

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECNONÓMICAS, A.C.



**EFFECTOS DE LAS ANOMALÍAS CLIMÁTICAS EN LA DIVERSIFICACIÓN DE
INGRESOS DE LOS HOGARES RURALES EN MÉXICO**

T E S I N A
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN ECONOMÍA
P R E S E N T A
MARÍA MARTHA ULLOA FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE LA TESINA:
DR. ALEJANDRO JOSÉ LÓPEZ-FELDMAN

Agradecimientos

A mi familia, mis amigos, mis amigas y todo el personal del CIDE:

El haber terminado mi carrera no representa un esfuerzo individual; fue un trabajo en equipo junto con todos ustedes. No tengo las palabras suficientes para agradecerle a cada persona que apoyó, de alguna forma u otra, para que yo lograra alcanzar esta meta. Mis papás, mis más grandes ejemplos: su apoyo incondicional y su fe en mí fueron los pilares que me ayudaron a perseverar en esta decisión. Mi hermano, Juanpis, puedo decir que de las cosas más difíciles fueron estar lejos de ti, pero ahora estoy feliz de celebrar a tu lado. Los amo con toda mi alma y mi ser y espero algún día poder devolver todo lo bueno que me han brindado. A mi prima Alba, nunca dejaré de agradecerte por recibirme cada semana en tu casa. No te imaginas lo feliz y contenta que me sentía cada vez que estaba con ustedes. Gracias por hacerme sentir en un hogar y por ser ese gran apoyo que yo necesitaba en la Ciudad de México. De igual manera, a todos mis tíos, tías, primos y primas en la Ciudad de México, me siento muy afortunada de tenerlos en mi vida y de verdad que siempre hicieron que pensara que tengo a la mejor familia del mundo. A mi nina Tichi, mi abuelita, a Armando y toda mi familia de Ensenada, gracias por estar siempre para mí y por esperarme en cada vacación y llenarme de fuerza y amor para regresar de nuevo a cada semestre. A todos mis amigos, amigas y todos los roomies que tuve, su apoyo fue fundamental para hacerme sentir mejor cuando estaba triste. Siempre me llenaron de risas en los momentos necesarios. Por último, mis profesores, profesoras y todo el personal de la escuela, me dieron lo más valioso que tengo ahora: mi educación. Valoro todos los aprendizajes que me ayudaron a convertirme en la persona que soy ahora. La mejor decisión que tomé fue entrar al CIDE y les agradezco profundamente por ser parte de las enseñanzas que me dejaron estos años.

Resumen

Debido a los efectos que el cambio climático podría tener en el sector agrícola crece la importancia de analizar cómo los hogares rurales en México enfrentan diferentes patrones de precipitación y temperatura y qué estrategias de adaptación emplean para contrarrestarlos. En específico, este trabajo estudia cómo los choques climáticos incentivan a los productores a dedicar más tiempo al trabajo en parcelas o, por el contrario, si optan por diversificar sus fuentes de ingresos hacia actividades fuera del campo. En ese sentido, los objetivos de este trabajo son en primer lugar, analizar algunas actividades de diversificación dentro y fuera del campo para dos periodos en el tiempo; y, en segundo lugar, cuantificar cómo los patrones históricos de clima afectan la adaptación ex – ante de los hogares rurales. Para conocer la información de las características sociodemográficas y económicas de los hogares fue utilizada la Encuesta Nacional de Hogares Rurales en México para los años 2002 y 2007; y para elaborar las medidas climáticas fue utilizada la base de datos ERA-Interim del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Asimismo, fueron empleados diferentes enfoques de regresión para cada variable de interés: el número de cultivos diferentes en cada parcela; la aplicación de fertilizante; los días dedicados al trabajo en parcela; y la decisión de trabajar en alguna actividad fuera del campo. Cada una de ellas fue estimada con base en los choques climáticos enfrentados uno y diez años antes de la aplicación de las encuestas con el objetivo de conocer las estrategias de adaptación para dos periodos en el tiempo. Finalmente, los resultados dieron evidencia de que, en algunos casos, los choques climáticos sí llevan a los productores a dedicar mayor tiempo a trabajos asalariados y menos al trabajo en parcela. Las estimaciones mostraron que las anomalías en precipitación disminuyen el número de cultivos, los días dedicados a estos y aumentan la probabilidad de diversificar las fuentes de ingresos.

Índice

Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	2
Hipótesis.....	4
Datos y estadística descriptiva.....	4
Estrategia empírica y Metodología.....	8
Resultados y discusión.....	11
Conclusiones.....	16
Referencias.....	17

Índice de tablas y figuras

Figura 1. Regiones y localidades encuestadas en la ENHRUM.....5

Tabla 1. Estadística descriptiva y descripción de datos.....7

Tabla 2. Estimación de las actividades dentro del campo.....12

Tabla 3. Estimación de las actividades fuera del campo.....14

1.Introducción

Como consecuencia de los inminentes cambios en el clima existe una creciente preocupación acerca de cómo las anomalías climáticas pueden afectar los ingresos de los hogares rurales que dependen en gran medida del sector agrícola (IPCC, 2014). Los cambios en patrones de precipitación y temperatura afectan de forma directa la productividad agrícola. En respuesta a ello algunos hogares tienden a diversificar sus fuentes de ingresos a otras actividades dentro o fuera del sector. Bajo ese contexto, el presente trabajo busca cuantificar los efectos de las anomalías climáticas en las estrategias de diversificación de ingresos de los hogares rurales. En específico, los objetivos de esta tesina son: en primer lugar, analizar algunas actividades de diversificación dentro y fuera del campo para dos periodos en el tiempo; y, en segundo lugar, cuantificar cómo los patrones históricos de clima afectan la adaptación ex – ante de los hogares rurales.

