promedio de lluvias en comparación con la desviación estándar histórica. Esto evidencia que las lluvias, en general, actúan como incentivos para los movimientos migratorios, ya sean como atractores a la región o como impulsos para iniciar procesos migratorios. Aunque las lluvias intensas pueden provocar desplazamientos locales, prevalece un efecto de atracción hacia las regiones con lluvias excepcionalmente abundantes.

Por otro lado, las precipitaciones inferiores a la media, es decir, las sequías, desencadenan considerables movimientos migratorios, siendo este el efecto predominante en la región. Por cada 100 milímetros menos de lluvia que el promedio, se anticipa una migración inducida de más de 12 000 personas (parámetro de precipitación de 127.8). En una región con un promedio anual de lluvia de 1 500 milímetros y sequías declaradas por debajo de los 500 milímetros anuales, este fenómeno tiene un impacto significativo.

Otro grupo de variables usadas en la estimación del modelo fueron las variables socioeconómicas de los países analizados. Estas variables en su mayoría no resultaron estadísticamente significativas para explicar los procesos de migración a nivel país, lo que no implica que deba descartarse su importancia para esclarecer la migración a nivel local. Estas variables incluyen los niveles de desigualdad económica, la tasa de inflación y el desarrollo económico entre países. Además, una modificación en la tasa de cambio de paridad dólar genera un proceso de atracción de migrantes hacia la economía analizada, con un parámetro de atracción (-1083.00) que indica la llegada de casi mil personas ante una apreciación de la moneda local en una unidad respecto al dólar estadounidense.

Asimismo, se incorporan variables de control como los eventos de violencia extrema como las guerras civiles que asolaron la región hasta finales de la década de 1990 con un parámetro de 127 601, que indica la migración inducida de más de cien mil personas por año mientras duró el evento; el número de homicidios expresado por cada cien mil habitantes tiene un parámetro de 280 personas inducidas a migrar ante

un incremento de un homicidio y una variable categórica que se activa cuando el índice de homicidios supera los 90 muertos por cada cien mil habitantes al año, lo que genera un impulso de migración de 5 053 personas. Estas variables se expresaron en forma anual en función a la variable independiente del modelo, es decir, la migración medida entre 1990 y 2019, en intervalos quinquenales y trianuales, según los esfuerzos del MPI (institución que recopila la información migratoria).

La ocurrencia del fenómeno de El Niño medido por ENOS no es significativo en el desarrollo del modelo estadístico. Cabe remarcar que el fenómeno de El Niño se expresa como un cambio en la distribución de lluvias y temperaturas por lo que existe un nivel de colinealidad que afecta el nivel de significancia de la variable.

Tabla 3. Estimaciones al usar un modelo estocástico de frontera y un modelo GLM para calcular el flujo de migración de los países del Triángulo Norte de Centroamérica

Variables	Modelos de frontera Migración
Precipitación anual en milímetros	127.8*** (-0.0232)
Precipitación anual en milímetros al cuadrado	-0.0195*** (-4.62E-06)
Anomalías en precipitación, lluvias mayores a la media y a la desviación estándar (lluvias abundantes)	31 365*** (-4.059)
Temperatura °C	-7 068*** (-6.321)
Anomalías en temperatura, temperaturas mayores a la media y una desviación estándar, a nivel país. Alta temperatura (golpe de calor)	25 257*** (-4.998)
Tasa de cambio a dólares estadounidenses	-1 083*** (-0.421)
Años de guerra civil (variables ficticias)	127 601*** (-9.37)
Violencia y homicidios locales (índice de homicidios por 100 000)	280.4*** (-0.293)
Índice homicidios más de noventa muertos por 100 000 año	5 053*** (-6.051)
Constante	36 060*** (-163.9)
Insig2v	-9.517 (-230.6)
Insig2u	21.39*** (-0.272)
Observaciones	27
Índice de precios al consumidor	No significativo
ENOS —fluctuaciones de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial— El Niño	No significativo
Desigualdad social y nivel económico (Índice de Gini)	No significativo
Datos anuales en función a las encuestas de migración	*** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.1 Errores estándar entre paréntesis

Fuente: elaboración propia

Discusión

Los resultados de este modelo revelan una probabilidad significativa de migración climática inducida en diversas circunstancias. En un año con precipitación escasa, más de 12 000 personas podrían migrar por una reducción de 100 milímetros en la precipitación promedio. Asimismo, se observa que temperaturas superiores a los 40 °C podrían inducir la migración de más de 25 000 personas, y eventos de lluvias extremas como huracanes podrían desencadenar la migración de más de 31 000 personas. En resumen, en un mal año, más de 68 000 personas podrían tener incentivos para la migración en la región del Corredor Seco centroamericano, sin considerar las condiciones sociales y los factores de violencia en cada país del área estudiada.

