



EL COLEGIO DE MÉXICO A.C.
CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

**La economía de los hogares: estudios sobre los
efectos en la salud del uso de leña y sobre el mercado
de trabajo rural en México**

TESIS PRESENTADA POR:

Omar David Stabridis Arana

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

Doctor en Economía

DIRECTOR DE TESIS

DR. ANTONIO YÚNEZ NAUDE

PROMOCIÓN 2011-2014

MÉXICO, D.F.

JULIO DE 2014



CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Doctorante: Omar David Stabridis Arana

Tesis: La economía de los hogares: Estudios sobre los efectos en la salud del uso de leña y sobre el mercado de trabajo rural en México

Director de Tesis: Dr. Antonio Yúnez Naude

Aprobada por el Jurado Examinador:

Dr. Antonio Yúnez Naude Presidente _____

Dr. Edwin van Gameraen Primer Vocal _____

Dra. Miriam Juárez Torres Vocal Secretario _____

Dr. José Jorge Mora Rivera Suplente _____

México, D.F., 25 de julio de 2014

A la memoria de mi padre

AGRADECIMIENTOS

Estudiar un doctorado en economía fue un proyecto que tenía en mente desde hace varios años, el cual se fue convirtiendo en una realidad a partir de mi paso en Coneval, institución que me supuso un reto profesional y el cual me dejó gratos recuerdos y buenos amigos.

Estudiar el doctorado en economía en el Colmex fue un reto interesante para mí porque además de los conocimientos adquiridos, requirió de mucho esfuerzo y dedicación. Así aprendí a conocerme más en el plano académico y personal. Los cursos que tomé en el programa me permitieron completar mis conocimientos en varias de las áreas de economía que son de mi interés y comprender mejor el proceso de aprendizaje en un entorno de excelencia académica.

El proceso de desarrollo de la tesis me hizo ver lo fundamental que es el desarrollo de investigaciones que hagan uso de diseños rigurosos que aseguran buena calidad. En el desarrollo de esta tesis ha sido fundamental el apoyo de Antonio Yúnez, mi director de tesis: el proceso de conversión en una tesis de calidad tiene mucho que ver con su asesoría, la redacción de toda la tesis ha sido alimentada con su buena pluma. Además, he recibido su apoyo en el aspecto personal como un amigo entrañable a quien le tengo respeto y estimación.

Otra persona que ha sido fundamental en el desarrollo de la tesis es Edwin van Gameren. Gracias a él, me atreví a escribir el primer artículo en inglés. Él supo motivarme para desarrollar una investigación original en cada uno de los artículos. Su guía siempre fue un buen aliciente para el proceso.

Agradezco los comentarios que recibí de los profesores Gerard Shively, Tadashi Sonoda y Edward Taylor, quienes siempre estuvieron dispuestos a resolver mis dudas.

Me llevo un buen recuerdo de los profesores que me impartieron cursos, especialmente agradezco a Miguel Torres, Gerardo Esquivel y Eneas Caldiño quienes comparten sus conocimientos de manera muy generosa.

Agradezco a todos mis amigos que me alentaron durante este proceso, especialmente a Brenda Váldez y César Millán.

El apoyo de mis padres, Carlos y Norma, ha sido importante por el cariño y las enseñanzas otorgadas a lo largo de mi vida y que me fortalecieron en los momentos necesarios. Papá, sé que desde donde estás compartes esto conmigo. Agradezco también a mis hermanos Luz, Ricardo y César.

Agradezco también a mi familia de México, especialmente a mi suegra doña Pilar, por todo su apoyo. Ojalá estuviera aquí para acompañarme.

Finalmente, dedico esta investigación a Cecilia, mi compañera y cómplice. Gracias por lo infinito de su amor, paciencia y sabiduría para afrontar la gran travesía que es la vida, incluso cuando se trata de un doctorado. No vislumbro un mejor escenario sin su compañía.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de tesis es utilizar las herramientas microeconómicas para investigar tres temas relacionados con economía laboral, agrícola y de la salud en individuos que forman parte de hogares de México. La tesis consta de tres artículos.

Artículo 1: Exposure to firewood: Consequences in health and labor force participation for Mexican households

The purpose of this research is to develop an economic model to determine the effect of exposure time to IAP in prevalence of respiratory problems in exposed people, treating the exposure time as endogenous by including a process to choice of fuel used in household. Moreover, we consider the effect of respiratory problems in the labor force participation to individual level. In our model, health is consider to be as an output that is produced by each individual and health can be negatively affected by IAP. 2002 Mexican Family Life Survey (MxFLS) is used to empirically contrast the economic model and taking into account two fuels, firewood or gas. Through a trivariate recursive probit model, we found that people with indigenous, lower education and poor people use more firewood. People that use firewood have more prevalence in respiratory problems than people that use gas. People who have respiratory problems reduce their participation in labor markets.

Artículo 2: Valoración y productividad del trabajo familiar en la producción agropecuaria en hogares de México

Los hogares rurales de México se caracterizan principalmente por dedicarse a actividades agropecuarias. Generalmente utilizan mano de obra familiar y consumen parte o el total de su producción agropecuaria, por lo que los precios o salarios de mercado

no son una referencia del valor de la productividad de los bienes o factores del hogar. El objetivo de este artículo es modelar la producción agrícola y ganadera en hogares rurales mexicanos mediante el enfoque de Modelos de Hogar Agropecuario (MHA) tomando en cuenta el enfoque neokeynesiano de salarios de eficiencia, con el fin de calcular el salario sombra de los trabajadores familiares involucrados en estas dos actividades y compararlo con el salario de mercado.