El siguiente análisis es relevante para México debido a que no existen estudios previos que cuantifiquen la relación entre las anomalías climáticas y las fuentes de ingresos, y que sean representativos para la población rural del país. Además, la literatura existente centra su atención en los efectos sobre ciertos cultivos; no al sector agrícola en general. De igual manera, si los ingresos de los hogares rurales resultan vulnerables ante choques climáticos entonces este análisis podría contribuir a la creación de iniciativas que fortalezcan la capacidad de adaptación de los mismos.

La estructura que se sigue es la siguiente. En primer lugar, se presenta una breve revisión de literatura acerca de la variabilidad climática y sus efectos en la agricultura de distintos países, así como de algunos estudios para el caso de México. En segundo lugar, las hipótesis de trabajo; en tercer lugar, la descripción de los datos y la metodología a seguir. En cuarto, se exponen los resultados con su respectiva discusión y, finalmente, las conclusiones.

2. Revisión de literatura

Un aspecto importante de este trabajo es que los efectos de la variabilidad climática sobre las decisiones de los hogares serán interpretados como una relación causal, de manera similar a Nordkvelle et al. (2017). En su artículo los autores exploran de qué manera las variaciones en precipitación de un lugar pueden ser utilizadas como una variable aleatoria. Esto debido a que la probabilidad de distribución de lluvias varía en el tiempo y el espacio, es decir, puede llover más en distintos meses del año y más en algunas zonas que en otras. En principio estas características permiten que el efecto promedio de tratamiento entre los lugares analizados pueda ser manejado como si hubiera sido asignado de manera aleatoria y, por lo tanto, pueda realizarse inferencia causal. De forma similar en este trabajo, después de controlar por ciertas características, la naturaleza aleatoria del clima permite interpretar los choques como efectos causales en la diversificación de actividades dentro y fuera del campo.

En efecto, la literatura acerca de las consecuencias de la variabilidad climática, además de analizar efectos en las decisiones a nivel hogar o individual, también explora un nivel más agregado como, por ejemplo, la producción mundial. Tal es el caso de Burke et al. (2015) donde los autores buscan una relación entre el aumento de la temperatura global y la productividad de los países desarrollados y subdesarrollados, con el objetivo de establecer una nueva base empírica para modelar la pérdida económica en respuesta al cambio climático. En adición, en la actualidad altas temperaturas tienen efectos negativos significativos en todos los casos de países pobres y efectos significativos marginales en países ricos. De igual manera, estiman que para 2100 el calentamiento no-mitigado empobrecerá aún más a 77% de los países pobres, en términos per cápita. Es importante tomar en cuenta lo anterior debido a que, si bien las anomalías climáticas pudieran impactar en las decisiones del hogar, por otro lado, también podrían impactar vía producción global.

Ahora bien, respecto a estudios con enfoques similares al presente trabajo, existe literatura que explica el por qué de la vulnerabilidad y de las estrategias que los hogares rurales podrían implementar en respuesta a anomalías climáticas. De acuerdo con Eakin (2005), las alternativas de adaptación disponibles para el sector agrícola dependen de su nivel de industrialización. Mientras que en un sistema más desarrollado pueden existir mejores tipos de cultivos, inversión en capital, mecanismos de seguros, entre otros, muchas veces en países en

desarrollo el sector rural carece de esas oportunidades. Por consiguiente, para los hogares rurales es más factible abandonar el sector agrícola y enfocarse en migración, trabajo asalariado y en cambio de propósitos de la tierra. Similarmente, Mercer et al. (2002) examinan la estrategia de adaptación de algunos agricultores de maíz en México al utilizar semillas genéticamente modificadas en respuesta a choques climáticos. Argumentan que, debido al límite de opciones de los hogares rurales para diversificar ingresos, no necesariamente las estrategias adoptadas serán las mejores. Por diversas razones, explican que el uso de semillas modificadas tiene efectos negativos debido a cuestiones sociales y climáticas. Un factor interesante para resaltar del artículo es que, a pesar de que los hogares pueden tener la capacidad y los medios para diversificar sus fuentes de ingresos, las estrategias adoptadas podrían no ser las adecuadas o los beneficios encontrados podrían ser menores en comparación a no haber adoptado alguna estrategia de diversificación.

Asimismo, Bharwani et al. (2005) explican que debido a las fluctuaciones climáticas en corto y mediano plazo los agentes tomadores de decisiones asignan recursos con anticipación para enfrentarse a temporadas de choques negativos o positivos. En ese sentido, los autores exploran hasta qué punto los pronósticos estacionales aseguran la adaptación a largo plazo del cambio climático, tomando en cuenta que los hogares aprenden y son capaces de adaptarse a esos escenarios. Con base en un modelo basado en agentes pronostican las estrategias de comportamiento de los hogares con base en algunos fenómenos climáticos que podrían surgir durante el proceso. Encuentran que efectivamente los hogares utilizan pronósticos con base en experiencias pasadas para implementar patrones de cultivos más sofisticados, que en última instancia mejoran su seguridad alimentaria.

De igual manera, Roncoli et al. (2001) analizan las respuestas de los hogares un año después de presentarse una fuerte sequía. En particular, analizan de qué manera las estrategias de compra de alimentos, de producción y de diversificación de ingresos fueron implementadas para mejorar las condiciones económicas del hogar. Por último, encontraron que los hogares sí modificaron ciertos comportamientos en respuesta a la sequía del año anterior.

Respecto a la literatura existente para México. Si bien existen trabajos que de igual manera estudian las relaciones entre estrés climático y estrategias de diversificación, la gran mayoría enfoca su atención en el cultivo de maíz y café. Asimismo, debido a las condiciones

específicas en las que son sembrados estos cultivos, los artículos utilizan enfoques regionales y no para todo el territorio mexicano. Tal es el caso del análisis de Schroth et al. (2009), donde estudian el comportamiento de los hogares sembradores de café en Chiapas, cuya selva sufre afectaciones cada año derivadas de incendios. Lo cual ha provocado temperaturas mayores en la zona y un posible incremento en temperaturas futuras. En adición, las inundaciones causadas por los huracanes han afectado negativamente a los sistemas de producción de café y al ecosistema de la región. Finalmente, los resultados mostraron variedad en las estrategias adoptadas por los hogares: semillas modificadas para resistir mayores temperaturas, procesos de captación de agua, seguros y subsidios para los sembradíos, entre otros.