Dadas las tendencias climáticas, según los escenarios del IPCC (Lynn & Peeva, 2021), se anticipa un impacto negativo en múltiples factores climáticos que afectarían especialmente al sector agrícola en la región. El estrés hídrico, la desaparición de fuentes de agua superficial, la intrusión salina en las costas, inundaciones y desertificación de tierras agrícolas son fenómenos que podrían agravarse. Aunque existen variaciones específicas en cada país, la alta tensión hídrica en el conjunto de la región coincide con la literatura especializada (Cavazos Hernández, 2021).

En particular, se destaca la sequía, especialmente la de larga duración, como el factor más influyente en la estimulación de la migración en la población regional (Olivera Villarroel et al., 2023). Aunque no se menosprecian los impactos potenciales de lluvias extremas, se enfatiza que los eventos de sequía extrema tienen un impacto más pronunciado en la migración de grandes grupos humanos.

Es esencial reconocer que las sequías afectan a los cultivos al exponerlos a la radiación solar, la falta de humedad y la pérdida de nutrientes del suelo, factores exacerbados por el aumento de la temperatura y la falta de lluvias prolongadas. Los efectos en la siembra de maíz, uno de los cultivos más afectados, han sido devastadores para la población rural, que dependen en gran medida de este cultivo para su sustento.

La sequía plantea un dilema crítico para los agricultores, quienes deben decidir cuánto tiempo esperar a que lleguen las lluvias. Esperar demasiado podría resultar en la pérdida de la inversión en los cultivos, mientras que no esperar lo suficiente podría afectar el desarrollo de las plantas. En el peor de los casos, las lluvias podrían ser insuficientes para permitir el crecimiento de cultivos esenciales como el maíz o el frijol, lo que afectaría gravemente la seguridad alimentaria en la región del Corredor Seco centroamericano (Olivera Villarroel et al., 2023).

Frente a la falta de ingresos agrícolas, las remesas provenientes de familiares que migraron se convierten en una opción vital. La migración, aunque representa una solución de corto plazo, puede convertirse en permanente, y generar impactos económicos significativos en las economías afectadas. La resiliencia observada, caracterizada por ciclos de migración seguidos de años dedicados a la agricultura local, se ve obstaculizada por políticas restrictivas de migración, lo que lleva a decisiones drásticas para los migrantes.

Un aspecto destacado del modelo descriptivo es la migración periódica entre países vecinos, influenciada por condiciones climáticas y políticas. Esta función cíclica de ida y vuelta refleja la resiliencia de las economías agrícolas, que permite a los agricultores trabajar temporalmente en otros lugares en años difíciles y dedicarse a la agricultura local en años prósperos. La decisión de migrar y regresar o reubicarse se convierte en un dilema para los agricultores centroamericanos.

Los hallazgos de esta investigación plantean nuevas preguntas y líneas de investigación para abordar las políticas públicas en mitigación y adaptación al cambio climático. Se destaca la importancia de considerar la violencia como un factor intrínseco en las sociedades centroamericanas, que puede superponerse y contribuir al desplazamiento de personas dentro y fuera de la región.

Es crucial mencionar las limitaciones del estudio, especialmente en la falta de desagregación de datos a nivel municipal, lo que impide una comprensión más detallada de la migración entre lo rural y lo urbano, así como las diferencias locales de precipitación. Estas limitaciones, especialmente en la medición de la migración, destacan la necesidad de investigaciones más detalladas para generar escenarios más precisos.

Conclusiones

Los resultados del modelo sugieren que las sequías podrían ser el factor desencadenante de la migración al afectar la producción de alimentos de subsistencia. Una reducción tan solo de 100 milímetros en la precipitación, que provoque escasez de lluvias, podría impulsar la migración de más de 12 000 personas en toda la región. Aunque este número puede parecer modesto constituye el primer impulso que puede verse amplificado por otras condiciones, sean ambientales, como lluvias extremas o huracanes, o de índole económico y social como el manejo de tipo de cambio, la violencia y la estabilidad política de la región centroamericana.

