

Instituto Desarrollo

“La Inseguridad Alimentaria y el Cambio Climático en el Paraguay”

Lyliana Gayoso de Ervin

Noviembre, 2018

Lista de Acrónimos

CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DINAC	Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología
DGEEC	Dirección General de Estadísticas, Encuestas, y Censos
EIGyCV	Encuesta de Ingresos y Gastos y de Condiciones de Vida
EIH	Encuesta Integrada de Hogares
EPH	Encuesta Permanente de Hogares
IV	Metodología Variables Instrumentales
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PIB	Producto Interno Bruto
2SLS	Mínimos Cuadrados Ordinarios de Dos Etapas

Tabla de Contenidos

1	Introducción.....	6
2	Cambio Climático, Agricultura, y Seguridad Alimentaria: Conceptos y Literatura Relacionada.....	8
3	Datos.....	14
4	Análisis Empírico.....	16
5	Resultados.....	18
6	Simulaciones de Políticas y Proyecciones de Largo Plazo.....	21
6.1	Simulaciones de Políticas.....	21
6.2	Proyecciones de Largo Plazo.....	23
7	Opciones de Instrumentos de Políticas y Desafíos a Futuro.....	28
8	Conclusión.....	30
	Apéndice.....	32
	Referencias.....	36

Lista de Tablas

Tabla 1 – Precipitación Acumulada Mensual Promedio, 1980 - 2015 (mililitros)	15
Tabla 2 - Resultados Seleccionados	19
Tabla 3 – Impacto de Simulaciones de Políticas sobre la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria.....	22
Tabla A 1- Lista de Variables y Definiciones.....	32
Tabla A 2 - Estadísticas Descriptivas.....	34

Lista de Figuras

Figura 1 – Consecuencias del Impacto Climático en la Agricultura.....	9
Figura 2 – Marco de Análisis de la Inseguridad Alimentaria	11
Figura 3 - Resultados de Simulación: Productividad Agrícola (a), Consumo Calórico (b), Vulnerabilidad (c).....	25
Figura 4 - Mapas de Consumo Calórico	26
Figura 5 - Mapas de Vulnerabilidad.....	27

La Inseguridad Alimentaria y el Cambio Climático en el Paraguay

Lyliana Gayoso de Ervin

Resumen

Los cambios en los patrones climáticos como consecuencia del cambio climático podrían poner en riesgo la seguridad alimentaria, afectando así principalmente a familias vulnerables y pobres. En este capítulo se examina el impacto que podría tener el cambio climático en la seguridad alimentaria de hogares agrícolas en Paraguay. Para ello, el análisis se basa en el modelo empírico propuesto por Karfakis, Knowles y Smulders (2010). En el análisis se utilizan datos de los hogares, los cuales se combinan con datos de temperaturas y lluvias, los que luego son aplicados a modelos econométricos. Los resultados obtenidos indican que aumentos en las temperaturas promedio y la reducción en precipitaciones están asociadas con una reducción de la productividad agrícola. Además, la reducción de la productividad agrícola como consecuencia del cambio climático se traduce en una reducción de los ingresos de los hogares, una menor demanda de calorías y un aumento de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Las simulaciones de política indican que mayor educación, más infraestructura y la adopción de tecnología podrían mitigar los efectos del cambio climático en la inseguridad alimentaria en Paraguay. Las proyecciones a largo plazo a nivel departamental, permiten explorar los impactos geográficos del cambio climático en la inseguridad alimentaria. Los resultados de este ejercicio indican que la inseguridad alimentaria sería mayor en los departamentos de San Pedro, Caaguazú y Alto Paraná si las tendencias climáticas actuales permanecen. Los hallazgos presentados en este capítulo representan un llamado urgente para la construcción de una visión integrada y consensuada sobre el diseño e implementación de políticas públicas que busquen gestionar los riesgos futuros del cambio climático en la inseguridad alimentaria en Paraguay.

Palabras clave: vulnerabilidad, inseguridad alimentaria, cambio climático, manejo de riesgos, Latinoamérica

Estudio basado en la siguiente publicación “Ervin, P. & Gayoso de Ervin, L. 2018. *A Microeconomic Analysis of Household Vulnerability to Food Insecurity due to Climate Change in Paraguay*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 18-XX. Rome, FAO.”

1 Introducción

El cambio climático está causando importantes efectos económicos, sociales y ambientales, a nivel global (FAO, 2017). Este cambio, entendido como las variaciones en las temperaturas y las precipitaciones, tiene efectos directos en el uso de la tierra y el agua, los que a su vez afectan la productividad agrícola (Tol, 2009). Debido a la alta dependencia de países en vías de desarrollo en el sector agrícola, se espera que estos sean los más afectados, con una reducción en sus niveles de productividad agrícola, lo que a su vez supondrá una reducción del nivel de producción y disponibilidad de alimentos, y de sus precios, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de familias vulnerables y pobres (FAO, 2017; Tol, 2009). Sin embargo, no solo se espera que el cambio climático afecte la dinámica de la producción agrícola, sino también los fenómenos meteorológicos extremos, lo que supone en última instancia un riesgo para la biodiversidad (CEPAL, 2014).

Se prevé que los aumentos continuos de las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyan al calentamiento de la Tierra en 3 ° C este siglo (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2007). Esta situación acrecienta la preocupación sobre los efectos devastadores que el clima podría tener en la productividad agrícola, ya que se espera que los países tropicales, en su mayoría en vías de desarrollo, sean los más perjudicados. Estos países, son los que se caracterizan por tener serias limitaciones económicas, tecnológicas e institucionales, y por ello, son los menos preparados para hacer frente al cambio climático. En este escenario, la implementación de estrategias de manejo de riesgos a nivel de hogar en estos países será crucial para hacer frente a los efectos del cambio climático.

Para poder adoptar estrategias e intervenciones eficientes, es importante conocer los efectos que el cambio climático podría tener en la seguridad alimentaria en los diferentes países. En este sentido, existe una creciente literatura que trata de entender este fenómeno. Existen varios estudios para países de América Latina, donde se examina el impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en Nicaragua y Perú (Karfakis, Knowles, Smulders, & Capaldo, 2011; Anríquez & Toledo, 2016). En esta línea, Capaldo et al. (2010) proponen un marco metodológico para evaluar el impacto del cambio climático en la productividad

agrícola y la seguridad alimentaria en Nicaragua, el cual permite capturar la dinámica de la seguridad alimentaria, proveyendo de esta forma de un modelo adecuado que respalde la formulación de políticas. Subsecuentes estudios utilizan este marco para examinar el mismo fenómeno en otros países de Latinoamérica (Karfakis, Knowles, Smulders, & Capaldo, 2011; Anríquez & Toledo, 2016). Sin embargo, el impacto potencial del cambio climático en diferentes regiones y países no es claro (Wheeler & von Braun, 2013). Esto lleva a una necesidad urgente de comprender el impacto potencial del cambio climático en el contexto de los diferentes países.

En este capítulo, se examina el impacto que el cambio climático podría tener en la seguridad alimentaria de los hogares agrícolas en Paraguay, de manera a proveer de información a los formuladores de políticas, para que los mismos puedan evaluar las diferentes opciones de políticas que puedan adoptarse para la prevención y mitigación de los efectos esperados en el Paraguay. Para ello, se basa el análisis en el marco metodológico propuesto por Capaldo et al. (2010), ya que el mismo puede ser adaptado a los datos de encuestas de hogares de Paraguay para comprender cómo el consumo de calorías en los hogares y la seguridad alimentaria pueden responder al cambio climático, y así también, la ubicación geográfica donde se espera que los impactos sean más severos. Utilizando datos de las Encuestas Permanentes de Hogares (EPH) y datos climáticos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (DINAC), primero se calculan los efectos de las variaciones en las precipitaciones y las temperaturas en la productividad agrícola, utilizando estas variables como instrumentos, para luego estimar el impacto del cambio climático en el consumo calórico y la seguridad alimentaria a través de su efecto sobre la productividad agrícola.

Los resultados obtenidos sugieren que el cambio climático afectará significativamente la seguridad alimentaria en el Paraguay, al provocar una reducción de la productividad agrícola, lo que implicará un aumento de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en el país. Por otra parte, el análisis a nivel geográfico indica que el riesgo de inseguridad alimentaria aumentará más rápidamente en las áreas en las que se espera que las temperaturas aumenten más rápidamente. En particular, se espera que los departamentos de San Pedro, Caaguazú y Alto Paraná sean los más afectados. Esta información es de gran relevancia ya que la misma podría ayudar a los formuladores de políticas a priorizar y

adecuar las intervenciones de adaptación y mitigación a las necesidades de las diferentes ubicaciones geográficas del país.

El resto del capítulo procede de la siguiente manera. La sección 2 proporciona una visión general del concepto del cambio climático y seguridad alimentaria y su relación con la agricultura, proporcionando una breve revisión de la literatura. La sección 3 describe los datos utilizados en este estudio y la sección 4 presenta el marco empírico. La sección 5 presenta los resultados de la estimación del cambio climático en la producción agrícola de los hogares y el consumo de calorías. La sección 6 explora varias simulaciones de políticas y sus efectos en la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, y las proyecciones de largo plazo simulan el efecto potencial que el cambio climático tendrá en la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en el futuro a nivel departamental. La sección 7 discute diferentes instrumentos de políticas que se podrían adoptar y los desafíos a futuro, mientras que la sección 8 concluye el estudio.