3. Hipótesis

De acuerdo con la literatura existente son formuladas dos hipótesis. Por un lado, cómo en respuesta a choques positivos y negativos de precipitación y temperatura los hogares se involucran menos en actividades agrícolas y más en trabajos asalariados. Por otro lado, los hogares localizados en lugares con mayor variación histórica del clima ya han diversificado sus decisiones de producción y de asignación de trabajo. Por lo tanto, dichos hogares responden menos ante choques contemporáneos de precipitación y temperatura, comparado con aquellos hogares que han enfrentado menos variabilidad climática en el tiempo.

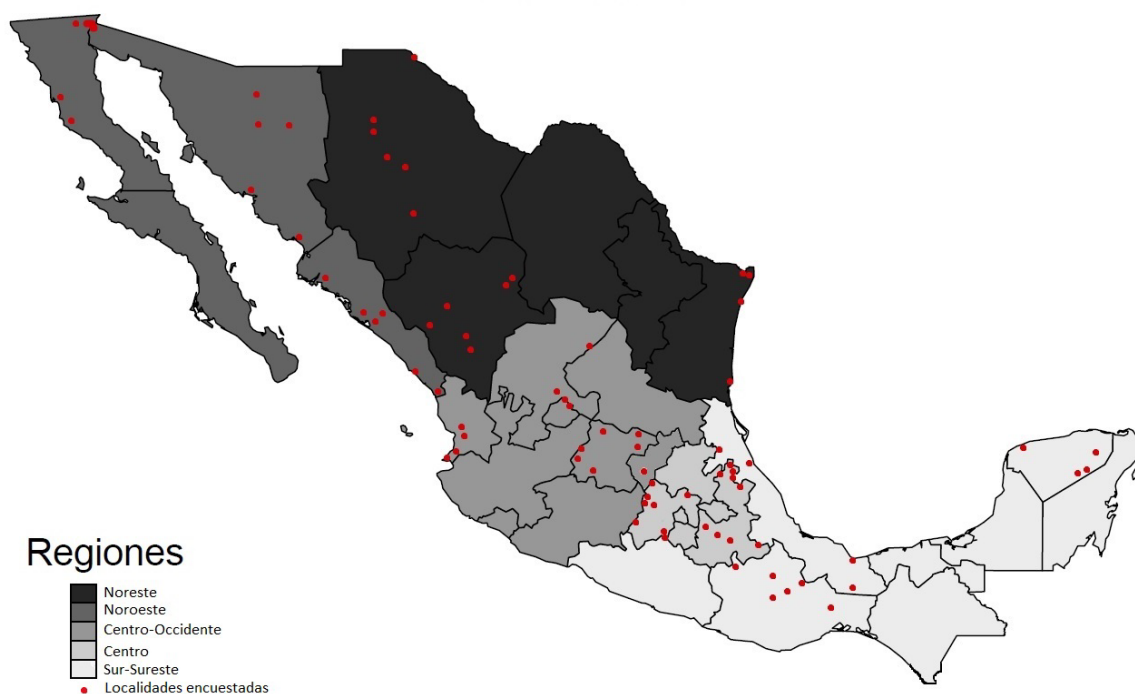
4. Datos y estadística descriptiva

Para conocer las estrategias de diversificación en respuesta a choques climáticos fueron utilizados dos tipos de datos: por un lado, acerca de las características sociodemográficas y económicas de los hogares rurales y, por otro lado, datos climáticos de precipitación y temperatura.

En cuanto a los primeros. Los datos fueron extraídos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales en México (ENHRUM) para los años 2002 y 2007. Incluye información para una muestra representativa del 90% de la población rural en México. La encuesta cubre un total de 1,765 hogares en 80 localidades rurales de 14 estados de la República cuya división fue realizada con base en cinco regiones: Sur-Sureste, Centro, Centro-Occidente, Noroeste y Noreste. La

Figura 1 muestra la distribución de las regiones y las localidades de la muestra. Ahora bien, la información de esta fuente fue utilizada para construir medidas sobre las actividades laborales dentro del hogar y para conocer sus características sociodemográficas. Finalmente, no se consideró la ronda de la ENRHUM de 2010 debido a que no contiene en su totalidad a los hogares entrevistados en las primeras dos versiones de la base y por lo tanto se corría el riesgo de perder representatividad.

Figura 1. Regiones y localidades encuestadas en la ENHRUM



Fuente: elaboración propia con información de la ENHRUM.

Este trabajo pretendió hacer un análisis acerca de algunas actividades que realizan los hogares en sus parcelas. Para esto, del total de hogares encuestados fueron seleccionados solo aquellos que reportaron poseer parcelas propias. Finalmente, la muestra fue de 869 hogares para 2002 y de 683 para 2007. La diferencia entre ambos números pudo deberse a que para la segunda ronda de la encuesta los hogares vendieron o dieron en herencia sus parcelas.

La Tabla 1 detalla las características de los hogares, de las parcelas y de la información climática. Respecto a los primeros, la variable “Jefa del hogar” tomó el valor de uno si la persona responsable del hogar era del género femenino. La educación de la persona a cargo fue caracterizada como “formal” si había cursado por lo menos el nivel de primaria. La tenencia

segura de la tierra se refiere a que las parcelas eran de propiedad privada o ejidal y que, en su caso, contarán con certificado PROCEDE.¹ Para contabilizar el valor de los activos del hogar fue estimado un índice de componentes principales que incluía la posesión de autos particulares, camionetas, maquinaria para diferentes etapas del cultivo, herramientas generales y cierto tipo de electrodomésticos. Lo anterior fue debido a la falta de información acerca del valor monetario de los activos; la encuesta solo incluía preguntas dicotómicas respecto a la tenencia del capital antes mencionado. Asimismo, la variable que distingue la actividad realizada fuera del campo fue construida para que tomara el valor de uno si por lo menos un miembro del hogar trabajaba por un salario en alguna actividad no relacionada al campo. Por ejemplo: en construcción, elaboración de artesanías, en comercios, entre otros. Finalmente, el total de días laborados sumó la cantidad de días destinados al trabajo en parcela por cada miembro del hogar y por los jornales contratados en los años 2002 y 2007. La media fue de 85 días al año en las actividades de preparación de la tierra, de siembra y de cosecha.