La migración, en este contexto, pasa de ser una respuesta a la producción de alimentos local a buscar alternativas para garantizar ingresos y alimentación. Muchos de aquellos que migraron permanentemente al inicio contemplaron la posibilidad de regresar en algún momento; el envío de remesas y el sostenimiento de las familias, a pesar de la distancia, generan la expectativa de un eventual retorno.

Los descubrimientos de este estudio plantean nuevos interrogantes y delimitan nuevas áreas de investigación para evaluar políticas públicas orientadas a mitigar y adaptarse al cambio climático. Una de estas interrogantes se centra en las contradicciones entre las políticas de seguridad migratoria y la autorización de la migración cíclica. Por ejemplo, las políticas de muros cerrados afectan la migración circular tanto dentro de América Central como hacia Estados Unidos y México, que deja a los inmigrantes latinos atrapados en Estados Unidos sin la posibilidad de regresar a casa. Esta situación podría aumentar la proporción de inmigrantes indocumentados. La oportunidad de migrar por temporadas cortas podría brindar un orden a las actuales olas migratorias y representar una medida de adaptación al cambio climático a mediano y largo plazo para la región.

Es crucial reconocer que la migración debe entenderse preferentemente como un movimiento circular y que obstaculizarla podría generar un fenómeno contraproducente, como se ha observado en Estados Unidos desde la década de 1970 hasta la fecha. Un escenario similar en Centroamérica podría afectar especialmente a México como un nuevo país de recepción y de migración definitiva en la región.

Un aspecto no menos significativo del estudio es la comprensión de los factores de violencia en la región y sus vínculos tanto con la migración como con la ocurrencia de fenómenos climáticos. Esta asociación abre una nueva veta de análisis que se espera ampliar con la creciente cantidad de información migratoria generada en la región.

Referencias

- Aguayo Lorenzo, E. (2011). Factores determinantes en modelos econométricos regionales de migración interna. *Revista Galega de Economía*, 20(número extraordinario). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39121275009>
- Aigner, D., Knox Lovell, C. A. & Schmidt, P. (1977, julio). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Arango, J. (2003, octubre). La explicación teórica de las migraciones: luz y sombra. *Migración y Desarrollo*, (1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66000102>
- Arslan, A., Egger, E.-M. & Winters, P. (2019). Migration, demography, and agri-food systems. En R. Serraj & P. Pingali (Eds.), *Agriculture and food systems to 2050. Global trends, challenges and opportunities* (pp. 87-135). https://doi.org/10.1142/9789813278356_0003
- Baez, J., Caruso, G., Mueller, V. & Niu, C. (2017). Droughts augment youth migration in Northern Latin America and the Caribbean. *Climatic Change*, 140, 423-435. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1863-2>
- Barthel-Bouchier, D. (2013). *Cultural heritage and the challenge of sustainability*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315431055>
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169. <https://doi.org/10.1007/BF00158774>
- Battese, G. E. & Corra, G. S. (1977). Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21(3), 169-179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1977.tb00204.x>
- Bauer, P. W. (1990, octubre-noviembre). Recent developments in the econometric estimation of frontiers. *Journal of Econometrics*, 46(1), 39-56. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90046-V](https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90046-V)
- Beine, M. & Jeusette, L. (2021). A meta-analysis of the literature on climate change and migration. *Journal of Demographic Economics*, 87(3), 293-344. <https://doi.org/10.1017/dem.2019.22>
- Bekaert, E., Ruysen, I. & Salomone, S. (2021). Domestic and international migration intentions in response to environmental stress: a global cross-country analysis. *Journal of Demographic Economics*, 87(3), 383-436. <https://doi.org/10.1017/dem.2020.28>
- Caldes, G. (2019, 19 de marzo). *La escasez hídrica no siempre es por la sequía*. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/gabriel-caldes/escasez-hidrica-no-es-sequia>
- Calvo-Solano, O. D., Quesada-Hernández, L., Hidalgo, H. & Gotlieb, Y. (2018, septiembre-diciembre). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 695-709. <http://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- Canales Cerón, A. & Rojas Wiesner, M. L. (2018). *Panorama de la migración internacional en México y Centroamérica. Documento elaborado en el marco de la Reunión Regional Latinoamericana y Caribeña de Expertas y Expertos en Migración Internacional preparatoria del Pacto Mundial para una Migración Segura, Ordenada*