Utilizando la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM) 2007 se estimaron modelos de funciones de producción agrícola y ganadera y se estiman los salarios sombra del trabajo familiar para estas dos actividades, utilizando corrección de selectividad de Heckman. Se encuentra que los salarios sombra de ambas actividades son menores al salario de mercado.

Artículo 3: Oferta Laboral Individual por tipo de actividad en hogares rurales de México

Con base en estimaciones de sobre salarios sombra de las actividades familiares agrícola y ganadera de los hogares rurales de México, desarrolladas en el artículo 2 de la tesis, el objetivo en este artículo es estimar la oferta de trabajo de los miembros del hogar rural en actividades familiares y en otras actividades en las que participan recibiendo un salario. Se modela la oferta laboral individual de los miembros de los hogares rurales de México, considerando las cuatro actividades que siguen: agricultura familiar, ganadería familiar, agricultura asalariada y actividades no agrícolas asalariada.

Con los datos de la ENHRUM 2007 y usando estimaciones basadas en sistemas de oferta laboral para las actividades mencionadas, se encuentra que la agricultura familiar tiene relaciones de sustitución con el trabajo asalariado y de complemento con la ganadería. El trabajo asalariado no agrícola es sustituto del asalariado agrícola

Índice General

1	Introducción	5
2	Exposure to firewood: Consequences in health and labor force participation for Mexican households	12
2.1	Introduction	12
2.2	Literature Review	18
2.2.1	Fuel choice determinants	18
2.2.2	Firewood and respiratory illnesses	21
2.2.3	Health problems, firewood vs. LPG	23
2.2.4	Indoor air pollution and labor force participation, firewood vs. LPG	24
2.3	Theoretical Model	26
2.4	Econometric Strategy	36
2.4.1	Trivariate Probit Model	39
2.4.2	Estimates of conditional probabilities and treatment effects	42
2.5	Data	43
2.6	Results	47
2.6.1	Predicted probabilities and treatment effects	54
2.7	Conclusions	57
3	Valoración y productividad del trabajo familiar en la producción agropecuaria en hogares de México	60
3.1	Introducción	60
3.2	Revisión de Literatura	64

3.2.1	Enfoque Neoclásico de salarios sombra	67
3.2.2	Enfoque Neokeynesiano de los salarios sombra	71
3.3	Modelo Teórico	74
3.4	Estrategia Econométrica	80
3.4.1	Función de Producción con corrección de selectividad	80
3.4.2	Cálculo de los Salarios Sombra	83
3.5	Datos	84
3.6	Resultados	89
3.6.1	Estimaciones de las funciones de producción	91
3.6.2	Estimaciones de salarios sombra del trabajo familiar y salario contratado	96
3.7	Conclusiones	102
4	Oferta Laboral Individual por tipo de actividad en hogares rurales de México	107
4.1	Introducción	107
4.2	Revisión de Literatura	109
4.3	Modelo Teórico	114
4.4	Estrategia Econométrica	119
4.5	Datos	122
4.6	Resultados	125
4.7	Conclusiones	130
Apéndice 1: Solution of theoretical model assume Cobb-Douglas functions		134
Apéndice 2: Estática Comparativa del Modelo del capítulo 3		137
Apéndice 3: Tratamiento de los Datos de la ENHRUM II		139
Referencias		143

1. Introducción

El hogar es uno de los agentes económicos más importantes en la ciencia económica. Están compuestos por individuos que realizan actividades como la producción de bienes o servicios que pueden ser vendidos en el mercado. A través de él consiguen ganancias que destinan a la satisfacción de sus necesidades tales como la alimentación y la provisión de insumos para contar con un estado de salud adecuado entre otros. Asimismo, los individuos participan en el mercado de trabajo para conseguir un salario. En general, los individuos establecen algunos niveles de negociación dentro del hogar en cuanto a la asignación de los ingresos, la división de tareas dentro del hogar y la manera en que enfrentan los choques económicos. El hogar puede asumirse también como un conjunto de individuos que se comportan como si fueran un solo agente, en el cual no se toma en cuenta la negociación al interior del mismo. Este tipo de hogares son conocidos como de utilidad unitaria (de Janvry y Sadoulet, 1995).

Los hogares y sus miembros son sujetos de estudio debido a la importancia que tiene conocer los efectos de distintos factores externos en su interior. Entre ellos están el efecto de los subsidios gubernamentales en el logro educativo de los hijos o la prevalencia de enfermedades en la participación laboral de los individuos, entre otros. La microeconometría aplicada es el análisis de la información econométrica a nivel de agentes económicos como hogares y empresas (Cameron y Trivedi, 2005). Los avances en ésta y la mayor accesibilidad a bases de datos con representatividad nacional, han ampliado las posibilidades de estudiar la economía de los hogares.

Partiendo de este hecho, el objetivo de este trabajo de tesis es utilizar las herramientas microeconómicas para investigar tres temas relacionados con economía laboral, agrícola y de la salud en los hogares de México. La tesis consta de tres artículos, los cuales se describen en los capítulos 2, 3 y 4. El contenido de cada artículo es descrito a

continuación

Artículo 1: Exposure to firewood: Consequences in health and labor force participation for Mexican households

The use of fuel in households is essential for activities such as cooking and heating. In developing countries, especially in their rural areas, the use of biomass fuels as firewood is widely spread, because its lower cost and accessibility in comparison to gas or electricity. However, there is an extensive literature on impacts of smoke derived from burning firewood, called Indoor Air Pollution (IAP), in incidence of respiratory problems in exposed people. The drawback in this literature is that exposure time to smoke is treated as exogenous but, there is evidence people can choose the type of fuel to use in their households based-on their tastes, affordability and their economic characteristics, therefore, if we treat exposure time as exogenous we can to obtain biased estimates. The purpose of our research is to develop an economic model to determine the effect of exposure time to IAP in prevalence of respiratory problems in exposed people, treating the exposure time as endogenous by including a process to choice of fuel used in household. Moreover, we consider the effect of respiratory problems in the labor force participation to individual level. In our model, health is consider to be as an output that is produced by each individual and health can be negatively affected by IAP.