Ahora bien, las características de las parcelas incluyen la superficie en hectáreas; el tiempo de recorrido en minutos entre las parcelas y el hogar; y una variable de calidad autoreportada. Fue considerada una medida de calidad con base en la inclinación de estas; sin embargo, el tipo de inclinación correspondía al nivel de calidad autoreportada y finalmente ésta fue preferida.

El número de cultivos contabiliza el total de cultivos diferentes sembrados en cada parcela: esta medida va de 0 a 5 cultivos diferentes para cada parcela. La última característica es sobre la decisión de aplicar fertilizante -orgánico o inorgánico- a cada parcela.

Respecto a los datos climáticos. Se utilizó la base ERA-Interim del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), los cuales son datos de reanálisis de clima que consideran estaciones meteorológicas, datos satelitales y modelos climáticos, con una resolución de 12.5°x12.5°. Con ellos se obtuvo información acerca del promedio mensual de precipitación y temperatura para todos los municipios de la República en un periodo de 1979 a 2007. Lo anterior permitió combinar las localidades de la ENHRUM con sus características climáticas para crear las variables independientes respectivas.

¹ Permite a la asamblea de un ejido delimitar y decidir el destino de las tierras de las que fueron dotados. Su propósito es dar seguridad en la tenencia de la tierra mediante la regularización de esta, a través de la expedición y entrega de los certificados y títulos correspondientes a las tierras de uso común, parcelas y solares urbanos.

Tabla 1. Estadística descriptiva y descripción de datos

	N	Media	DE	Min	Max	Descripción
Características del hogar						
Edad del jefe del hogar	1,552	54.29	15.00	16	97	Edad del jefe del hogar
Tamaño del hogar	1,552	6.316	3.155	1	21	Número de miembros del hogar
Jefa del hogar	1,552	0.107	0.309	0	1	1 = Jefa, 0 = Jefe
Educación formal del jefe	1,552	0.823	0.381	0	1	1 = el jefe del hogar tiene educación formal
Apoyo PROCAMPO ²	1,552	0.501	0.500	0	1	1 = hogar recibió apoyo de PROCAMPO
Tenencia segura de tierra	1,552	0.715	0.452	0	1	1 = hogar posee tenencia segura sobre la tierra
Valor de activos del hogar	1,552	-0.044	0.783	-2.904	11.29	Índice de componentes principales para maquinaria, medios de transporte y electrodomésticos
Actividad fuera del campo	1,552	0.254	0.435	0	1	1 = algún miembro del hogar labora fuera del campo
Total de días laborados	1,552	84.89	189.4	0	3,650	Total de días laborados en parcela por el hogar
Características de parcelas						
Superficie de parcela	2,385	5.861	25.08	0.001	500	Área de la parcela en hectáreas
Tiempo de recorrido	2,385	35.56	41.27	0	900	Tiempo de recorrido en minutos del hogar a la parcela
Calidad de parcela	2,385	1.752	0.604	1	3	Calidad autorreportada de la parcela
Número de cultivos	2,385	1.289	0.696	0	5	Número de cultivos diferentes trabajados en el año en la parcela
Aplicación de fertilizante	2,385	0.527	0.499	0	1	1=aplicó fertilizante a la parcela
Anomalías climáticas						
Temperatura promedio	146	20.16	3.179	14.16	26.94	Temperatura promedio en el año respectivo de la encuesta
Precipitación total	146	0.742	0.402	0.046	2.081	Total de precipitación acumulada (mm) en el año respectivo de la encuesta
Choque de precipitación anual (+)	146	0.068	0.253	0	1	1 = si existió un choque positivo de precipitación (valor z mayor/igual a 1)
Choque de precipitación anual (-)	146	0.184	0.389	0	1	1 = si existió un choque negativo de precipitación (valor z menor/igual a -1)
Choque de precipitación decadal (+)	146	0.006	0.082	0	1	1 = si existió un choque positivo de precipitación (valor z mayor/igual a 1)
Choque de precipitación decadal (-)	146	0.527	0.501	0	1	1 = si existió un choque negativo de precipitación (valor z menor/igual a -1)
Choque de temperatura decadal (+)	146	0.424	0.495	0	1	1 = si existió un choque positivo de temperatura (valor z mayor/igual a 1)
Choque de temperatura decadal (-)	146	0.027	0.163	0	1	1 = si existió un choque negativo de temperatura (valor z menor/igual a -1)

Fuente: elaboración propia con datos de la ENHRUM y ERA-Interim.

² El programa PROCAMPO complementa el ingreso de los productores del campo mexicano para contribuir al crecimiento económico de los mismo.

El concepto de anomalía climática está muy bien definido en climatología, no obstante, el término será empleado de una forma particular en este trabajo. A pesar de no ser el concepto usual en otras áreas, se definirá como anomalía a la desviación en la temperatura o en el nivel de precipitación promedios con base en un periodo de referencia, como es explicado a continuación.