- y *Regular* (Serie Población y Desarrollo 124). Cepal-IOM. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43697-panorama-la-migracion-internacional-mexico-centroamerica>
- Carrasco, I. & Suárez, J. I. (2018). *Migración internacional e inclusión en América Latina. Análisis en los países de destino mediante encuestas de hogares* (Serie Políticas Sociales 231). Cepal-GIZ. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43947-migracion-internacional-inclusion-america-latina-analisis-paises-destino>
- Cattaneo, C., Beine, M., Fröhlich, C. J., Kniveton, D., Martínez-Zarzoso, I., Mastrotillo, M., Millock, K., Pigué, E. & Schraven, B. (2019). Human migration in the era of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 13(2), 189-206. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1093/reep/rez008><https://www.rff.org/publications/working-papers/human-migration-era-climate-change/>
- Cavazos Hernández, M. (2021, agosto). Environmentally induced inter-municipal migration: the case for Guatemala [Tesis de maestría, Lund University]. lup Student Papers. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9063825>
- Climate Change Knowledge Portal. (s. f.). *Data catalog*. World Bank <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data>
- Desbureaux, S. & Rodella, A.-S. (2019). Drought in the city: the economic impact of water scarcity in Latin American metropolitan areas. *World Development*, 114, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.026>
- Durand, J. & Massey, D. S. (2003). *Clandestinos: migración México/Estados Unidos en los albores del siglo XXI*. Miguel Ángel Porrúa/Universidad de Zacatecas. <https://estudiosdeldesarrollo.mx/productos/ clandestinos/>
- Førsund, F. R., Lovell, C. K. & Schmidt, P. (1980, mayo). A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *Journal of Econometrics*, 13(1), 5-25. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(80\)90040-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(80)90040-8)
- Gandini, L. (2020). Caravanas migrantes: de respuestas institucionales diferenciadas a la reorientación de la política migratoria. *REMHU: Revista Interdisciplinaria da Mobilidade Humana*, 28(60), 51-69. <https://doi.org/10.1590/1980-85852503880006004>
- García-Zamora, R., Pérez-Veyna, Ó., Foladori, G., Delgado-Wise, R., Moctezuma-Longoria, M., Reyes-Rivas, E., Márquez-Covarrubias, H. & Rivera-Castañeda, P. (2007). Paradojas de la migración internacional y el medio ambiente. *Economía, Sociedad y Territorio*, 6(24), 975-994. <https://doi.org/10.22136/est002007244>
- Gómez Walteros, J. A. (2010). La migración internacional: teorías y enfoques, una mirada actual. *Semestre Económico*, 13(26), 81-100. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/266>
- Gray, C. & Wise, E. (2016). Country-specific effects of climate variability on human migration. *Climatic Change*, 135, 555-568. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1592-y>
- Greene, W. H. (1993). The econometric approach to efficiency analysis. En H. O. Fried, C. A. Knox Lovell & S. S. Schmidt (Eds.), *The measurement of productive efficiency and productivity change* (pp. 92-250). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195183528.003.0002>
- Gustin, G. & Henninger, M. (2019, 9 de julio). *Central America's choice: pray for rain or migrate*. NBC News. <https://www.nbcnews.com/news/latino/central-america-drying-farmers-face-choice-pray-rain-or-leave-n1027346>