2002 Mexican Family Life Survey (MxFLS) is used to empirically contrast the economic model and taking into account two fuels, firewood or gas. Through a trivariate recursive probit model, we found that people with indigenous, lower education and poor people use more firewood. People that use firewood have more prevalence in respiratory problems than people that use gas. People who have respiratory problems reduce their participation in labor markets.

Artículo 2: Valoración y productividad del trabajo familiar en la producción agropecuaria en hogares de México

Los hogares rurales de México se caracterizan principalmente por dedicarse a actividades agropecuarias. Generalmente utilizan mano de obra familiar y consumen parte

o el total de su producción agropecuaria, por lo que los precios o salarios de mercado no son una referencia del valor de la productividad de los bienes o factores del hogar. El objetivo de este artículo es modelar la producción agrícola y ganadera en hogares rurales mexicanos mediante el enfoque de Modelos de Hogar Agropecuario (MHA) tomando en cuenta el enfoque neokeynesiano de salarios de eficiencia, con el fin de calcular el salario sombra de los trabajadores familiares involucrados en estas dos actividades y compararlo con el salario de mercado.

En la investigación se propuso un modelo teórico inspirado en Sonoda y Maruyama (1999) y Maruyama y Sonoda (2011), en el cual el hogar rural tiene como objetivo maximizar su utilidad a partir del consumo de un bien producido en el hogar y de un bien numerario adquirido en el mercado. En el modelo, el hogar tiene restricciones de presupuesto, de dotación de tiempo, una tecnología de producción del bien agrícola (ganadero) y una restricción sobre el trabajo asalariado, la cual se formula de la manera siguiente: el trabajo contratado requiere supervisión para evitar que eludan su responsabilidad laboral. Esto hace que el trabajo familiar sea menos costoso que el contratado. Si suponemos la existencia de monitoreo imperfecto del trabajo contratado, los hogares que necesitan contratar trabajadores deben pagar un salario más alto que el salario que equilibra el mercado (salarios de eficiencia) lo que genera desempleo involuntario.

El estudio empírico se realizó con base en los modelos de hogares rurales productores y fue posible gracias a los datos aportados por la ENHRUM, una encuesta representativa de la economía y socio-demografía de los hogares rurales de México. No obstante, fue complicado el cálculo de funciones de producción agrícola y ganadera para estimar el precio sombra del trabajo familiar y tuvo que recurrirse a la información de otras bases de datos.

Para estimar las funciones de producción de la agricultura y la ganadería de los hogares rurales mexicanos que participan en estas dos actividades se consideró la presencia de selectividad. Los resultados muestran que si hay selectividad tanto para la agricultura como para la ganadería. Por ejemplo y entre otros, los hogares deciden participar en la agricultura conforme aumenta el monto de la transferencia del PROCAMPO y no participan conforme aumenta la escolaridad del jefe del hogar. Un resultado de relevancia

sobre la selectividad en la participación de los hogares en la ganadería es que si estos participan en la agricultura, la probabilidad de que también participen en la ganadería es positiva y significativa. Lo anterior es evidencia adicional a la existente de que en el medio rural mexicano la cría de animales es complementaria a la agricultura.

Controlando por la selectividad, los resultados de la estimación de la función de producción agrícola indican que, entre otros, tanto el trabajo familiar como el contratado tienen un efecto positivo y significativo en la producción. En cuanto a la producción ganadera, se encontró que el trabajo familiar también tiene un efecto positivo, aunque no significativo (los hogares rurales no usan trabajo asalariado para realizar esta actividad). Que el salario sombra agrícola sea menor al observado y estimado concuerda con el modelo teórico, con la noción neokeynesiana de desempleo involuntario y con resultados empíricos expuestos en la literatura. Se propone entonces que esta esta discrepancia es consecuencia de los costos de transacción presentes en el medio rural mexicano. Para el caso específico de la diferencia entre el salario sombra del trabajo familiar y el salario pagado al trabajo contratado puede explicarse por el poder de mercado que tienen los hogares en el mercado de trabajo rural.

Artículo 3: Oferta Laboral Individual por tipo de actividad en hogares rurales de México

Con base en estimaciones de sobre salarios sombra de las actividades familiares agrícola y ganadera de los hogares rurales de México (estimadas en el artículo 2 de la tesis) y los salarios observados, el objetivo en este artículo es estimar la oferta de trabajo de los miembros del hogar rural en actividades familiares y en otras actividades en las que participan recibiendo un salario. Lo anterior parte del hecho observado de que los hogares rurales se caracterizan por la diversificación de sus actividades y fuentes de ingreso, destacando el trabajo familiar en actividades agrícolas y ganaderas y el trabajo asalariado en éstas y en actividades no agropecuarias (Cerón y Yúnez, 2014).

El objetivo del estudio puede formularse con la pregunta que sigue ¿Cuál es el mecanismo por el cuál las personas que habitan zonas rurales asignan de manera eficiente su oferta laboral en los distintos tipos de actividades económicas que les permitan maximizar sus ingresos y los de sus hogares? La respuesta a la pregunta contribuirá a saber si

el trabajo familiar y el asalariado de los miembros del hogar son complemento o sustituto en las distintas actividades en las que están involucrados, directamente como productores o a través del mercado de trabajo.