2 Cambio Climático, Agricultura, y Seguridad Alimentaria: Conceptos y Literatura Relacionada

El cambio climático ha sido definido como los cambios en los patrones meteorológicos en el tiempo, como resultado indirecto o directo de las actividades humanas, éstas últimas principalmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2007; IPCC, 2002). Las emisiones de estos gases son consideradas fundamentales tanto para el sistema energético mundial como para la producción de alimentos, ya que estas emisiones son producidas por los combustibles energéticos de mayor uso actualmente, así como a través de actividades agro-productivas, principalmente de mediana y gran escala (Tol, 2009; FAO, 2017). Tol (2009) indica que, debido a que todos somos emisores de estos gases en alguna extensión, y considerando los efectos generalizados del cambio climático, éste se convierte en la madre de todas las externalidades. Así, los emisores de gases afectan al clima, y el clima afecta a la agricultura, la energía, la salud, entre otros, afectando en última instancia a los primeros. El siguiente

gráfico, proporcionado en FAO (2017), resume los efectos del cambio climático en la agricultura:

Figura 1 – Consecuencias del Impacto Climático en la Agricultura



Fuente: FAO (2017)

En la Figura 1 se observa que se espera que el cambio climático conlleve a cambios en los patrones de lluvias, en un incremento en las temperaturas promedio, en cambios en los niveles de concentración de CO², principal gas de efecto invernadero, y mayor variabilidad en el clima y mayor frecuencia de eventos extremos. Todo esto conllevaría a un gran impacto en la agricultura, a través de cambios en la productividad de la tierra y de los cultivos, así como el cambio en los tipos de plagas y enfermedades y en su distribución e intensidad. Como consecuencia de todo esto se daría un cambio en la composición de los cultivos producidos, uso de la tierra, cambios en la producción, en los ingresos agrícolas y en el empleo rural, y finalmente en un incremento en los precios de los alimentos.

El cambio climático, al afectar a la agricultura y por ende a la productividad agrícola, los ingresos agrícolas, y los precios de los alimentos, podría poner en riesgo la producción y disponibilidad de alimentos, lo que se traduciría en efectos a la seguridad alimentaria. Lo más preocupante es que se espera que las regiones más afectadas por este fenómeno sean las tropicales y subtropicales, en las que en su mayoría se encuentran países con altos números de hogares y personas en estado de pobreza y con serias limitaciones económicas, tecnológicas e institucionales (Kurukulasuriya & Rosenthal, 2003).

Sin embargo, para entender mejor la seguridad alimentaria, es necesario comprender su conceptualización. De acuerdo a la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial suscrita en 1996, “la seguridad alimentaria existe cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y saludable” (FAO, 1996). Así, el concepto de seguridad alimentaria, de acuerdo a Løvendal & Knowles (2005) incorpora *estabilidad*, ya que los alimentos deben estar disponibles en todo momento, *el acceso a los alimentos*, que requiere de presencia física de alimentos desde el hogar hasta el nivel nacional; y la *disponibilidad de alimentos*, que se refiere a la capacidad de obtener una dieta adecuada y nutritiva. Es así que el concepto de seguridad alimentaria ha sido observado en la literatura como un fenómeno complejo, el cual está influenciado por factores como la pobreza, la infraestructura, la disponibilidad de recursos naturales, y el cambio climático, entre otros (Kotir, 2011).

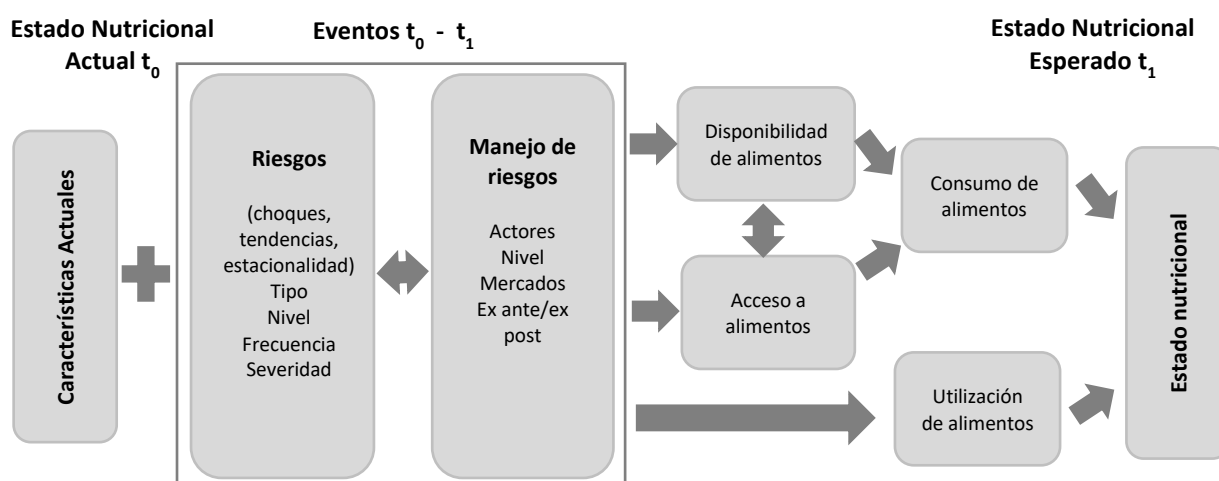
Debido a la importancia de la seguridad alimentaria, entender los efectos que el cambio climático podría tener en la misma es también fundamental, sin embargo, existen todavía muy pocos estudios sobre ello, aunque la literatura en este ámbito está creciendo. Anteriormente, los estudios en el área de seguridad alimentaria se enfocaban en desarrollar metodologías que ayuden a prevenir y gestionar los posibles efectos de crisis alimentarias, surgiendo así la metodología de sistemas de alertas temprana, EWS, por sus siglas en inglés (Alinovi, Mane, & Romano, 2009). Este sistema se basa en el monitoreo continuo de varios indicadores que permiten evaluar la situación de la seguridad alimentaria (FAO, 2018).

Más recientemente, la literatura en seguridad alimentaria ha adoptado el concepto de resiliencia, el cual, acorde a Alinovi et al. (2009), se define como “una medida de la capacidad de un sistema para soportar tensiones y choques, es decir, su capacidad de persistir en un mundo incierto.” De esta forma, ha surgido el marco de resiliencia en la literatura sobre seguridad alimentaria, con el que se busca evaluar cuán fuerte es un sistema alimentario, para de esta forma medir también la capacidad que tiene el sistema para hacer frente o persistir ante choques o crisis, y para comprender cómo mantener y mejorar su capacidad de adaptación. (Alinovi, Mane, & Romano, 2009; FAO, 2004; Folke, et al., 2002).

Además, varios estudios han argumentado que la inseguridad alimentaria debe ser examinada de forma dinámica, ya que es un estado en el que hogares pueden entrar y salir, por lo que, las políticas de seguridad alimentaria deben basarse tanto en el acceso a alimentos actual de los hogares, así como en el acceso esperado a futuro (Capaldo, Karfakis, Knowles, & Smulders, 2010; Løvendal & Knowles, 2005). En esta línea, Christiaensen y Boisvert (2000), desarrollan una medida de vulnerabilidad alimentaria de los hogares, midiendo la vulnerabilidad alimentaria en términos de la probabilidad que tienen los hogares de encontrarse en estado de desnutrición en el futuro. Los autores utilizan datos de panel de hogares del norte Mali, para medir la vulnerabilidad alimentaria de los mismos. Entre los principales hallazgos se encuentran que los hogares con mujeres como jefa de hogar tienden a ser menos vulnerables ante crisis de sequía y que la ayuda alimentaria oficial y las donaciones familiares de alimentos son mecanismos de seguro importantes.

Más adelante, Løvendal & Knowles (2005) proponen un marco teórico para el análisis de la inseguridad alimentaria, considerando a la misma como un fenómeno dinámico. Los mencionados autores expanden el marco analítico tradicional de seguridad alimentaria, a través de la incorporación de los riesgos y los mecanismos de manejos de riesgos. La Figura 2 a continuación, resume el marco propuesto por estos autores:

Figura 2 – Marco de Análisis de la Inseguridad Alimentaria



Fuente: Løvendal & Knowles (2005)

Es así, que las variaciones del clima, representan un riesgo para el estado nutricional actual de los hogares, con consecuencias en el estado nutricional en el futuro, lo que depende de los

mecanismos de manejo de riesgos existentes, ya que éstos tienen efectos directos en la disponibilidad y acceso a alimentos, y en la utilización de los mismos. Este marco permite entender la inseguridad alimentaria como fenómeno dinámico, analizando los diferentes eventos que pueden darse y cómo los mismos pueden afectar la disponibilidad, el acceso, y la utilización de los alimentos, y por ello al estado nutricional de los hogares en el futuro.