En primera instancia las medidas de anomalías climáticas fueron construidas como *valores z* con respecto a los datos de temperatura y precipitación del periodo histórico -1979 a 2007-. Por un lado, las anomalías anuales representaron el *valor z* del nivel de precipitación y de la temperatura promedio del año anterior a la aplicación de la encuesta (2001 y 2006) con base en el promedio de los registros climáticos anuales dentro de la etapa de referencia. Por otro lado, las anomalías decadales representaron el *valor z* para los niveles ambientales en el periodo de diez años anterior a las fechas de aplicación respectivas. En este caso el promedio de referencia fue construido como la media de todos los periodos de diez años desde 1979 hasta 2007. No obstante, debido a la poca variación en los *valores z* fue decidido crear otras medidas de precipitación y temperatura para incluir en las regresiones. En ese sentido, fueron creadas variables de choques climáticos positivos que tomaran el valor de 1 si el *valor z* era mayor o igual a 1; y choques negativos si la *z* era menor o igual a -1^3 . De esta manera trató de asegurarse que las estimaciones reflejaran cambios importantes en los patrones climáticos de cada región. Finalmente, de acuerdo con esta nueva medida los choques de temperatura experimentados un año antes no presentaron variación suficiente para incluirse en las estimaciones, es decir, no diferían significativamente de su promedio histórico y se interpretó como la ausencia de una anomalía.

5. Estrategia empírica y Metodología

La estrategia empírica y la base para construir el modelo están fundamentadas en el artículo de Call et al. (2018). Su trabajo buscó responder cómo la población rural de Uganda diversificaba sus fuentes de ingresos dentro y fuera de la granja en respuesta al estrés climático.

³ Las medidas de choques climáticos fueron creadas respectivamente para los datos de precipitación y temperatura y para los periodos anuales y decadales.

No obstante, los datos disponibles para México y las diferencias climáticas y ecosistémicas entre ambos países influyeron en la construcción del modelo.

Por un lado, al igual que Call et al. (2018), este trabajo dividió las decisiones de diversificación en el corto y el largo plazo bajo el supuesto de que los hogares pueden mostrar un efecto de adaptación ante el cambio climático. Asimismo, fueron utilizados enfoques de regresión similares para las diferentes variables de interés. Por otro lado, a diferencia del artículo base, no fueron tomados en cuenta los efectos en la productividad de los distintos tipos de cultivos, ni la diversificación de fuentes de ingresos a nivel individual. Si bien se intentó seguir la misma estrategia de construcción para las variables de choques climáticos, las estimaciones no parecían mostrar efectos significativos debido a la poca variación de los valores z y, finalmente, dichas variables fueron ajustadas.

Las variables descritas en la sección anterior fueron clasificadas como dependientes e independientes, éstas últimas incluyen las anomalías climáticas y los controles. Las variables dependientes son el número de cultivos diferentes en cada parcela; la aplicación de fertilizante; los días dedicados al trabajo en parcela; y la decisión de trabajar en alguna actividad fuera del campo. Respecto a las variables independientes. Además de las anomalías fueron incluidas la media de temperatura y el nivel de precipitación en 2002 y 2007 para controlar por el comportamiento de los hogares ante el clima experimentado en los años de las encuestas. Cabe señalar que en la literatura existente suele utilizarse la temperatura máxima para estimar las relaciones entre clima y producción agrícola. No obstante, se prefirió construir una medida de desviación, respecto al promedio, para que las interpretaciones pudieran realizarse con base en un choque imprevisto en los niveles climáticos; y no sobre una medida que pudiera presentar aumentos graduales a lo largo del tiempo, lo cual pudiera no resultar tan inesperado para los hogares. Ahora bien, acerca de los controles, fue importante incluir información para ajustar por las diferencias en capital de los hogares. Por un lado, en el capital físico fue incluido el índice de componentes principales para los activos. Por otro lado, para el capital natural fueron consideradas las características de las parcelas junto con las medidas de tenencia segura de la tierra y el apoyo PROCAMPO. Finalmente, el capital humano fue medido con respecto a las características sociodemográficas del hogar tales como el número de miembros que lo componen y la educación, la edad y el género de la persona a cargo.

Para medir la influencia de los choques climáticos en las decisiones de los hogares rurales fueron planteados diferentes modelos de acuerdo con las características de cada variable dependiente. En primer lugar, fue utilizada una regresión Poisson para estimar cuántos cultivos diferentes plantaba el hogar en cada parcela. En segundo lugar, fue planteada una regresión logística para cuantificar la decisión de los hogares de aplicar o no fertilizante a cada parcela. En tercer lugar, los días dedicados al trabajo en parcela fueron estimados con un modelo tobit para ajustar la gran cantidad de ceros que mostraba la variable. En cuarto lugar, para estimar la decisión de diversificar o no su fuente de ingreso laboral a alguna actividad fuera del campo fue utilizada una regresión logística.

Cada modelo fue estimado de forma separada para las anomalías anuales y decadales. Asimismo, las regresiones incluyeron efectos fijos a nivel región y para los dos años de interés. De esta manera se intentó controlar por las variaciones en el tiempo y por los distintos contextos socioeconómicos, ecológicos y climáticos que experimenta cada región en particular. Finalmente, los errores estándar fueron agrupados a nivel hogar para controlar por el hecho de que existe más de una observación por hogar al año.

A continuación son expuestas las ecuaciones empleadas para registrar los efectos de los choques anuales (1) y decadales (2). Del lado izquierdo de ambas está la variable dependiente, donde el superíndice j toma el valor de los cuatro resultados de interés, para cada hogar i en el tiempo t . Del lado derecho son incluidas las anomalías climáticas y los controles. Asimismo, los subíndices de los choques reflejan el periodo a tratar: $t - 1$ considera la experiencia del año anterior a la encuesta; y $t - 10$ la de la década anterior.

$$\begin{aligned}
 \text{Variable_dependiente}_{i,t}^j &= \text{lluvia_positivo}_{i,t-1} + \text{lluvia_negativo}_{i,t-1} + \text{lluvia_promedio}_{i,t} \\
 &+ \text{temperatura_promedio}_{i,t} + \text{activos}_{i,t} + \text{tiempo_recorrido}_{i,t} \\
 &+ \text{superficie}_{i,t} + \text{calidad}_{i,t} + \text{edad}_{i,t} + \text{tamaño_hogar}_{i,t} + \text{jefa}_{i,t} \\
 &+ \text{educación}_{i,t} + \text{procampo}_{i,t} \\
 &+ \text{tenencia}_{i,t}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
Variable_dependiente_{i,t}^j &= lluvia_positivo_{i,t-10} + lluvia_negativo_{i,t-10} \\
&+ temperatura_positivo_{i,t-10} + temperatura_negativo_{i,t-10} \\
&+ lluvia_promedio_{i,t} + temperatura_promedio_{i,t} + activos_{i,t} \\
&+ tiempo_recorrido_{i,t} + superficie_{i,t} + calidad_{i,t} + edad_{i,t} \\
&+ tamaño_hogar_{i,t} + jefa_{i,t} + educación_{i,t} + procampo_{i,t} \\
&+ tenencia_{i,t} \tag{2}
\end{aligned}$$

Vale la pena recordar que la ecuación de anomalías anuales no incluye los choques de temperatura debido a la poca variabilidad en las desviaciones respecto al promedio.