- Hartley-Ballesteros, M. & Suárez-Espinoza, K. (2020). Exportación de servicios turísticos: ¿un sector estratégico para enfrentar el cambio climático en Costa Rica? *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (edición especial 2020), 53-70. <https://doi.org/10.21158/01208160.n0.2020.2738>
- Hotez, P. J., Damania, A., & Bottazzi, M. E. (2020). Central Latin America: two decades of challenges in neglected tropical disease control. *Plos Neglected Tropical Diseases*, 14(3), Artículo e0007962. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007962>
- Huang, C. J., Huang, T.-H. & Liu, N.-H. (2014). A new approach to estimating the metafrontier production function based on a stochastic frontier framework. *Journal of Productivity Analysis*, 42, 241-254. <https://doi.org/10.1007/s11123-014-0402-2>
- Kaenzig, R. & Pigué, E. (2014). Migration and climate change in Latin America and the Caribbean. En E. Pigué & F. Laczko (Eds.), *People on the move in a changing climate. The regional impact of environmental change on migration* (pp. 155-176). IOM/Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6985-4_7
- Klein, N. (2015). *This changes everything: Capitalism vs. the climate*. Simon & Schuster.
- Koubi, V. (2019). Climate change and conflict. *Annual Review of Political Science*, 22, 343-360. <https://doi.org/10.1146/annurev-polisci-050317-070830>
- Koubi, V., Stoll, S. & Spilker, G. (2016). Perceptions of environmental change and migration decisions. *Climatic Change*, 138, 439-451. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1767-1>
- Leyk, S., Runfola, D., Nawrotzki, R. J., Hunter, L. M. & Riosmena, F. (2017). Internal and international mobility as adaptation to climatic variability in contemporary Mexico: evidence from the integration of census and satellite data. *Population, Space and Place*, 23(6), Artículo e2047. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/psp.2047>
- Lynch, C. (2019). The impacts of warming coffee: the climate change-coffee-migration nexus in the Northern Triangle of Central America. *Independent Study Project (ISP) Collection 3008*. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3008
- Lynn, J. & Peeva, N. (2021). Communications in the IPCC's sixth assessment report cycle. *Climatic Change*, 169(18). <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03233-7>
- Maretti, M., Tontodimamma, A. & Biermann, P. (2019). Environmental and climate migrations: an overview of scientific literature using bibliometric analysis. *International Review of Sociology*, 29(2), 142-158. <https://doi.org/10.1080/03906701.2019.1641270>
- Martin, S. F., Bergmann, J., Wyss, H. & Rigaud, K. K. (2018). Environmental change and human mobility: perspectives from the World Bank. En R. McLeman & F. Gemenne (Eds.), *Routledge handbook of environmental displacement and migration* (pp. 408-414). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315638843>
- Martínez Sanesteban, I. (2020). *Refugiats i refugiades ambientals: una revisió sistemàtica* [Trabajo final de grado, Universitat Autònoma de Barcelona]. DDD UAB. <https://ddd.uab.cat/record/232763>
- Meeusen, W. & Van Den Broeck, J. (1977, junio). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444. <https://doi.org/10.2307/2525757>
- Migration Policy Institute (MPI). (s. f.). *Migration data hub*. <https://www.migrationpolicy.org/programs/migration-data-hub>

- Nawrotzki, R. J. & DeWaard, J. (2016). Climate shocks and the timing of migration from Mexico. *Population and Environment*, 38, 72-100. <https://doi.org/10.1007/s11111-016-0255-x>
- Neog, B. J. (2022, marzo). Temperature shocks and rural labour markets: evidence from India. *Climatic Change*, 171(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03334-x>
- Notas sobre modelos de fronteras estocásticas*. (2023). En *Tópicos de econometría aplicada programa 2009*. Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina. https://ucema.edu.ar/~dl/CURSOS/Topicos_de_Econometria_Aplicada_-_MAE/Notas_Modelos_Fronteras.DOC
- Olivera, S., Labra, D., García, L., Heard, C. & Sol-Sánchez, Á. (2020). Midiendo la exposición del cambio climático en las ciudades mesoamericanas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 6(11), 1334-1358. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9732>
- Olivera Villarroel, S. M. (2022). El impacto del cambio climático sobre la productividad del maíz de temporal. En S. M. Olivera Villarroel & G. Sosa Núñez (Coords.), *Impactos del cambio climático: una visión desde México* (pp. 179-206). UAM/Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. <https://doi.org/10.24275/9786072824638>
- Olivera Villarroel, M., Fuerte-Celis, P. & Bolaños, B. (2023). Migrantes climáticos. Un panorama para Centroamérica 1990-2019. En A. M. Saiz Valenzuela (Coord.), *Vidas desplazadas. La migración en México* (pp. 223-246). Penguin.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). *Estudio de caracterización del corredor seco centroamericano (t. 1)*. <http://humanright2water.org/wp-content/uploads/2020/03/1212-Corredor-Seco-Centroamericano.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). *Entendiendo el impacto de sequía provocada por El Niño en el área agrícola mundial: una evaluación utilizando el Índice de Estrés Agrícola de la FAO (ASI)*. <http://www.fao.org/3/i4251s/i4251s.pdf>
- Rejas Ayuga, J. G., Vallejos, M., Rivera, N., Rodríguez, V., Bosque Sendra, J., Maza Vázquez, F., Soriano, M. L., Dalda, A., Bermúdez, J. L., Alonso, M. C. & Goycoela Prado, R. (2019, 27-29 de noviembre). *Análisis geoespacial de migración y cambio climático en el Corredor Seco Mesoamericano [Ponencia]*. VIII Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo: Conocimiento y Compromiso Social ante los Retos Globales. Santiago de Compostela, España. <https://oa.upm.es/67808/>
- Rigaud, K. K., De Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober K., Schewe, J., Adamo, S., McCusker, B., Heuser, S. & Midgley, A. (2018). *Groundswell: preparing for internal climate migration*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461>
- Rojas Wiesner, M. L. & Ángeles Cruz, H. (2019). Migración internacional en la región centroamericana: cambios y características actuales. En F. Pardo (Ed.), *América Latina en las dinámicas de la migración internacional: perspectivas críticas* (pp. 57-81). Universidad del Externado. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1k03qrw>
- Ryan, L. (2015). “Inside” and “outside” of what or where? Researching migration through multi-positionality. *Forum: Qualitative Social Research*, 16(2). <https://doi.org/10.17169/fqs-16.2.2333>