La relevancia de la investigación radica en que sus resultados aportan elementos para conocer la dinámica de los mercados de trabajo de países en desarrollo y las consecuencias que tendrían en la producción familiar de alimentos variaciones en los salarios sombra y de mercado.

Para evaluar las distintas funciones de oferta laboral por tipo de actividad se deben tomar en cuenta los salarios que son pagados en cada una de éstas. El problema que éstos no se observan en el caso de las actividades basadas en el uso de mano de obra familiar, que no recibe un salario. Ello exige estimar el precio sombra de este tipo de mano de obra de las distintas actividades productivas del hogar (véase el artículo 2 de la tesis).

Con base en dicho cálculo y en los salarios observados, en la presente investigación se modela la oferta laboral individual de los miembros de los hogares rurales de México, considerando las cuatro actividades que siguen: agricultura familiar, ganadería familiar, agricultura asalariada y actividades no agrícolas asalariada. Como se mencionó, los salarios sombra de las actividades familiares usados en la presente investigación se calcularon previamente, los cuales fueron corregidos por sesgo en selectividad. Para las dos actividades asalariadas se utilizan los salarios de mercado observados que reciben los miembros de los hogares en su localidad.

La base de datos usada en el presente estudio es la Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENHRUM) 2007, la misma a la aplicada para la estimación de los salarios sombra y para conocer los de mercado pagados en las localidades donde se ubican los hogares rurales

El modelo estimado es uno de asignación laboral similar lo propuesto en Sonoda y Maruyama (1999) y Fisher, Shively y Buccola (2005). A partir de este enfoque se estima el sistema de ofertas laborales mediante el enfoque llamado en inglés Almost Ideal Demand System o AIDS siguiendo lo propuesto por Shively y Fisher (2004).

Los resultados muestran que aumentos en el salario sombra de la agricultura y ganadería familiares reducen la oferta laboral en dicha actividad, lo que puede interpretarse como sigue: un salario sombra más elevado para esta actividad significa aumento en la productividad del trabajo familiar y esto libera mano de obra que puede ser ofrecida a otro tipo de fuente de ingreso. Por su parte, cuando los salarios-sombra de la agricultura familiar disminuyen, se encuentra los miembros del hogar tienden a ofertar una mayor cantidad de mano de obra para la actividad no agrícola asalariada; es decir, la oferta laboral de la actividad no agrícola asalariada es sustituta de las agricultura familiar. Resultado adicional es que la ganadería familiar es una actividad complementaria, tanto respecto a la agricultura familiar como a las actividades asalariadas. Otro hallazgo es que aumentos en el salario no agrícola afecta negativamente la oferta laboral a la agricultura, tanto familiar como asalariada.

Que el trabajo asalariado sea sustituto del familiar implica que, *ceteris paribus*, aumentos en el salario pagado en el primero reducirá la oferta laboral en la agricultura familiar. Si a esto se le añade el resultado de que el trabajo asalariado no agrícola es sustituto del asalariado agrícola, puede argumentarse que el crecimiento de los salarios no agrícolas reduciría la seguridad alimentaria del país. Esto podría evitarse a partir de intervenciones gubernamentales que promuevan la productividad y producción agrícola no asalariada y asalariada.

Por su parte, que el trabajo familiar en la actividad ganadera sea complemento del resto de las fuentes de ingreso del hogar (de la agricultura familiar o asalariada y de las actividades no agrícolas asalariadas) concuerda con el argumento de que, frente a la falta de acceso a servicios financieros, los hogares rurales crían animales como una forma de ahorro para enfrentar choques exógenos.

Resultados adicionales de interés se refieren a que en el medio rural mexicano los hombres tienden a dedicarse más a la agricultura familiar. Por su parte las mujeres se dedican más a la ganadería familiar y al trabajo no agrícola. Esto puede explicarse parcialmente con base en el hecho de que en general las actividades ganaderas de los hogares rurales son en pequeña escala y que el cuidado de los animales no requiere jornadas

completas de trabajo, lo que les permite a las mujeres realizar actividades tradicionales como la preparación de comida y el cuidado de los hijos. También se encuentra que los indígenas se dedican principalmente a la agricultura, familiar o como jornaleros.

2. Exposure to firewood: Consequences in health and labor force participation for Mexican households

2.1. INTRODUCTION

Fuel provision is an important resource to perform important activities in households such as cooking and heating. However, there are differences in consumption of household fuels between developed and developing countries. Households in developed countries use more Liquefied Petroleum Gas (LPG) and electricity than developing countries. Moreover, in rural areas, especially in developing countries, households consume more biomass? fuels (firewood, charcoal, etc.) than urban areas. Among the advantages associated with consumption of LPG and electricity are efficiency in cooking and its consumption is not related to health problems such as cough, acute respiratory infections or Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) (Smith et al., 2005).

However, its implementation requires to have the resources of accessibility such as infrastructure, and households must pay start-up cost (i.e. installation within dwelling, cost of stove). When households are poor and have not access to credit market, is a complicated fact to have the services and this problem is exacerbated if the household is located in municipalities with high marginality degree. In developing countries, specifically in its rural areas, the use of firewood is more accessible due to the closeness to natural resources such as forest, which is an input for firewood and it can be collected by the household members. According to World Health Organization (WHO, 2002) three billions people in the world use solid biomass fuel (firewood, dung, charcoal, and crop residues) for cooking and heating. From which, 90 % are rural households located mainly in developing countries, as indicated by Boy et al.(2000).