En un estudio más reciente, Capaldo et al. (2010) proponen un modelo de análisis empírico de vulnerabilidad alimentaria que permite clasificar a los hogares en cuatro categorías, en base a las estimaciones del consumo calórico del futuro: hogares en "inseguridad alimentaria crónica", "inseguridad alimentaria transitoria", "seguridad alimentaria permanente", y "seguridad alimentaria transitoria". Este modelo es validado utilizando datos de encuestas de hogares de Nicaragua. De acuerdo a los autores, la examinación de la seguridad alimentaria como un fenómeno dinámico, permite que la mejor categorización de los hogares mejore a su vez la focalización de las políticas públicas. Karfakis et al. (2011), en base al modelo propuesto por Capaldo et al. (2010), examinan los posibles efectos del calentamiento global en la seguridad alimentaria de los hogares y discute además que se puede hacer para reducir la vulnerabilidad de los hogares a la inseguridad alimentaria en el futuro. Para examinar este fenómeno empíricamente, los autores utilizan datos de encuestas de hogares de Nicaragua combinados con datos de cambios en temperaturas, los cuales se aplican a modelos econométricos. Los principales resultados de este estudio indican que se espera que el cambio climático tenga un impacto significativo en el aumento de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Nicaragua.

Kotir (2011), evalúa el impacto del cambio climático en la agricultura y la seguridad alimentaria en África subsahariana. En particular, el estudio realiza una revisión de la evidencia sobre el alcance y la naturaleza del desafío del cambio climático, y evalúa cómo las tendencias cambiantes afectan la producción agrícola y la seguridad alimentaria en África subsahariana. El autor encuentra que el clima en esta región ya está denotando cambios significativos, por lo que se espera que la variabilidad en el clima como consecuencia del cambio climático conlleve a un alto riesgo de hambruna, es decir que, pondrían en riesgo la seguridad alimentaria de la región. DiFalco, Veronesi, & Yesuf (2011) examinan los factores que impulsan las decisiones de los hogares de adoptar estrategias de adaptación al cambio

climático, así como el impacto de la adopción de estas estrategias en la seguridad alimentaria de los hogares en Etiopía. Los autores utilizan datos de hogares que implementaron o no estrategias de adaptación, los que fueron recolectados específicamente para el estudio, y los cuales fueron combinados con datos de temperaturas y precipitaciones para luego ser aplicados en modelos econométricos. Los resultados del estudio indican que el acceso al crédito, la extensión y la información son los principales factores que impulsan las decisiones de adopción de estrategias de adaptación por parte de los hogares. Así también, los autores encuentran que la adaptación aumenta la productividad de los alimentos.

Skoufias y Vinha (2013), por su parte, estudian los efectos de shocks del clima en el consumo per cápita de los hogares en áreas rurales de México. Estos autores utilizan datos de encuestas de hogares y de temperaturas y precipitaciones que luego aplican a un modelo econométrico de primeras diferencias, en base a una ecuación de consumo suavizado. Entre los principales resultados del estudio se encuentran que la habilidad de los hogares para proteger su consumo ante choques del clima depende del clima característico de la región y de la temporada en que el choque ocurre. Más recientemente, Anríquez y Toledo (2016) analizan el impacto del cambio climático en los rendimientos agrícolas, y en la inseguridad alimentaria en Perú. En base a los estudios de Christiaensen y Boisvert (2000) y Karfakis et al. (2011), los autores utilizan datos de encuestas de hogares y de temperaturas y lluvias aplicados a modelos econométricos. Entre los principales resultados del estudio se encuentran que, si bien, el cambio climático tiene un efecto negativo importante en los rendimientos agrícolas, estos solo se traducirían en efectos pequeños en la seguridad alimentaria de los hogares.

En lo que respecta a Paraguay, si bien no existen estudios que evalúen los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), lanzó en el 2014 un reporte sobre la economía del cambio climático en Paraguay. En este estudio, se evalúan escenarios posibles del efecto económico del cambio climático en el Paraguay en sectores seleccionados como el de la salud, el agropecuario, el de recursos hídricos, el sector de fenómenos meteorológicos extremos y el sector de diversidad biológica. Si bien este estudio tiene un enfoque de análisis macro, el mismo es una importante contribución para entender mejor los efectos potenciales del cambio climático en el

Paraguay. El presente estudio, busca de la misma forma, contribuir a la literatura sobre cambio climático y seguridad alimentaria, al realizar un análisis microeconómico sobre el impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en el Paraguay. Así también, se espera informar a los formuladores de políticas sobre las posibles políticas que se podrían adoptar en Paraguay para que los hogares puedan adoptar estrategias de adaptación y mitigación ante los posibles cambios en los patrones climáticos, para buscar reducir la vulnerabilidad a la seguridad alimentaria.

3 Datos

Para evaluar el impacto del cambio climático en la inseguridad alimentaria en Paraguay, en este capítulo, se utilizan datos sobre el consumo calórico y los requisitos calóricos a nivel de los hogares, además de otras características socio-demográficas de los hogares, las cuales se combinan con datos climáticos a nivel departamental.

En particular, los datos de consumo calórico, requerimiento calórico y características socio-demográficas de hogares agrícolas utilizados en este capítulo provienen de las siguientes dos encuestas: la Encuesta Integrada de Hogares 1997/98 (EIH) y 2), y la Encuesta de Ingresos y Gastos y de Condiciones de Vida 2011/2012 (EIGyCV), obtenidos de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas, y Censos (DGEEC). Es importante destacar, que, si bien existe una cantidad de fuentes de datos disponibles en Paraguay, solo dos encuestas de hogares contienen la información necesaria para calcular el consumo calórico y los requisitos calóricos, en adición a la productividad agrícola y el ingreso agrícola.

Además, y con el objetivo de capturar mejor los efectos del clima sobre la productividad agrícola, se complementan los datos de las encuestas de hogares mencionadas anteriormente, con datos extraídos de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) para los años 2003, 2006 y 2009. Debido a que estas encuestas no contienen datos de consumo y requerimiento calóricos, solo se consideran los datos socio-demográficos de hogares agrícolas. Por lo tanto, la productividad agrícola de los hogares se estima utilizando datos de cinco rondas de encuestas de hogares. Cada una de estas encuestas es representativa a nivel nacional y representativa a nivel subnacional de áreas (rurales / urbanas) o departamentos

(Asunción, San Pedro, Caaguazú, Itapúa, Alto Paraná, Central y "Resto", una agrupación de los 12 departamentos restantes, a excepción de Alto Paraguay y Boquerón en el Norte).

Así, el conjunto de datos final contiene datos de encuestas de hogares de los años 1997, 2003, 2006, 2009 y 2012. La muestra está restringida a hogares agrícolas. La lista de las variables incorporadas en los modelos y sus definiciones se muestran en la Tabla A1 del Apéndice. Además, se presenta un set completo de estadísticas descriptivas en la Tabla A2 (Apéndice).

Por su parte, los datos meteorológicos se obtuvieron de la Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología (DINAC). Los datos climáticos utilizados fueron reducidos a escala por departamentos para los propósitos de este estudio. En particular, nos enfocamos en datos sobre precipitación y temperaturas máximas y mínimas. Más específicamente, se utilizan datos de precipitación acumulada estacional y de temperaturas máximas y mínimas promedio por estación.¹ Las estaciones fueron identificadas en base a los patrones históricos de precipitaciones acumuladas observados. Estas estaciones se denominan temporada húmeda y temporada seca, y se definen como se describe en la Tabla 1 a continuación. La temporada húmeda cubre los meses entre junio y enero. Mientras, la temporada seca se extiende de febrero a mayo.

Tabla 1 – Precipitación Acumulada Mensual Promedio, 1980 - 2015 (mililitros)

<i>Año_t</i>						<i>Año_{t+1}</i>					
Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
2291,3	2652,2	2727,2	2621,2	2927,7	2742,1	2450,5	2480,4	1966,4	1798,0	1829,6	1926,9
Temporada húmeda							Temporada seca				

Fuente: Cálculos del autor basados en datos reducidos sobre datos acumulados de lluvia de 10 días proporcionados por DINAC

De esta forma, los datos de temperaturas máximas y mínimas y de precipitaciones son incorporadas en el análisis empírico en base a la definición de las estaciones húmeda y seca presentadas.

¹ Las temperaturas medias también estuvieron disponibles, sin embargo, después de realizar varios diagnósticos y teniendo en cuenta las características del clima en Paraguay, se utilizaron solo los datos de temperaturas máximas y mínimas en el análisis empírico para reducir las colinealidades.

4 Análisis Empírico

Para modelar el impacto del cambio climático en la inseguridad alimentaria en Paraguay, el análisis realizado se basa en los estudios de Capaldo et al. (2010) y Karfakis et al. (2011). En estos estudios, los autores proponen el término de vulnerabilidad como la probabilidad de que un hogar experimente inseguridad alimentaria en el futuro. Con este fin, se estima el efecto del cambio climático sobre el consumo calórico a través de su efecto en la productividad agrícola de los hogares. Los parámetros estimados se utilizan luego para explorar la vulnerabilidad de los hogares a la inseguridad alimentaria.

La estimación empírica de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria enfrenta varios desafíos, principalmente, los problemas de endogeneidad y heterocedasticidad. El problema de la endogeneidad surge debido a que la productividad agrícola está correlacionada con el consumo de alimentos (Karfakis et al., 2010). Con el objetivo de abordar este problema, se recurre a la metodología de Variables instrumentales (IV). Esta metodología, en el marco del presente estudio, requiere un conjunto de instrumentos que deberían correlacionarse con la productividad agrícola pero no con el consumo calórico. Considerando que el clima es exógeno para el agricultor y afecta principalmente al consumo calórico a través de la productividad agrícola y el ingreso, se utilizan las variables climáticas como instrumentos en el modelo econométrico.