6. Resultados y discusión

Existe evidencia que permite ver de qué manera las anomalías climáticas afectan las decisiones de los hogares rurales en actividades dentro y fuera del campo, sin embargo, no debe olvidarse que todas las aseveraciones presentadas son con base en la muestra disponible y los resultados no deben ser generalizados para toda la población rural del país. La Tabla 2 presenta las estimaciones para los modelos de número de cultivos, de aplicación de fertilizante y de días de trabajo en parcela. Si bien los resultados están presentados como coeficientes, las interpretaciones serán realizadas con base en los efectos marginales.

Respecto al número de cultivos. Ya sea que un año antes aumente o disminuya el nivel de precipitación, respecto al promedio, los hogares emplean la estrategia de reducir en 0.24 el número de cultivos únicos en sus parcelas. Aún más, este número también disminuye en 0.41 ante un mayor nivel de precipitación promedio durante la última década. Pudiera ser que la decisión anterior haya sido afectada por la experiencia decadal de mayor lluvia y los hogares reduzcan los cultivos como consecuencia de que prefieren aquellos que requieren mayor cantidad de agua. Ahora bien, experimentar temperaturas debajo del promedio, durante los últimos diez años, aumenta el número de tipos de cultivos en 0.34 unidades. Este comportamiento puede deberse a que menor estrés climático brinda la oportunidad de expandir el portafolio de cultivos hacia aquellos más sensibles a altas temperaturas. En este caso el choque

climático quizá incentiva a los hogares a dedicarse a una actividad dentro del campo y no a diversificar.

Acerca del uso de fertilizante. La probabilidad de aplicarlo es mayor en 9 puntos porcentuales (p.p.) si el año pasado hubo un nivel de precipitación menor al promedio. Esto puede ser debido a que los hogares adaptan sus estrategias y deciden aumentar el rendimiento de la tierra al aplicar fertilizante, con base en la experiencia de lluvia del año anterior. Asimismo, choques negativos y positivos en el nivel de precipitación de los últimos diez años aumentan la probabilidad en 62 p.p. de utilizar fertilizante en las parcelas. Este resultado puede reflejar una estrategia más clara después de un largo periodo de adaptación de los hogares: han aprendido de la variabilidad climática del pasado y los choques decadales incentivan a continuar con la aplicación de abonos. Por el contrario, la experiencia de una anomalía decadal de aumento en la temperatura disminuye la probabilidad en 12 p.p. de aplicar fertilizante. En este caso el aumento en la productividad de los cultivos vía precipitación podría compensar el choque de temperatura y resultar en menor necesidad de aplicación.

Tabla 2. Estimación de las actividades dentro del campo

	Número de cultivos diferentes (Coeficientes)		Aplicación de fertilizante (Coeficientes)		Días de trabajo en parcela (Coeficientes)	
	Anomalía climática de un año	Anomalía climática de diez años	Anomalía climática de un año	Anomalía climática de diez años	Anomalía climática de un año	Anomalía climática de diez años
Anomalías climáticas						
Choque de precipitación (+)	-0.185*** (0.0484)	-0.310* (0.167)	0.340 (0.379)	2.512** (1.070)	-64.72** (32.85)	81.53 (52.48)
Choque de precipitación (-)	-0.0943* (0.0527)	0.0628 (0.0430)	0.396* (0.234)	0.574*** (0.185)	-53.29*** (19.65)	-16.92 (14.26)
Choque de temperatura (+)	-	-0.0139 (0.0421)	-	-0.500** (0.234)	-	58.27*** (18.85)
Choque de temperatura (-)	-	0.257** (0.125)	-	-0.531 (0.701)	-	-79.27* (44.41)
Precipitación en año de encuesta	-0.159*** (0.0427)	-0.175*** (0.0449)	-0.892*** (0.241)	1.164*** (0.246)	-24.44 (22.26)	-18.69 (23.28)
Temperatura en año de encuesta	-0.00240 (0.00816)	-0.00814 (0.00917)	-0.0402 (0.0374)	0.0105 (0.0356)	0.601 (4.663)	-4.658 (4.134)
Variables de control						

Valor de activos del hogar	0.0109 (0.0121)	0.0112 (0.0138)	-0.0436 (0.0858)	-0.0567 (0.0911)	13.57 (20.39)	16.38 (20.96)
ln(Tiempo de recorrido)	-0.000170 (0.00635)	-0.00190 (0.00643)	-0.0698** (0.0298)	-0.0575* (0.0302)	32.47*** (6.995)	32.42*** (7.058)
ln(Superficie de parcela)	0.0237 (0.0169)	0.0234 (0.0166)	-0.210*** (0.0588)	0.208*** (0.0581)	22.03** (10.67)	21.08** (10.72)
Calidad de parcela	0.0306 (0.0296)	0.0375 (0.0284)	-0.0612 (0.124)	-0.0833 (0.126)	-15.97 (11.21)	-14.46 (11.64)
Edad de jefe del hogar	-0.000455 (0.00122)	-0.000767 (0.00121)	-0.00178 (0.00569)	0.000297 (0.00583)	-0.647 (0.562)	-0.680 (0.570)
Tamaño del hogar	0.00567 (0.00537)	0.00668 (0.00526)	-0.0268 (0.0280)	-0.0205 (0.0279)	7.211*** (2.291)	6.948*** (2.280)
Jefa del hogar	-0.0872 (0.0610)	-0.0892 (0.0619)	-0.370 (0.308)	-0.341 (0.309)	-84.19*** (22.79)	85.42*** (23.20)
Educación formal de jefe	0.0609 (0.0441)	0.0607 (0.0461)	0.223 (0.226)	0.246 (0.230)	18.74 (19.19)	16.89 (19.24)
Apoyo PROCAMPO	0.123*** (0.0370)	0.123*** (0.0378)	0.309* (0.172)	0.291* (0.174)	52.41*** (15.32)	53.30*** (15.56)
Tenencia segura de tierra	0.0740* (0.0402)	0.0684* (0.0392)	0.154 (0.186)	0.188 (0.188)	23.54 (16.69)	21.12 (16.15)
Constante	0.397** (0.197)	0.505** (0.216)	2.305*** (0.894)	1.132 (0.920)	-55.56 (95.95)	45.73 (88.30)
Observaciones	2,381	2,381	2,381	2,381	1,552	1,552