Solid biomass fuels, specifically firewood, are low efficient for generating energy when compared to other fuels such as LPG or electricity, there exists shrinkage in its combustion, which implies to use more quantity than other fuels. Also, burning solid fuels produces extremely high levels of Indoor Air Pollution (IAP): typical 24-hour levels of Particles until ten micro-meters (PM10) in biomass-using households in Africa, Asia or Latin America range from 300 to 3000 micrograms per cubic metre (WHO, 2006). Moreover, the consumption of firewood and others biomass implies incomplete combustion, meaning that the fuel not consume totally and particles contain toxic substance as Monoxide of carbon, that is harmful and that can cause respiratory problems in exposed people (WHO, 2006).

IAP is associated to 1.6 millions deaths (WHO, 2002). There exist studies that found association between exposure to contaminants produced by firewood with health problems such as Balakrishnan et al. (2004), Dasgupta et al. (2004a and 2004b), McCracken and Smith (1998), Naeher et al. (2001), inter alia. This literature studies the relationship between exposure to firewood in household use with the incidence of acute respiratory infections (Ezzati et al. 2002), low birth weight for children with exposed mother (Boy et al., 2002), infant mortality (Hughes and Dunleavy, 2000) and cataracts in mature women that live near the border between Nepal and India (Pokhrel et al., 2005). The health of people is affected by diseases related with exposure to contaminants derived from firewood consumption, implying that this people have difficulties to carry out activities such as studying, domestic tasks and participation in labor market, which in turn generate economic losses, specifically, lost wage and medical expenses to improve their health. According to 2010 Population Census, in Mexico there are 4.1 million of households using biomass fuels (almost all is firewood), so, these household could be at risk to suffer respiratory problems. The objective of this paper is to determinate the economic losses generated by the use of firewood in Mexican households.

Respiratory problems caused by exposition to IAP rise burden of disease among the population and this fact could affects the performance of health systems, which need more economic resources and medical personal to face the problem. Additionally, when a person has health problems (in this case, respiratory problems) her capacity to work is affected and hence, her participation in labor market is limited, or it could reduce her

work hours and therefore, to reduce her labor income. According to Grossman (1972), each individual is born with a health endowment although his health depreciates across time but, he can produce health with inputs such as proper nourishment, exercise and preventive care. Health, according to Currie and Madrian (1999) and Grossman (1999), can be considered as part of human capital and has a positively relationship to the ability of work. As long as, the individual is able to work, and willing to give away leisure, he gains earnings and he could buy health inputs in the market and in this he can improve his health status.

Hence, as it has been explained, there exist a link among fuel choice, exposure to contaminants and presence of health problems and health problems and labor force participation. In this sense, it is important to explore which is the mechanism behind these links in order to establish causal relationships. The literature available does not study these issues jointly. For instance, the literature dealing with of health problems related to exposure to biomass solid fuels, address the issue by considering the exposure as a exogenous variable: Balakrishnan et al. (2004), Dasgupta et al. (2004a and 2004b), McCracken and Smith (1998), Naeher et al. (2001). These studies cannot be considered as causal studies. It is possible there are factors, such as the role of gender, ethnicity or bargaining among household members, which affect the allocation of roles as cooking, in this way, the exposure to firewood is not exogenous. If these facts are not take in account, estimates can be biased, pointed out by Pitt, et al. (2006). These authors studied the effect of IAP on the incidence of respiratory disease in Bangladeshi households. In contrast with previous studies, their estimation strategy considered the endogeneity problems due to cooking. They propose a household model that considers the division of labor within household, sharing this among women.

Coffey (2003) examines the effect of IAP in Los Angeles, California, showing that richer households choose to live in areas with low atmospheric pollution. Another possible resource of endogeneity is to assume exposure to fuel such as if household does not choose the fuel(s) that they use. For example, there could be cultural reasons for using a determined fuel, it is possible to solve the endogeneity problem by modeling the household's fuel choice process and then, modelling the exposure to firewood and its effects in health. If additionally we want to model the relationship between the health status and the labor

force participation there could exist another endogeneity problem. If the health status is determined previously to the effect of exposure to firewood the relationship between health and labor force participation must be corrected, otherwise the estimates can be biased.

In Mexico, there are not causal studies about IAP and prevalence of respiratory diseases and there are not studies about of economic losses generated (lost wages, medical expenses, reduction in worked hours) by IAP. The first study about economic losses related with pollution is Margulis (1992) but this study only consider gross estimation in aspects such as pollution in water, soil erosion, outdoor air pollution (not IAP). Most recently, Hoejer, et al. (2005) followed Margulis but they considered IAP. Their estimates are that IAP is related with approximately 3,000 deaths in Mexico. These studies are descriptive and therefore, have many limitations, however, they are useful as starting point for studies more refined. However, these studies only offer associations among variables but not causal relationships that determine which respiratory problems are caused by exposure to contaminants derived from firewood.

The literature available does not address the choice of fuel among households in Mexico. This issue is important because as long as the patterns for using a determined fuel in household are known it is possible to design public policies that can improve the access to fuels that are cleaner than biomass fuels and that does not cause harmful effects in the health of the population. Moreover it would also, be possible to mitigate environmental damages such as outdoor air pollution, soil erosion and deforestation (Heltberg, 2005). For the case of Mexico, Fernandez and Islas (2005) studied the patterns of use household fuels in the Mexican households. Their study contributes as the first investigation about this important issue even though it does not have a theoretical framework. However, they did the hard job of *putting the ball on the field* for others continue the study about household's fuel choice. Household fuel choice and its relationship between IAP an respiratory diseases are important issues of study, but we do not know any paper that links both issues, i.e., a study relating the fuel choice when cooking and the health problems in people exposed to them. Some authors (Amacher et al., 1996; Heltberg et al., 2000; Gupta and Colin, 2006) propose a theoretical model in which they relate the choice of household fuel use and environmental degradation but these studies do not model the health effects of the