Para estimar la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria debido al cambio climático, se implementa la metodología de mínimos cuadrados de 2 etapas (2SLS). Tal como su nombre lo indica, esta metodología implica la estimación de modelos en dos etapas. En una primera etapa, se estima la regresión de la productividad agrícola, en un conjunto de instrumentos climáticos, además de otras variables, y características socio-demográficas del hogar, entre otros. La ecuación estimada está representada por la ecuación (1) a continuación:

$$A_j = \alpha + \beta_1 X_j + \gamma W_j + d_k + t_k + \varepsilon_j \dots\dots\dots(1)$$

donde A_j representa la productividad agrícola, X_j es una matriz de características socio-demográficas de los hogares, W_j es una matriz de variables climáticas que afectan a la

productividad agrícola, d_k y t_k son efectos fijos de tiempo y departamentos, y ε_j representa el error idiosincrático de la regresión.

En una segunda etapa, se procede a estimar el modelo de consumo calórico per cápita, representada por la ecuación (2) más abajo, y su varianza, representada por la ecuación (3), usando el valor estimado de la productividad agrícola \hat{A}_j , obtenido en la primera etapa junto con otras variables. En esta segunda etapa se omiten los instrumentos climáticos. Luego, para abordar el problema de la heterocedasticidad, se vuelven a estimar las ecuaciones (1) y (2) ponderando las observaciones de acuerdo con la varianza estimada.

$$K_j = \theta + \beta_2 X_j + \psi \hat{A}_j + d_k + t_k + e_j \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma_{e,j}^2 = \lambda + \beta_3 X_j + d_e + t_e + u_j \dots\dots\dots(3)$$

donde K_j es el consumo calórico per cápita observado de los hogares, e_j , y u_j son los errores idiosincráticos de las ecuaciones (2) y (3), y $\alpha, \theta, \lambda, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma, \psi$ son los parámetros a ser estimados.

La vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria se define entonces como la probabilidad de que el hogar j experimente un déficit de consumo calórico o déficit calórico condicionado a varias características del hogar tales que,

$$V_j = p\left[\left(\ln \bar{K}_j - \ln K_j^R\right) > 0\right] \dots\dots\dots(4)$$

donde \bar{K}_j es el consumo calórico estimado per cápita para el hogar j , y K_j^R es el requerimiento calórico per cápita para el hogar j . Siguiendo el supuesto de que el logaritmo del consumo de alimentos se distribuye normalmente, la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria es proporcionada por:

$$V_j = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j^2}} \exp\left\{-\frac{\ln \bar{K}_j - \ln K_j^R}{2\sigma_j^2}\right\} \dots\dots\dots(5)$$

5 Resultados

Los resultados del análisis empírico se presentan en la Tabla 2, la cual contiene tres conjuntos de resultados. Primero, se presentan las estimaciones obtenidas de la regresión de la productividad agrícola (ecuación 1), medida por el valor de la producción agrícola por hectárea (ha). Esta estimación representa la primera etapa en el marco de la metodología 2SLS. En esta etapa, se incorporan todas las variables de clima e insumos agrícolas como instrumentos. Luego, se presentan los resultados de la regresión del consumo calórico (ecuación 2) y finalmente los resultados de la regresión de la varianza (ecuación 3).

Los resultados obtenidos evidencian que aumentos en las temperaturas se asocian negativamente con la productividad agrícola. Específicamente, se encuentra que el aumento del 1% en la temperatura máxima disminuye la productividad agrícola de los hogares en aproximadamente 5% en promedio (5,6% en temporadas húmedas y 4,9% en temporadas secas). En este sentido, la literatura ha observado que las altas temperaturas reducen la productividad, el desarrollo y la reproducción de cultivos cuando las temperaturas exceden el rango de temperatura óptimo del cultivo, que varía de un cultivo a otro (Hatfield & Prueger, 2015). Por su parte, aumentos del 1% en la temperatura mínima en temporada húmeda está asociada a una reducción de la productividad agrícola, sin embargo, este efecto no es estadísticamente significativo a niveles convencionales. Mientras que, en la temporada seca, el aumento de 1% en temperaturas mínimas se encuentra asociado a un aumento en el rendimiento agrícola de cerca del 1%.

En cuanto a la precipitación acumulada, los resultados de las estimaciones realizadas indican que aumentos en la precipitación acumulada en la estación seca se asocian positivamente con la productividad, y este resultado es estadísticamente significativo a niveles convencionales. Sin embargo, en la estación húmeda, los aumentos en las precipitaciones acumuladas se asocian negativamente con la producción agrícola. Aunque este último efecto no es estadísticamente significativo a niveles de significancia convencionales. Los resultados de la regresión sugieren que una disminución del 1% en la precipitación acumulada en la temporada seca se asocia con una reducción del 0,58% en la productividad agrícola.

Tabla 2 - Resultados Seleccionados

	Log Productividad Agrícola.		Log Calorías per cápita		Var. del log calorías pc	
	Coef.	t -estad.	Coef.	t - estad.	Coef.	t - estad.
Ln producción agrícola/ha			0.186***	(4.77)		
Ln tamaño de hogar	0.138***	(2.63)	-0.358***	(-12.01)	-0.1050	(-0.55)
Miembros menores de 5 años (%)	0.0002	(0.13)	-0.00261***	(-3.51)	0.0009	(0.15)
Miembros de entre 6 y 15 años (%)	-0.0003	(-0.26)	-0.0006	(-1.09)	-0.0005	(-0.09)
Miembros mayores a 65 años (%)	-0.0013	(-1.08)	-0.0004	(-0.66)	0.0016	(0.38)
Miembros femeninos (%)	-0.0005	(-0.53)	-0.00118**	(-2.31)	-0.0027	(-0.88)
Ln promedio de años de estudio de mujeres	0.0355	(1.04)	0.0648***	(3.11)	-0.0299	(-0.27)
Ln promedio de años de estudio de hombres	0.0726**	(2.28)	-0.0289	(-1.38)	0.0903	(0.67)
Ln edad del jefe de hogar	0.152**	(2.15)	-0.0473	(-1.13)	0.0720	(0.28)
Jefe de hogar Mujer	-0.0351	(-0.64)	0.0520*	(1.92)	0.0823	(0.60)
Jefe de hogar trabaja en agricultura	0.143**	(2.54)	-0.171***	(-5.91)	-0.0642	(-0.45)
Ln dormitorios por persona	0.0357	(0.85)	0.0586**	(2.37)	0.1100	(0.54)
H c/ acceso a agua dentro de la casa	0.188***	(2.94)	-0.0205	(-0.54)	-0.3930	(-1.55)
H c/ acceso a agua en la propiedad	0.124***	(2.62)	0.0061	(0.21)	-0.2290	(-1.29)
H tiene medio de transporte	0.101**	(2.33)	0.02640	(1.14)	0.1760	(1.30)
Ln unidad tropical de ganado	0.0166*	(1.81)	0.00326	(0.56)	-0.0325	(-1.23)
Ln tierra sembrada (ha.)	-0.215***	(-14.71)	0.0665***	(6.69)	0.0014	(0.04)
Ln gastos de insumo	0.100***	(8.35)				
Ln gastos en ganado	0.0252***	(2.73)				
Proporción del ingreso proveniente de agricultura	0.636***	(5.03)				
Hogar posee pulverizador	0.171***	(4.63)				
Hogar posee sembradora	0.0840**	(2.13)				
Ln precipitación acumulada temporada HUMEDA	-0.286	(-1.02)				
Ln precipitación acumulada temporada SECA	0.580***	(2.91)				
Ln temperatura máxima temporada HUMEDA	-5.606**	(-2.14)				
Ln temperatura máxima temporada SECA	-4.854**	(-2.11)				
Ln temperatura mínima temporada HUMEDA	-0.322	(-0.34)				
Ln temperatura mínima temporada SECA	0.935***	(3.10)				
<i>R</i> ²	0.16		0.275		0.0286	
No. de observaciones	10554		3332		3332	
F test	17.28		24.38		1.706	

Notas: * p <0,10, ** p <0,05, *** p <0,01. Las covariables en todas las regresiones incluyen un conjunto completo de variables indicativas para departamentos, variables indicativas que captan si los hogares están compuestos solo por hombres o solo mujeres, y variables indicativas de la situación laboral del jefe del hogar y de los bienes del hogar.

Con respecto a los insumos, tanto los gastos en insumos agrícolas como en insumos para ganado están relacionados positivamente con la producción agrícola, y estos resultados son

estadísticamente significativos a niveles de significancia convencionales. Específicamente, un aumento del 1% en los gastos de los insumos agrícolas aumenta la productividad en un 0,1%, mientras que el aumento del 1% en el gasto de insumos para ganado aumenta la productividad en un 0,03%. Así también, se observa que los hogares que poseen pulverizador y sembradoras tienen en promedio niveles más altos de productividad. Estos resultados implican que los hogares agrícolas podrían compensar en parte los efectos negativos del cambio climático en la productividad agrícola mediante el aumento de los gastos de insumos y la adopción de tecnología.

Con respecto a la regresión del consumo calórico, los resultados obtenidos sugieren que el aumento del 1% en la productividad agrícola se asocia con un aumento del 0,19% en el consumo calórico, y este efecto es estadísticamente significativo al nivel de significancia del 1%. Este hallazgo vincula al clima con otras variables que están estadísticamente relacionadas con la productividad agrícola, como la tecnología y los insumos, con el consumo calórico a través de su efecto sobre la productividad agrícola. Los resultados reportados parecen indicar que los hogares más productivos utilizan los ingresos obtenidos en la producción agrícola para comprar y consumir más calorías.