Efectos fijos por región y por año incluidos en el modelo; no presentados en tabla.

Errores estándar en paréntesis, agrupados a nivel hogar.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: elaboración propia con datos de la ENHRUM y ERA-Interim.

Acerca de las estimaciones de los días dedicados al trabajo en parcela. En el corto plazo esta decisión parece estar afectada por los choques de precipitación; y el largo plazo, por los de temperatura. Ya sea que en el año anterior hayan sido experimentados mayores o menores niveles de lluvia, se elige disminuir 37 días al trabajo dentro del campo. Este resultado puede interpretarse de manera conjunta con la estimación del número de cultivos: ambas variables decrecen ante choques de precipitación del año anterior. Si los hogares utilizan un menor número de cultivos entonces podrían, más no necesariamente, dedicar menos días al trabajo parcelario, y viceversa. También existe la posibilidad de que las estimaciones de menores actividades dentro del campo sean consecuencia de que los hogares eligen diversificar sus fuentes de ingresos hacia actividades fuera éste, no obstante, eso será discutido más adelante.

Ahora bien, después de una década con anomalías de temperatura: por un lado, choques positivos aumentan 33 días en el campo y, por otro lado, choques negativos los disminuyen en 45 días. Puede pensarse que altas temperaturas afectan de manera negativa el rendimiento de los cultivos y los hogares deciden compensarlo al invertir más días al trabajo parcelario, lo cual rechaza la hipótesis propuesta de que se prefiere diversificar a actividades fuera del campo. Asimismo, si durante la última década los cultivos presentan menos estrés climático, debido a la presencia de temperaturas debajo del promedio, y requieren de menores cuidados, entonces existe la oportunidad de dedicarle tiempo a actividades diferentes a las del campo.

Por último, existe evidencia de una relación entre las anomalías climáticas y la decisión de los hogares rurales a diversificar sus fuentes de ingresos a actividades fuera del campo (Tabla 3). Esta relación se traduce en que, si el año anterior llovió menos que el promedio histórico, entonces aumenta en 7 p.p. que por lo menos un miembro del hogar decida trabajar en alguna actividad fuera del campo. De igual manera, después de una década de percibir menores lluvias aumenta en 6 p.p. la misma probabilidad. En efecto, la similitud entre la decisión del corto y del largo plazo refleja una estrategia de adaptación clara. Quizá esta anomalía ha convertido al campo en un sector no redituable y los hogares han optado por buscar un trabajo distinto a este. Aún más, por lo menos en el corto plazo, disminuyen los días dedicados a las parcelas, al igual que el número de cultivos. Lo anterior apoya el resultado de que los hogares eligen diversificar sus ingresos hacia otro tipo de actividades a causa del estrés climático.

Finalmente, si en los últimos diez años han sido experimentados mayores niveles de temperatura, entonces disminuye en 7 p.p. la probabilidad de laborar fuera del campo. Esta estimación va de la mano con la decisión de dedicar más días de trabajo en parcela para compensar la pérdida del rendimiento en los cultivos. Cabe señalar que la interpretación de este resultado puede contradecir la hipótesis del trabajo, en cuyo caso los choques climáticos pueden llevar a mayor tiempo en actividades agrícolas en lugar de diversificarlas.

Tabla 3. Estimación de las actividades fuera del campo

Diversificación a actividades fuera del campo (Coeficientes)	
Anomalía climática de un año	Anomalía climática de diez años
Anomalías climáticas	

Choque de precipitación (+)	0.112 (0.335)	-
Choque de precipitación (-)	0.404** (0.195)	0.347** (0.172)
Choque de temperatura (+)	-	-0.403** (0.204)
Choque de temperatura (-)	-	-0.0800 (0.629)
Precipitación en año de encuesta	-0.275 (0.281)	-0.379 (0.285)
Temperatura en año de encuesta	-0.0460 (0.0443)	-0.0127 (0.0420)
VARIABLES DE CONTROL		
Valor de activos del hogar	-0.0219 (0.0783)	-0.0401 (0.0795)
ln(Superficie de parcela)	-0.135** (0.0682)	-0.131** (0.0661)
Calidad de parcela	-0.572*** (0.155)	-0.558*** (0.158)
Edad de jefe del hogar	-0.00989 (0.00651)	-0.00909 (0.00652)
Tamaño del hogar	0.105*** (0.0290)	0.107*** (0.0284)
Jefa del hogar	0.531** (0.246)	0.507** (0.240)
Educación formal de jefe	-0.00264 (0.228)	0.0197 (0.225)
Apoyo PROCAMPO	0.0904 (0.163)	0.0837 (0.163)
Tenencia segura de tierra	0.363* (0.189)	0.331* (0.188)
Constante	0.336 (0.968)	-0.278 (0.981)
Observaciones	1,552	1,552

Efectos fijos por región y por año
incluidos
en el modelo; no presentados en tabla.
Errores estándar en paréntesis,
agrupados a nivel hogar.
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$
Fuente: elaboración propia con datos de la ENHRUM y ERA-Interim.