population exposed. The literature about the relationship between health status (or health problems) and labor force participation for Mexico is very few. There are two articles related with this topic. First, Parker (1999) studied the effect of health and salaries in the labor market for elderly people using the 1994 National Aging Survey. She found that people with bad health reduce their hourly earnings. Second, van Gameren (2008) used the 2001 Mexican Health and Aging Study and found a positive probability to participate in labor market for elderly people with good health status. The purpose of this paper is to determine the economic losses generated by the use of firewood in Mexican households. Specifically this paper tries to assess: if there exists any mechanism within the household that defines which types of fuel use; if the use of firewood causes health problems in exposed people, if firewood is more harmful for population than LPG and; if respiratory problems caused by firewood-based indoor pollution generates reductions in probability of participating in the labor market. We are interested in contrasting the hypothesis that people determine their types of fuel for cooking based-on their demographic, educational, cultural characteristics and available services in dwelling.

To address the endogeneity issues described above, we propose an integrated model, individual-level, which determines the fuel household's choice; the effects of chosen fuel in respiratory problems and; the effect of fuel household's choice on labor force participation. This model is econometrically implemented using a national representative survey of the Mexican population.

This research contributes in two ways. We model the process through which household's choose the type of fuel for cooking and its effects in the health of household members and, the effect of health in the labor force participation. After, an econometric model is estimated in order to contrast the hypotheses. Firstly, a theoretical economic model is proposed on which an individual is assumed to maximize utility across the choice of at least one fuel for cooking¹, the consumption of a composite good (related to food and other necessary goods) his health status (produced by purchasing health inputs in the market and, time for health), and the time dedicated to produce health and for leisure; this utility function is subject to time (individual total time) and financial constraints, constituted for the total income generated for all members (labor and non-labor income)

¹firewood or LPG

and non-negative constraints in fuels; additionally, for each individual there exists a labor supply function that depends on wage rate and the health status. When the utility is maximized, the optimum levels of fuels, composite good, time dedicated to work, to produce health and leisure and input to produce health. From the model, it can be implied if a fuel is harmful for health, the individual will purchase less quantity than other fuel that is harmless for health. Our framework differs from others by the fact we develop a theoretical model that allow us to integrate the relationship of the former with labor force participation. Our paper contributes to theoretical and empirical discussion in Mexico and other countries.

Secondly, an econometric model is proposed using a trivariate recursive probit on which the relationships among household fuel choice, health status and labor force participation are integrated. Even though it is not necessary to include exclusion restrictions in a recursive model (Heckman, 1978), we decided to include a framework that follows the Instrumental Variables (IV) econometric technique. The model proposed in this paper is estimated in a similar way to three-step least squares but we use Maximum Simulated Likelihood because dependent variables are dichotomous. The data employed in this paper to construct the model is contained in the Mexican Family Life Survey (MxFLS) which is a representative survey of Mexican Population with multi-thematic information. Once the model is estimated and following on Zhang, et al. (2009). we calculate conditional and joint predicted probabilities and treatment effects of firewood in both health problems and treatment effects of health problems in labor force participation. Our empirical model estimates causal relationships due the econometric implementation and this is what makes it different to previous studies such as Margulis (1992) and Hoejer et al. (2005). Finally, our research is a contribution to literature in fuel choice used in household, health status and labor force participation in Mexico.

The paper is organized as follows; Section 2 presents the literature review; Section 3 develops the theoretical model; Section 4 describes the econometric strategy used; Section 5 describes the data and the results and; Section 6 discusses and concludes the findings.

2.2. LITERATURE REVIEW

For each of the hypothesis of this paper there exist an abundant literature. However, there is a lack of integration; something we want to overcome in this paper. Nevertheless, we briefly describe the main findings for each of them.

2.2.1 *Fuel choice determinants*

Households use fuels for basic activities such as cooking and heating and these activities are important for the welfare of each household member. Heltberg et al. (2000) and Chen et al., (2006) explain that fuels are elements of utility function in households because these are necessary to generate both the energy that is used in the transformation of crude food into cooked food and the one necessary for heating as well. Depending of its context, each family use one or more fuels, including biomass fuels (as firewood, coal, charcoal, crop residues and, dry dung of cattle) and modern fuels as LPG, biogas or electricity. There is a discussion on how households (or household members) choose fuels for cooking and heating. First, there are differences between biomass and modern fuels. The biomass fuels are inexpensive than clean fuels (such as LPG or electricity) and its use does not require special conditions but, biomass fuels are harmful to health of household members. WHO (2002) reports that approximately a half of the world population use biomass fuel and this population live in developing countries. There are countries like Bangladesh and India in which biomass consumption level is accounts to 70 %; Balakrishnan et al. (2004), Dasgupta et al., (2004). Moreover, according to WHO (2006) pollution generated by biomass fuels (or Indoor Air Pollution) is related with issues such as poverty.

The choice of fuels that are used on households involves many factors: like accessibility to many fuels Heltberg (2005). For instance LPG requires highways to guarantee the provision of this resource; also require the existence of cook stove in households. On the other hand, firewood does not require a special kitchen stove and in many countries its access is free or inexpensive when compared to other fuels. Other factors influencing the use of firewood against LPG are the particular cultural characteristics of region or country. There are two approaches that explain how the choice process is done but first we have to explain how they are related, based-on economic theory. The choice of fuels could

be modelled as an adoption technology process, using the framework model of random utility proposed by McFadden (1974) and Manski and McFadden (1981) on which the methodology employed is commonly used in the literature regarding this issue. The first work that proposes this framework is Amacher et al. (1996) that studies the relationship between consumption of firewood and deforestation in Nepal. Their findings show a positive relationship between consumption of firewood and deforestation due to poverty. The hypothesis behind is that people living under poverty is incentivized to clear forests in order to practice subsistence agriculture. The second work proposed by Heltberg et al. (2000) relate the choice of household fuel and forest degradation in India and found that households choose fuels based on the stock of forest. Whenever, the stock is reduced they switch to firewood or other fuels such as charcoal.