- Schatan, C., Montiel, M. & Romero, I. (2010, diciembre). *Cambio climático y retos para el sector turismo de Centroamérica*. Cepal. <https://hdl.handle.net/11362/4904>
- Schmidt, P. (1986). Frontier production functions. *Econometric Reviews*, 4(2), 289-328. <https://hdl.handle.net/11362/4904>
- Šedová, B., Čizmaziová, L. & Cook, A. (2021, marzo). *A meta-analysis of climate migration literature* (CEPA DP núm. 29). Center for Economic Policy Analysis. <https://doi.org/10.25932/publishup-49982>
- Tsonas, E. G. (2002). Stochastic frontier models with random coefficients. *Journal of Applied Econometrics*, 17(2), 127-147. <https://doi.org/10.1002/jae.637>
- Weinreb, A., Stecklov, G. & Arslan, A. (2020). Effects of changes in rainfall and temperature on age-and sex-specific patterns of rural-urban migration in sub-Saharan Africa. *Population and Environment*, 42, 219-254. <https://doi.org/10.1007/s11111-020-00359-1>
- Yang, J., Wang, H., Jin, S., Chen, K., Riedinger, J. & Peng, C. (2016). Migration, local off-farm employment, and agricultural production efficiency: evidence from China. *Journal of Productivity Analysis*, 45(3), 247-259. <https://doi.org/10.1007/s11123-015-0464-9>

María del Pilar Fuerte Celis

Colombiana. Doctorada en geografía por la UNAM. Pertenece al programa de investigadores por México y se adscribe al Centro Geo. Líneas de investigación: geografía de la violencia, narcotráfico y migración; organización de los espacios urbanos. Publicación reciente: Fuentes-Celis, M. P. & Zizumbo-Colunga, D. (2023). How to start over: coping mechanisms during individual women displacement by organized crime. *Women & Criminal Justice*, 33(3), 241-260. <https://doi.org/10.1080/08974454.2022.2133558>

Bernardo Bolaños Guerra

Mexicano. Doctorado en filosofía por la Universidad de París I. Posdoctorado en filosofía política por la Universidad de París I. Profesor-investigador del Departamento de Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Cuajimalpa. Líneas de investigación: migración climática y derechos de los desplazados por causas ambientales. Publicación reciente: Bolaños Guerra, B. (2013). *Esclavos, migrantes y narcos. Acontecimiento y biopolítica en América del Norte*. UAM/Juan Pablos.

Sazcha Marcelo Olivera-Villarroel

Boliviano-mexicano. Doctorado en economía con especialidad en economía de los recursos naturales por la Facultad de Economía, UNAM, México. Profesor titular "C" Departamento de Teoría y Procesos del Diseño de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Unidad Cuajimalpa. Líneas de investigación: recursos y economía ambiental, teorías del comportamiento humano, cambio climático y teoría del valor. Publicación reciente: Olivera Villarroel, M., Fuerte-Celis, P. & Bolaños, B. (2023). Migrantes climáticos. Un panorama para Centroamérica 1990-2019. En A. M. Saiz Valenzuela (Coord.), *Vidas desplazadas. La migración en México* (pp. 223-246). Penguin.