Por su parte, las variables que fueron incluidas para capturar la infraestructura de la comunidad, como el agua corriente y el acceso al transporte, los resultados indican que las mismas guardan una relación positiva con la productividad agrícola. Así, tener acceso a agua dentro de la casa o en la propiedad aumenta la productividad del hogar en más del 12% en comparación con los hogares sin acceso a agua en la propiedad. Tener acceso al transporte (automóvil, camión o motocicleta) está asociado con un aumento del 10% en la productividad agrícola en comparación con no tener algún medio de transporte.

En cuanto a las características socioeconómicas del hogar, los resultados de las estimaciones indican que las mismas tienen diferentes efectos sobre la productividad agrícola y el consumo calórico. Así, los hogares con un mayor número de miembros del hogar son más productivos en la agricultura, pero consumen menos calorías per cápita. Los hogares con más niños menores de 5 años consumen en promedio menos calorías y este efecto es estadísticamente significativo, lo que sugiere que los niños en hogares agrícolas pueden ser

particularmente vulnerables a la inseguridad alimentaria. La educación juega un papel diferencial en la productividad agrícola del hogar y el consumo de calorías. Los resultados sugieren que aumentar el promedio de años de escolaridad de los miembros varones del hogar aumenta la productividad agrícola. Mientras que aumentar los años promedio de escolaridad de las mujeres se asocia con un mayor consumo de calorías. Finalmente, se observa que, si ocupación del jefe de hogar se da en el área de agricultura, esta se relaciona con un aumento en la productividad agrícola, pero con una reducción en las calorías consumidas. Ninguna de estas variables se relacionó de forma estadísticamente significativa con la varianza estimada del consumo calórico.

6 Simulaciones de Políticas y Proyecciones de Largo Plazo

En esta sección se presentan los resultados de la simulación de varias políticas y de proyecciones de largo plazo. Las simulaciones de políticas se realizan a partir de los resultados presentados y discutidos anteriormente, mientras que las proyecciones de largo plazo se obtienen a partir de la simulación de un escenario hipotético de cambio climático.

6.1 Simulaciones de Políticas

La Tabla 3 presenta los resultados de cinco políticas en particular. El ejercicio implica estimar los efectos de implementar cada una de estas políticas sobre la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en el Paraguay. Todas las simulaciones de políticas se basan en mejoras sobre los niveles de referencia observados en el año 2012.

En base a los resultados proporcionados en la Tabla 2, se había observado que la tecnología tiene un impacto positivo importante en la productividad agrícola lo que en última instancia podría conllevar a una reducción de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Para verificar esto, se procedió a simular una política de aumento de la proporción de hogares con pulverizadores y otra con sembradoras. Los resultados obtenidos denotan que estas políticas aumentan la productividad agrícola y reducen la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en 2,9% y 1,8%, respectivamente.

Tabla 3 – Impacto de Simulaciones de Políticas sobre la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria

Política	Mejora sobre línea de base (2012) características del hogar ^b	Reducción sobre línea de base (2012) en la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria ^c
Todos los hogares tienen al menos un pulverizador	(1-0,263) =0,73	(0,226-0,197) =0,029
Todos los hogares tienen al menos una sembradora	(1-0,236) =0,764	(0,226-0,208) =0,018
Todos los hogares tienen acceso a transporte	(1-0,638) =0,362	(0,226-0,208) =0,018
Todos los hogares tienen acceso a agua, al menos en la propiedad	(0,503-0,414) =0,089	(0,226-0,214) =0,012
Todos los adultos completaron al menos 6 años de educación	[Mujer]: (7,26-6,06) =1,2 años [Hombre]: (7,36-6,43) =0,93 años	(0,226-0,199) =0,027
Total		0,103

Notas: ^a La simulación de políticas agrega acceso a agua en la propiedad a hogares con acceso a agua fuera de la propiedad. Hogares con acceso a agua dentro del hogar no son cambiados. ^b(Promedio política – promedio 2012) =Mejora, ^c(Promedio 2012 – Promedio Política) =Reducción.

Por otra parte, la política de aumento de la proporción de hogares con acceso a transporte conllevaría a una reducción del 1,8% de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Los resultados de la simulación de política de aumento del acceso al agua en la propiedad también indican una mejora en la productividad agrícola y una reducción en la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en 1,2%.

Finalmente, los resultados de la simulación de la política educativa que consiste en que todos los adultos completen al menos 6 años de escolaridad, indican que el promedio de años de escolaridad aumentaría en alrededor de un año de escolaridad (1,2 años para las mujeres y 0,93 años para los hombres). A su vez, se esperaría que los aumentos en los años promedio de educación reduzcan la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en 2,7%. Finalmente, la implementación de todas estas políticas podría conllevar a una reducción del 10,3% en la vulnerabilidad a la seguridad alimentaria.

En resumen, los resultados obtenidos a partir de diferentes simulaciones de política sugieren que mayor adopción de tecnología agrícola, mejor infraestructura (agua y transporte) y

mayor educación, conllevarían a una reducción de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Esta información es de gran relevancia para los formuladores de políticas, ya que la temprana adopción de estrategias en estas áreas podría ayudar a mitigar los efectos del cambio climático en la inseguridad alimentaria en el futuro en Paraguay.

6.2 Proyecciones de Largo Plazo

En esta sección se presentan además los resultados obtenidos a partir de la proyección de un escenario hipotético de cambio climático, en el que se asume que todas las variables climáticas siguen una tendencia lineal estimada para cada estación y departamento utilizando datos climáticos durante el período de 1980 a 2015. Específicamente, se simulan cambios en las variables climáticas de acuerdo con este escenario de cambio climático, manteniendo todas las variables restantes en el modelo en sus valores promedios de 2012 y se aplican parámetros estimados a partir de las regresiones presentadas en la sección anterior. La Tabla 3 a continuación resume el escenario de cambio climático utilizado en las proyecciones de largo plazo.

Tabla 3 - Escenario de Cambio Climático

Variable	Cambio promedio al año 2100	Rango	Región con Mínimo Impacto	Región con Máximo Impacto
Precipitación (temporada húmeda)	70	[40 a 80]	Noroeste (ej. Boquerón)	Centro Este (ej. Canindeyú)
Precipitación (temporada seca)	-65	[-83 a -46]	Centro Este	Sur oeste (ej. Ñeembucú)
Temperatura máxima (temporada húmeda)	1,5	[0,55 a 2,5]	Sur oeste	Centro Este
Temperatura máxima (temporada seca)	6,9	[4 a 15]	Sureste (ej. Itapúa)	Noreste (ej. Alto Paraguay)
Temperatura mínima (temporada húmeda)	8	[4 a 11]	Noroeste	Norte central (ej. Amambay)
Temperatura mínima (temporada seca)	-0,79	[-1,15 a -0,5]	Sur oeste	Norte central

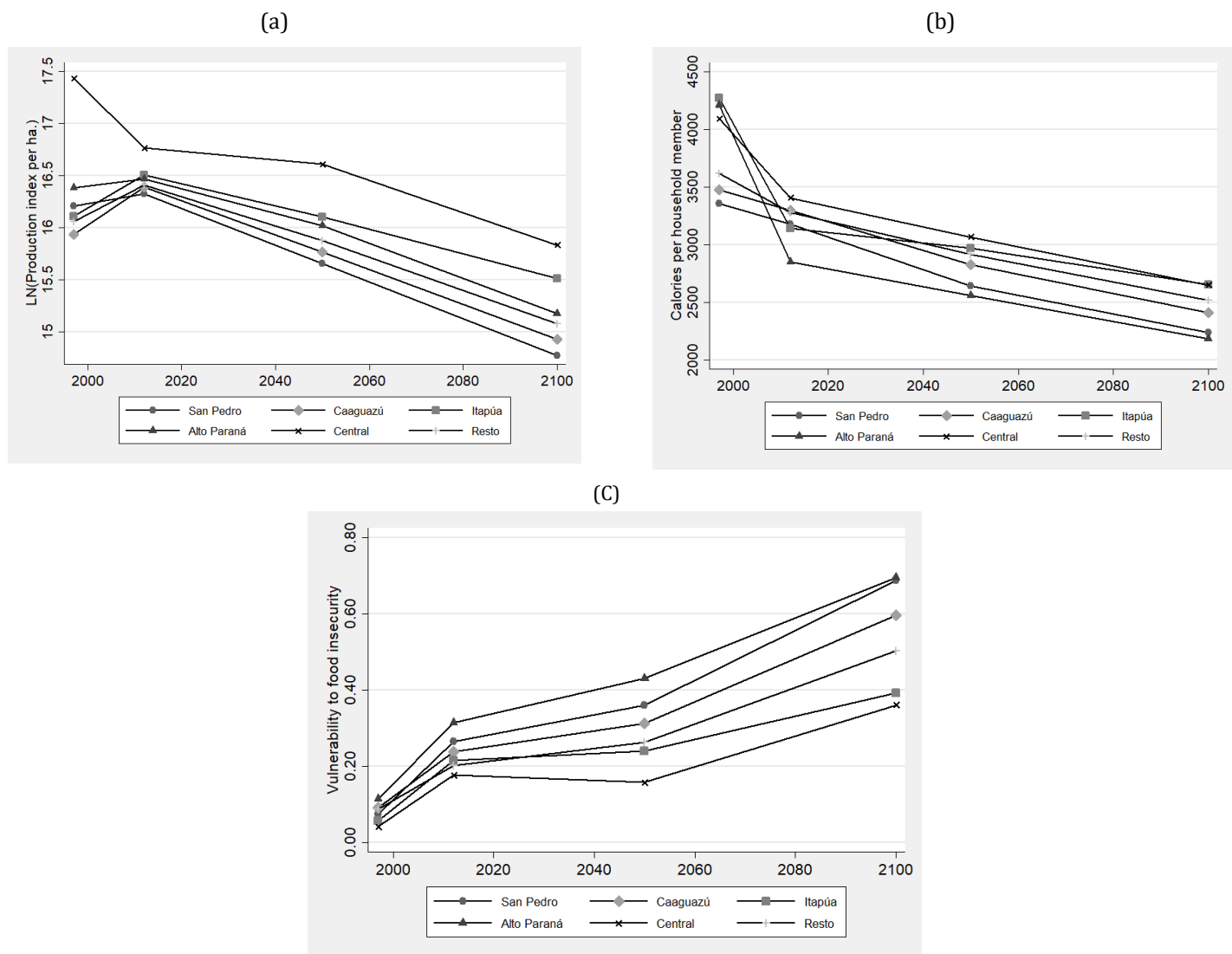
Nota: Cambios en las variables climáticas basados en las tendencias lineales estimadas para cada estación y departamento que utilizan datos climáticos durante el período de 1980 a 2015.