7. Conclusiones

El análisis de las estrategias implementadas en respuesta a las anomalías climáticas resultó en la diversificación de actividades dentro y fuera del campo. Las cuatro variables de interés fueron afectadas por la variabilidad climática experimentada uno y diez años antes. Asimismo, en todos los casos las decisiones del corto plazo fueron consistentes con las del largo plazo, lo que demuestra la adaptación de los hogares de acuerdo con los patrones históricos de precipitación y temperatura. Finalmente, con base en el trabajo realizado puede afirmarse que existe evidencia de que los choques climáticos incentivan a los hogares rurales en México a preferir trabajos asalariados que actividades agrícolas.

Cabe mencionar que, si bien fueron encontrados resultados acordes con las hipótesis, también podría existir la evidencia contraria: los choques climáticos llevarían a mayor tiempo en el trabajo de parcela y menos en trabajos asalariados. Sin tomar en cuenta los efectos en el corto o en el largo plazo; por un lado, los choques de precipitación apoyan a la hipótesis propuesta debido a que disminuyen el número de cultivos, los días dedicados a estos y aumentan la probabilidad de diversificar las fuentes de ingreso. Por otro lado, las respuestas a las anomalías en temperatura tienen la interpretación contraria a la esperada. Sin embargo, conocer por qué en algunos casos los productores diversifican sus fuentes de ingresos y en otros casos no es tema de una investigación futura.

A pesar de que estos tipos de diversificación no garantizan que efectivamente se logrará contrarrestar los efectos de los distintos patrones climáticos, sí pueden brindar la oportunidad de aminorar riesgos a medida que los hogares se enfrentan a nuevos retos.

No obstante la evidencia encontrada, es necesario mencionar las limitaciones que pudieron afectar el desarrollo del análisis. Por un lado, a pesar de que la ENHRUM poseía información para 1,765 hogares, la muestra de este trabajo fue reducida sólo para los que poseían

parcelas. Es decir, las estrategias de diversificación antes mencionadas no pueden ser generalizadas para la totalidad de los hogares de la encuesta. Por otro lado, no todos los hogares poseían parcelas en ambas rondas de la encuesta. Ya sea porque las vendieron, las regalaron, etc., buscar si fue por causa de anomalías climáticas será el enfoque de otro trabajo. Asimismo, no son tomados en consideración los efectos que los choques climáticos pudieran ocasionar sobre la migración, una estrategia de diversificación importante, ni la influencia de ésta sobre los resultados de interés.

Sin embargo, dada la evidencia sobre el menor número de cultivos; la disminución de los días dedicados a la parcela; y el aumento en la probabilidad de trabajar fuera del campo, existe la posibilidad de que, en efecto, el menor registro de parcelas tenga correlación con los choques climáticos del pasado. La relevancia de este hecho radica en que quizás, en el corto plazo, los hogares no cuenten con las herramientas suficientes para diversificar su portafolio de ingresos y el dejar de lado el trabajo parcelario no brinde mejoras en su bienestar. Aún más, en el largo plazo, lo anterior podría afectar la producción agrícola rural a nivel nacional.

8. Referencias

- Bharwani, Sukaina, Bithell, Mike, Downing, Thomas, New, Mark, Washington, Richard y Ziervogel, Gina. “Multi-agent modelling of climate outlooks and food security on a community garden scheme in Limpopo, South Africa”. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360, núm. 1463 (2005): 2183-2194. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1742>.
- Burke, Marshall, Hsiang, Solomon y Miguel, Edward. “Global non-linear effect of temperature on economic production”. *Nature* 527, núm.7577 (2015): 235-239. <https://doi.org/10.1038/nature15725>.
- Call, Maia, Gray, Clark y Jagger, Pamela. “Smallholder responses to climate anomalies in rural Uganda”. *World development*, núm. 115 (2019): 132-144. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.11.009>.
- Eakin, Hallie. “Institutional change, climate risk, and rural vulnerability: Cases from Central

- México”. *World Development* 33, núm. 11 (2005): 1923-1938.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.06.005>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: IPCC, 2015.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.
- Mercer, Kristin, Perales, Hugo y Wainwright, Joel. “Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in México”. *Global Environmental Change* 22, núm. 2 (2012): 495-504.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003>.
- Nordkvelle, Jonas, Rustad, Siri y Salmivalli, Monika. “Identifying the effect of climate variability on communal conflict through randomization”. *Climatic change* 141, núm. 4 (2017): 627-639. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1914-3>.
- “Procampo”. Procampo/Agricultura. Gobierno de México. Fecha de acceso: 15 de julio de 2020.
<http://www.agricultura.gob.mx/que-hacemos/procampo>.
- “PROCEDE”. México/Procuraduría Agraria. Gobierno de México. Fecha de acceso: 15 de julio de 2020. <http://www.pa.gob.mx/publica/pa070113.htm>.
- Roncoli, Carla, Ingram, Keith y Kirshen, Paul. “The costs and risks of coping with drought: livelihood impacts and farmers responses in Burkina Faso”. *Climate research* 19, núm. 2 (2001): 119-132. <https://doi.org/10.3354/cr019119>.
- Schroth, Götz, Laderach, Peter, Dempewolf, Jan, Philpott, Stacy, Hagggar, Jeremy, Eakin, Hallie, Castillejos, Teresa, García, Jaime, Soto, Lorena, Hernández, Ricardo, Eitzinger, Anton y Ramírez-Villegas, Julián. “Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, México”. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14, núm. 7 (2009): 605-625.
<https://doi.org/10.1007/s11027-009-9186-5>.

Bases de datos

- “ENHRUM”. Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México/Sistema de Consulta. PRECESAM/Colegio de México. Fecha de acceso: 18 de febrero 2020.
<http://investigaciones.colmex.mx/enhrum/base.aspx>.

“ERA-Interim”. ERA-Interim Datasets. ECMWF. Fecha de acceso: 22 de marzo 2020.
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-interim>.