Jumbe and Angelsen (2011) found that in Malawi the determinants behind using firewood as fuel is related to aspects such as distance for the resources and the existence of plantation managed in harmony with environment. Heltberg (2005) finds, for Guatemalan households that, fuel choice is determined by both the family income and the opportunity costs of firewood. Moreover his findings show that is possible to observe the use of multiple fuels and the use of LPG is seen in household which members are more educated. Gupta and Kohlin (2006), for their study of household fuel in Kolkata in India, proved that the education of household head is positively related with consumption of kerosene and LPG and negatively related with firewood and coal. Chen et al. (2006) found that education is negatively related with the use of firewood but it is insignificant in the consumption of coal in Jiangxi, China.

Israel (2002) shows that there are barriers for the choice of LPG in Bolivian households and that access to better economic opportunities for women reduce the consumption of firewood. Pundo and Fraser (2003) showed that the education of spouses and dwelling characteristics are important determinants for cooking fuel choice in Kenya. Ouedraogo (2006) finds for households in Burkina Faso that switching from biomass fuels to LPG and kerosene is strongly related with factors like poverty, specifically the possession of electricity in the household. All those studies modelled the choice of household fuel for cooking but another possible use of fuel in the households is for heating purposes. Braun (2010) finds that the choice of fuel for heating in German households is determi-

ned by the dwelling characteristics. Couture et al. (2012) modelled the fuel household choice for heating in French households. Their results are counter-intuitive as they state that more educated people tend to use more firewood and less LPG because they are more susceptible to global warming and they recommend to subsidize the consumption of firewood. they say that people more educated use more firewood and less LPG because people more educated is more susceptible to global warming and they recommends to subsidize the consumption of firewood There is plenty of evidence supporting the fact that the excessive use of firewood is related with deforestation, soil erosion ² and with health problems WHO (2002).

What to tell the experts about of the process for choice fuel? There are two approaches that are opposite to each other. The first approach is the energy ladder model and the second one is the multiple fuels model: Leach (1992), Masera, et al. (2000). Based on the literature review, neither energy ladder model nor multiple fuels can explain all processes of adoption in all areas; however, these theories could be a base to do research on this issue.

The energy ladder model argues that the people switch from biomass fuels to modern fuels and that this switching is related with economic improvement in the household and the modernization process of cities due to economic development in developing countries. Through analyzing data of many developing countries, Leach (1992) proposed that an energy transition is occurring. Poor households are beginning to use firewood but as their income increase they start to acquire fuels that produce less damage such as charcoal and eventually they will end using clean fuels like LPG or electricity. The switching option to LPG or electricity is available in urban areas and its access improves the welfare of the members of the household, as noted by Smith et al. (2005). For this approach Davis (1998) assessed the effect of electricity in the transition energy. His results do not showed strong evidence that energy ladder model is fulfilled in South Africa because people do not remove completely consumption of biomass fuel.

The multiple fuels model argues that households use several fuels, i.e., fuels that

²Heltberg et al. (2000), Chen et al. (2006) and Amacher (1996) explain that the use of firewood is associated with deforestation, soil degradation and other environmental problems

are complementary and not substitutes. Masera et al. (2000) developed a study in a rural Mexican municipality with access to biomass and modern fuels with the objective to assess if energy ladder model apply in Mexico. They demonstrated that this model does not apply in Mexico. Instead, they found that the people use multiple fuels. They explain that the energy ladder fails in Mexico due to lack of unidirectional switching, i.e., not necessarily remove biomass fuel. Households have preferences for cook determined food with determined fuels for instance tortillas are cooked using firewood in comal. Finally, they concluded that economic development does not correlate with pollution reduction. Heltberg (2005) concludes that in Guatemalan households it is possible to find many households that consume multiple fuels but this only occurs in urban areas. After reviewing both approaches it can be said that it is difficult to generalize one or another model in order to explain other contexts in other societies. Hence, it is a difficult task to establish with clarity if the endogenous degree in adoption fuels matters, so we have decided to model the choice of household fuel instead.