Los resultados de las proyecciones indican que la productividad agrícola disminuiría monótonamente, a consecuencia de las variaciones en el clima. Del mismo modo, se espera que los efectos del cambio climático afecten negativamente al consumo calórico, debido a la pérdida de la productividad agrícola. Ambos resultados pueden verse gráficamente en la Figura 1. Por último, los resultados de las proyecciones indican que el riesgo a la inseguridad alimentaria aumentaría como resultado del cambio climático.

Finalmente, se presentan los resultados del análisis por departamentos. Los hallazgos a nivel departamental indican que los patrones climáticos provocarán diferencias en la intensidad de los efectos del cambio climático. La Figura 3 muestra los mapas del consumo de calorías para tres años: 2012 (basado en datos observados) y estimaciones para el 2050 y el 2100. Si bien se espera que todos los departamentos del país experimenten una mayor vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria como consecuencia del cambio climático, se estima que los departamentos de San Pedro, Caaguazú y Alto Paraná sean los más afectados, debido a que las temperaturas aumentan más rápidamente en los mismos. Para el 2100, se espera que casi el 60% de todos los productores de agricultura familiar en estos departamentos sufran de inseguridad alimentaria.

Los resultados presentados en esta sección representan el riesgo potencial al que los hogares agrícolas paraguayos estarían expuestos en ausencia de intervenciones destinadas a adaptar y mitigar los efectos del cambio climático en el Paraguay. Además, considerando la alta dependencia de la economía paraguaya en el sector agrícola, es de esperar que los efectos del cambio climático incrementen el número de hogares en situación de vulnerabilidad y de pobreza, lo que representa una amenaza para las políticas de reducción de pobreza en el país. Ante este posible escenario, una mejor comprensión de las posibles estrategias de adaptación y medidas de mitigación que los hogares paraguayos podrían adoptar es crucial. Finalmente, dada la complejidad del cambio climático y sus efectos en la seguridad alimentaria y la nutrición de hogares agrícolas, las estrategias de adaptación y mitigación deberán ser adoptadas en el marco de políticas públicas coordinadas e integrales, que consideren las externalidades de este fenómeno en diferentes dimensiones.

Figura 3 - Resultados de Simulación: Productividad Agrícola (a), Consumo Calórico (b), Vulnerabilidad (c)



Nota: Los valores correspondientes a los años 1997 y 2012 se tomaron en base a datos observados.

Figura 4 - Mapas de Consumo Calórico

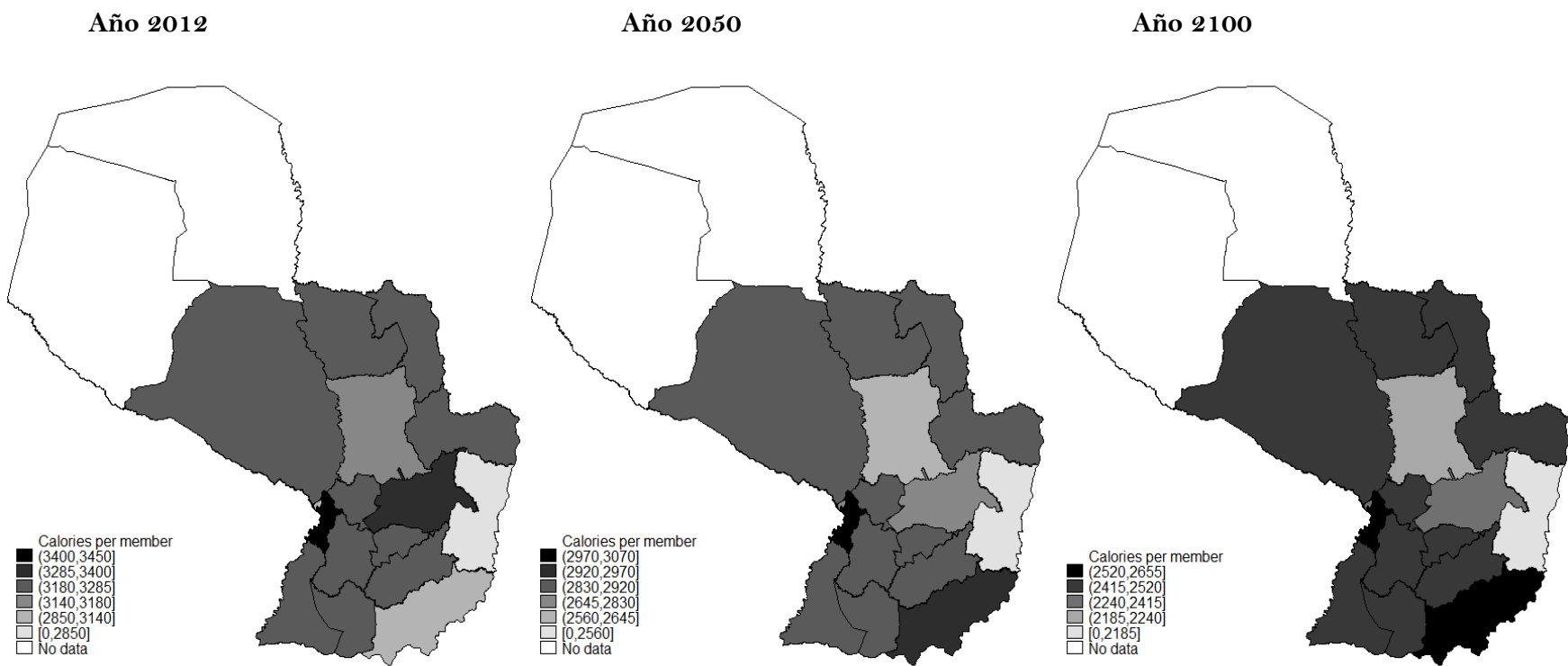
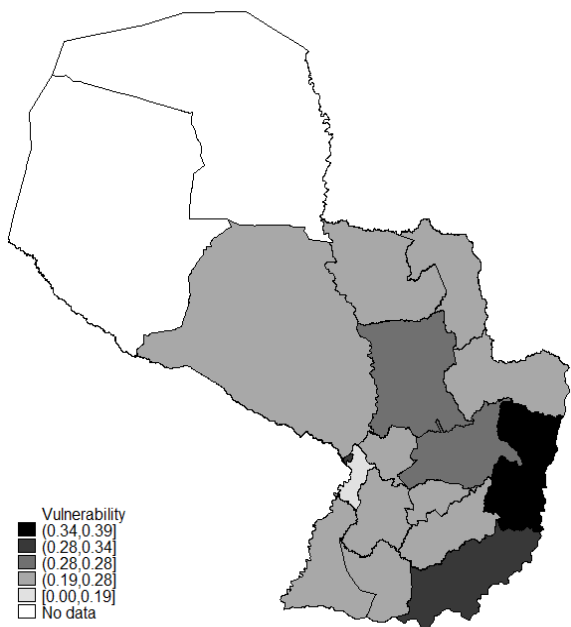
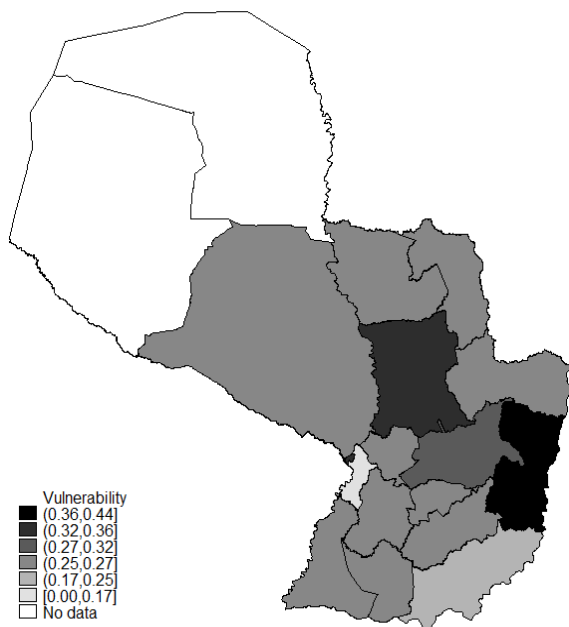


Figura 5 - Mapas de Vulnerabilidad

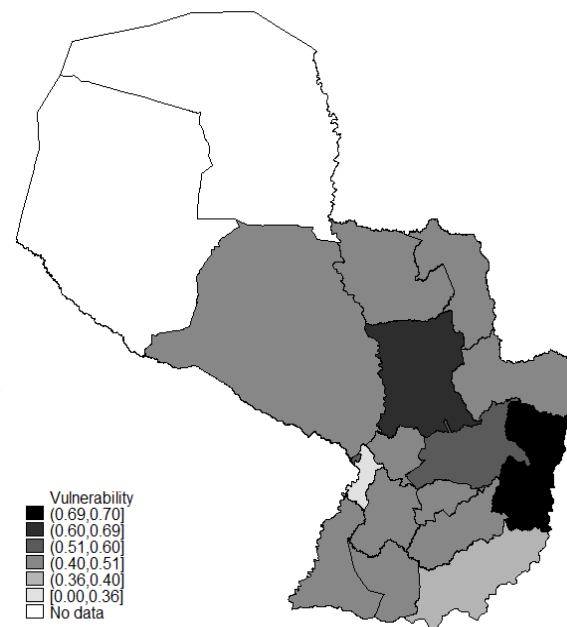
Año 2012



Año 2050



Año 2100



7 Opciones de Instrumentos de Políticas y Desafíos a Futuro

La literatura sobre cambio climático y seguridad alimentaria muestra que los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria se darán a través del impacto de las variaciones del clima en la productividad agrícola. Esto implica que estrategias de manejo de riesgos a nivel de hogar serán cruciales para hacer frente a los efectos del cambio climático. En este sentido, si bien, a nivel global se han desarrollado diferentes estrategias para manejar los riesgos asociados al clima, se espera que la variabilidad en los patrones climáticos como consecuencia del cambio climático reduzca la efectividad de los actuales mecanismos de manejo de riesgos. Es así que, si las estrategias de manejo de riesgos de los hogares no son efectivas se podría esperar que el aumento en la variabilidad del clima como consecuencia del cambio climático conlleve a un incremento del número de hogares en situación de vulnerabilidad, pobreza, e inseguridad alimentaria en el futuro.

Skoufias & Vinha (2013) mencionan una serie de mecanismos de manejo de riesgos que los hogares agrícolas implementan actualmente. Algunos de estos implican una mayor diversificación de cultivos, diversificación geográfica de parcelas, préstamos y seguros tomados en el sector financiero, ajustes en la oferta laboral de los miembros del hogar, entre otros. Los autores mencionan que este tipo de estrategias ayuda a los hogares agrícolas a propagar los efectos de crisis en los ingresos, los que podrían darse directamente debido a la variabilidad en el cambio climático. Sin embargo, muchas de estas estrategias no siempre están disponibles en los países en vías de desarrollo para los hogares, particularmente en lo que refiere al sistema financiero, como ser instrumentos de créditos para el sector agrícola o seguros. En lo que respecta a Paraguay, la implementación de mecanismos de gestión de riesgos de los hogares agrícolas sigue representando un gran desafío para el país, ya que el desempeño agrícola, incluso a gran escala, sigue siendo muy sensible a los cambios climáticos, conllevando a una alta volatilidad de la economía paraguaya (Ferreira & Vazquez, 2015; Koehler-Geib, Mustafaoglu, Caballero Cabrera, & al., 2014). Esto indica que existe un amplio espacio para promocionar el desarrollo y la adopción de estos mecanismos.

Además de las estrategias de manejo de riesgos directamente relacionadas a la producción agrícola, existen otras acciones que también pueden ser promocionadas. Así, en base a los resultados de las simulaciones presentadas en este estudio, se pueden identificar varias

avenidas para el diseño de políticas que busquen combatir los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria en el Paraguay. Una de las políticas que tendría mayor efecto en la reducción de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria hace referencia a un mayor nivel educativo de los adultos en el hogar. A partir de los resultados de las estimaciones presentadas en la Tabla 2, se observó que los años de educación de hombres adultos son importantes para lograr mayores niveles de rendimiento agrícola, en tanto que la educación de las mujeres es de gran relevancia para un mayor consumo per cápita del hogar. Si bien, una política educativa que busque el aumento de los años promedio de educación tendría efectos observables en el largo plazo, es necesario contemplar la posibilidad de innovar en esta área, ofreciendo cursos cortos de capacitación a miembros adultos de hogares agrícolas u otorgando la posibilidad de completar escuela primaria y secundaria a los mismos. Además, debido a la relevancia de la educación para mitigar los efectos del cambio climático en el rendimiento agrícola y la seguridad alimentaria, será importante contemplar la inclusión de temas de carácter ambiental en el currículo escolar del país.

Otras políticas potenciales que el Paraguay podría adoptar hacen referencia a mayor infraestructura y a la adopción de tecnología. En este sentido, la agricultura familiar en el Paraguay, como en muchos otros países, se sigue caracterizando por la utilización de métodos tradicionales de labranza, explicado en parte por los altos costos que implica la adopción de nuevas tecnologías. Debido a esto, existe un amplio espacio para la adopción de tecnología por parte de los hogares agrícolas, lo que conllevaría a retornos altos en la productividad agrícola y por ende en la seguridad alimentaria. Este tipo de políticas podría ayudar a generar una mayor capacidad de respuesta de estos hogares ante las variaciones extremas del clima, reduciendo así la vulnerabilidad de los mismos.²

Tanto investigadores como organismos internacionales argumentan que los mecanismos de manejo de riesgos serán de gran relevancia para combatir los efectos del cambio climático, principalmente, si los mismos son implementados a nivel de hogar. Sin embargo, considerando las externalidades de este fenómeno y la complejidad de la seguridad alimentaria, es importante denotar que para que las políticas adoptadas sean realmente

² FAO (2017) denota que, si bien la adopción de tecnología provee de soluciones en la producción agrícola al enfrentar cambios en el clima, su capacidad es limitada.

efectivas para atenuar el impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria, se deberán adoptar instrumentos de gestión de riesgos a diferentes niveles, es decir, a nivel nacional, departamental, comunidad, hogar, y a nivel individual. Esfuerzos individuales no serán suficientes para hacer frente a los efectos del cambio climático. Por ello, se sugiere que los gobiernos busquen implementar políticas coordinadas diseñadas en base a una visión integral de los posibles efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria.

Finalmente, si se mantienen los niveles actuales de emisión de gases de efecto invernadero, se espera efectos negativos importantes del cambio climático en el rendimiento agrícola y en la seguridad alimentaria (FAO and PAHO, 2017). Esta situación plantearía serios desafíos a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular al objetivo número 2, que busca “poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, así como a los esfuerzos de desarrollo en general (Skoufias & Vinha, 2013; FAO and PAHO, 2017). En este sentido, el gran desafío a futuro para todos los países del mundo, y en particular para aquellos con altos riesgos de ser afectados por el cambio climático, será priorizar el desarrollo e implementación de políticas públicas coordinadas e integrales. Este proceso deberá involucrar a todos los actores de la sociedad en el marco de una visión integral consensuada, para que los países en su conjunto puedan tomar un rumbo único para combatir los efectos del cambio climático.

8 Conclusión

En este capítulo, se examinó el impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria en Paraguay. Los resultados obtenidos evidencian el significativo impacto negativo que el cambio climático podría tener en la agricultura familiar y la seguridad alimentaria en Paraguay, si las tendencias climáticas actuales continúan. Ante este escenario, se espera que el cambio climático reduzca la productividad agrícola de los hogares y los ingresos provenientes de la producción agrícola. Esto conllevará a una reducción del consumo calórico per cápita, lo que incrementaría la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Paraguay.

En este estudio también se realizó un ejercicio de simulación de políticas para ver como la adopción de las mismas afectarían a la vulnerabilidad a la seguridad alimentaria. Los

resultados obtenidos denotan que, en particular, políticas educativas que busquen un aumento en los años de escolaridad promedio, así como la adopción de tecnología tendrían una alta incidencia en la reducción a la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.

Finalmente, se realizaron proyecciones a largo plazo a nivel departamental, para entender la distribución geográfica de la inseguridad alimentaria. Los resultados indican que el riesgo de inseguridad alimentaria aumentará más rápidamente en los departamentos donde se espera que las temperaturas aumenten más rápidamente, pero la reducción de las precipitaciones también desempeñará un papel importante. En particular, se espera que San Pedro, Caaguazú y Alto Paraná sean los departamentos más afectados. Los resultados indican que, si no se toman medidas de adaptación y mitigación, para el año 2100, más del 60% de hogares agrícolas estarían en riesgo de inseguridad alimentaria debido al cambio climático.

Los hallazgos presentados en este capítulo representan un llamado urgente para la construcción de una visión integrada y consensuada sobre el diseño e implementación de políticas públicas que busquen gestionar los riesgos futuros del cambio climático. Esfuerzos individuales no serán suficientes para hacer frente a los efectos del cambio climático.

Finalmente, es importante destacar que mayor investigación en esta área será necesaria para una mejor comprensión de los potenciales efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria y en otras áreas relacionadas.

Apéndice

Tabla A 1- Lista de Variables y Definiciones

Variables	Definición
<i>Demografía del hogar</i>	
Ln tamaño del hogar	Ln de cantidad de miembros del hogar
Miembros menores de 5 años (%)	Número de miembros del hogar menores de 5 años como parte del número total de miembros en porcentaje
Miembros de entre 6 y 15 años (%)	Número de miembros de la familia entre 6 y 15 años como parte del número total de miembros en porcentaje
Miembros de entre 16 y 65 años (%)	Categoría de referencia
Miembros mayores a 65 años (%)	Número de hogares mayores de 65 años como parte del número total de miembros en porcentaje
Miembros femeninos (%)	Número de mujeres como parte del número total de miembros en porcentaje
Ln promedio de años de estudio de adultos mujeres	Ln de años promedio de educación de mujeres adultas en el hogar
Ln promedio de años de estudio de adultos hombres	Ln de años promedio de educación de adultos varones en el hogar
Solo adultos hombres	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar solo tiene adultos varones
Solo adultos mujeres	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene solo mujeres adultas
<i>Características del agricultor</i>	
Jefe de hogar mujer	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe del hogar es mujer
Jefe de hogar trabaja en agricultura	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe del hogar trabaja en la agricultura
Ln edad del jefe de hogar	Ln edad del jefe de hogar
Jefe de hogar con empleo	Variable Dummy. Es igual a 1 si se emplea jefe de hogar
Jefe de hogar sin empleo	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe del hogar está desempleado
Jefe de hogar inactivo	Categoría de referencia
Jefe de hogar propietario	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe de hogar es el propietario de un negocio o empleador
Jefe de hogar habla solo guaraní	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe del hogar es guaraní monolingüe
Jefe de hogar es bilingüe	Variable Dummy. Es igual a 1 si el jefe del hogar es bilingüe en español y guaraní

Características de la vivienda

Ln dormitorios por persona	Ln dormitorios por persona
H acceso de agua dentro de la casa	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene acceso al agua dentro de la casa
H acceso de agua en la propiedad	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene acceso al agua en la propiedad
H acceso de agua fuera de la propiedad	Categoría de referencia
H tiene heladera	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene refrigerador
H tiene televisor	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene televisión
H tiene antena	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar tiene antena

Insumos agrícolas

Ln tierra sembrada	Ln de tierra sembrada en hectáreas
Ln gastos de insumo	Ln de los gastos totales de insumos agrícolas
Ln gastos de ganado	Ln de los gastos totales de ganado
Ln unidad tropical de ganado	Ln del número de animales en la unidad tropical de ganado
Parte del ingreso agrícola	Ingresos agrícolas como parte del ingreso total
Hogar posee rociador	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar posee un rociador
Hogar posee sembradora	Variable Dummy. Es igual a 1 si el hogar posee una sembradora

Variables climáticas

Ln precipitación acumulada temporada HUMEDA	Ln de precipitación acumulada media en la temporada húmeda (mes 1, mes 6 - mes 12)
Ln precipitación acumulada temporada SECA	Ln de precipitación acumulada promedio en la temporada seca (mes 2 - mes 5)
Ln temperatura máxima temporada HUMEDA	Ln de la temperatura media máxima en la temporada húmeda (mes 1, mes 6 - mes 12)
Ln temperatura máxima temporada SECA	Ln de la temperatura máxima promedio en la temporada seca (mes 2 - mes 5)
Ln temperatura mínima temporada HUMEDA	Ln de temperatura mínima promedio en la temporada húmeda (mes1, mes6 - mes12)
Ln temperatura mínima temporada SECA	Ln de la temperatura mínima promedio en la temporada seca (mes 2 - mes 5)

Características geográficas

Departamento de residencia	Departamento donde reside el hogar
Área de Residencia	Área donde reside el hogar

Tabla A 2 - Estadísticas Descriptivas

Variablen	Media	Desv. Estd.
Ln produccidn agrcola/ha.	-3.65	1.31
Ln consumo calrico pc	8.02	0.51
Ln tamao del hogar	1.41	0.57
Miembros menores de 5 aos (%)	10.65	14.73
Miembros de entre 6 y 15 aos (%)	22.26	20.70
Miembros mayores a 65 aos (%)	9.90	23.07
Miembros femeninos (%)	46.70	21.54
Ln promedio de aos de estudio de adultos mujeres	1.50	0.63
Ln promedio de aos de estudio de adultos hombres	1.56	0.61
Solo adultos hombres	0.07	0.26
Solo adultos mujeres	0.07	0.25
Ln edad del jefe de hogar	3.87	0.31
Jefe de hogar mujer	0.21	0.41
Jefe de hogar trabaja en agricultura	0.64	0.48
Jefe de hogar con empleo	0.01	0.09
Jefe de hogar sin empleo	0.88	0.33
Jefe de hogar habla solo guaraní	0.74	0.44
Jefe de hogar es bilingüe	0.15	0.36
Jefe de hogar habla otros idiomas	0.05	0.22
Ln dormitorios por persona	-0.73	0.60
H acceso de agua dentro de la casa	0.33	0.47
H acceso de agua en la propiedad	0.51	0.50
H tiene heladera	0.62	0.48
H tiene televisor	0.57	0.49
H tiene antena	0.05	0.21
H tiene medio de transporte	0.39	0.49
Ln unidad tropical de ganado	-0.10	2.10
Ln tierra sembrada	-0.54	2.41
Ln gastos de insumo	10.71	1.84
Ln gastos de ganado	11.63	2.99
Parte del ingreso agrcola	0.25	0.20
Hogar posee rociador	0.30	0.46
Hogar posee sembradora	0.24	0.43
Ln precipitacin acumulada temporada HUMEDA	7.16	0.21
Ln precipitacin acumulada temporada SECA	5.96	0.29
Ln temperatura mxima temporada HUMEDA	3.53	0.02
Ln temperatura mxima temporada SECA	3.48	0.05
Ln temperatura mnima temporada HUMEDA	2.70	0.06

Ln temperatura mínima temporada SECA	2.15	0.18
No. de observaciones	10,554	

Nota: * denota un tamaño de muestra más pequeño de 3,332 observaciones.

Referencias

- Alinovi, L., Mane, E., & Romano, D. (January de 2009). Measuring Household Resilience to Food Insecurity: Application to Palestinian Households. *EC-FAO Food Security Programme*.
- Anríquez, G., & Toledo, G. (2016). De-Climatizing Food Security: Lessons from climate change micro-simulations in Peru. Unpublished manuscript.
- Capaldo, J., Karfakis, P., Knowles, M., & Smulders, M. (2010). A model of vulnerability to food insecurity. *FAO - ESA Working Paper Nro. 10-03*.
- CEPAL. (2014). *La Economía del Cambio Climático en el Paraguay*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Di Falco, S., Veronesi, M., & Yesuf, M. (2011). Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(3), 829-846.
- EPA. (2016). Climate Impacts on Agriculture and Food Supply. USA: United States Environmental Protection Agency. Obtenido de https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-agriculture-and-food-supply_.html
- FAO. (1996). *FAO*. Obtenido de World Food Summit: <http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.htm>
- FAO. (2004). Factoring the resilience of food systems and communities into the response to protracted crises. En *The State of Food Insecurity in the World* (págs. 26 - 27). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *Climate change and food security and nutrition in Latin America*. Santiago de Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). <http://www.fao.org/>. Recuperado el 29 de October de 2018, de <http://www.fao.org/giews/background/en/>.
- FAO and PAHO. (2017). *Panorama of Food and Nutrition Security in Latin America and the Caribbean*. Santiago de Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Pan American Health Organization.
- Ferreira, M., & Vazquez, F. (2015). *Agricultura y Desarrollo en Paraguay*. Asuncion, Paraguay: INVESTOR.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(5), 437-440.

- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 4 - 10.
- IPCC. (2002). Climate Change and Biodiversity.
- Karfakis, P., Knowles, M., Smulders, M., & Capaldo, J. (2011). *Effects of global warming on vulnerability to food insecurity in rural Nicaragua*. FAO ESA Working Paper.
- Koehler-Geib, F., Mustafaoglu, Z., Caballero Cabrera, E., & al., e. (2014). Growth volatility in Paraguay : Sources, effects and options. Washington, DC: World Bank Group.
- Kotir, J. H. (2011). Climate Change and Variability in Sub-Saharan Africa: A Review of Current and Future Trends and Impacts on Agriculture and Food Security. *Environment, Development and Sustainability*, 13, 587-605.
- Kurukulasuriya, P., & Rosenthal, S. (June de 2003). Climate Change and Agriculture. A Review of Impacts and Adaptations. Paper No. 91. *Climate Change Series. The World Bank*.
- Løvendal, C. R., & Knowles, M. (October de 2005). Tomorrow's Hunger: A Framework for Analysing Vulnerability to Food Insecurity. *ESA Working Paper No. 05-07*.
- Ray, D., Gerber, J., & MacDonald, G. (2015). Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, 6(5989). doi:10.1038/ncomms6989
- Skoufias, E., & Vinha, K. (2013). The impacts of climate variability on household welfare. *Population and Environment*.
- Tol, R. (2009). The Economic Effects of Climate. *Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29-51.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2007). *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Obtenido de Retrieved from <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341(6145), 508 - 513.



Este Proyecto es cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT con recursos del FEEI