2.2.2 Firewood and respiratory illnesses

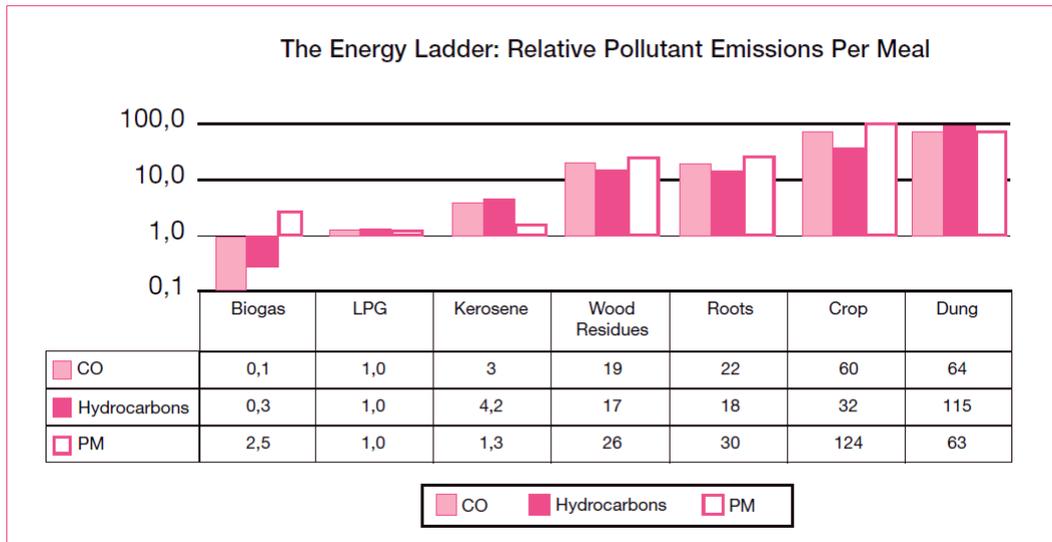
There exists a large regarding health problems associated with exposure to contaminants of biomass (firewood, charcoal, and others). For instance, World Bank, WHO, Universities and Centers of Research had developed studies regarding this issue, principally in rural areas for developing countries. The principal issues in health are related with respiratory problems, is because the most papers are related to epidemiological aspects. According to The World Health Report 2002 of WHO, there is evidence that biomass fuels are associated with health problems, specifically, respiratory diseases. There are many studies that associate the exposure to contaminants produced by firewood with health problems: Balakrishnan et al. (2004), Dasgupta et al. (2004a and 2004b). In these articles measurements of contaminants were taken in specific areas in dwelling, such as bedrooms or cooking room; the authors concluded that these measurements imply potential risk for health in exposure people. The results show that there is positive association between high concentrations of contaminants and prevalence of respiratory problems. However, Dasgupta et al. (2004b) show the importance of ventilation factors in dwellings in the mitigation of health risks. These factors are cooking room located in open areas, roofs and walls with permeable material, which disperse the smoke and particles derived of firewood consumption.

In contrast, there exists other studies that use measures of particles realized on people or use questionnaires about symptoms related to health problems. These studies related exposure to firewood in household with incidence of acute respiratory infections (Ezzati et al. 2002), low birth weight children of expose mother (Boy et al., 2002), infant mortality (Hughes and Dunleavy, 2000) and cataracts in mature women a border between Nepal and India (Pokhrel et al., 2005). Naeher et al. (2001) find for a study in Guatemala, that households exposure to carbon monoxide due to consumption of firewood have more health problems that household with less exposure.

The problem with the consumption of firewood and others biomass is that they imply incomplete burning³. Incomplete burning is that the fuel does not consume totally and for this reason there are particles suspended in the air that contain toxic substance as Monoxide of carbon that are harmful for health and can cause respiratory problems in exposed people. This problem may become worsen if households do not have the proper ventilation such as cooking room located in open areas, roofs and walls with permeable material that permits dissipate the pollution however it does not totally disappear.

The studies described above have as principal drawback that they consider as exogenous the levels of exposure to contaminants in exposed people, but is possible that tasks are already established for each household for each member according to his gender or place occupied in hierarchical structure within household. Pitt et al. (2006) include in their analysis the time of exposure, which is positive associated with the probability of suffering respiratory problems. Moreover, they consider exposure as endogenous. Specifically, it depends on the type of relationship that woman has with the household head. The mother of household head decides which women cook and which ones dedicate to work in farm. When we correct for endogeneity due to exposure time, the effect on exposure time under the presence of respiratory problems is higher than the estimates that does not correct for this bias. Finally, we demonstrate that the presence of ventilation factors is irrelevant in the mitigation of the existence of respiratory problems.

³"Fuel for life", WHO (2006)



Source: Extracted of Smith, et al.(2005). Logarithmic scale. The values are shown as grams per megajoule of energy delivered to the cooking pot (g/MJ-d)

2.2.3 Health problems, firewood vs. LPG

As it was explained in the last section, exposure to contaminants derived from consumption of firewood is associated with health problems. Smith, et al. (2005) and many other studies done by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) detail the advantages of LPG versus firewood. Specifically, LPG is not related to health problems and it is more efficient than biomass fuels. Smith, et al. (2005) developed a replicable experiment cooking rice with different combinations of fuels and kind of stoves to determine efficiency and contaminants liberated during the burning process. Figure 1 shows that LPG burn up totally but biomass fuels have incomplete combustion and therefore it makes sense to study the damage of health arising from consumption of all fuels and compare the effects for each fuel. Firewood is less efficient than LPG and more contaminant. Moreover, the Mexican Census Population 2010 shows that approximately 15 % of the households in Mexico use firewood for cooking. Because there is not literature about this cause-consequence question, our paper will contribute to respond this question.

2.2.4 *Indoor air pollution and labor force participation, firewood vs. LPG*

Many diseases related to firewood consumption imply economic losses, specifically, lost productivity (for example, lost worked hours) and medical expense, which limits participation in household activities, in labor market and in schooling, affecting adversely household development. The relation between illness caused by firewood-based indoor pollution and economic losses has been not studied yet. While for the relation between medical and expenses and illnesses a study realized in India by Hughes and Dunleavy (2000), found a positive relation between the use of firewood and infant mortality⁴ associated with respiratory causes, using a survival curves an DALYs⁵ measure. After, they estimated monetary values for avoided deaths to reduce IAP, but in this case to talk about causality is not possible because their estimates are based-on relative risks and attributable factors obtained from other studies and these findings are used for descriptive purposes or as a starting point (generally, case-control studies with few observations, with longitudinal more technical). In Mexico, a study of this type is the one of Hoejer et al. (2005) on which they calculated that the IAP generated economic losses in morbidity accounting for 6.1 millions of U.S. dollars.

Regarding the relationship between illnesses caused by firewood-based indoor pollution there are not studies with causal framework. Dufflo et al. (2007) argues that the problems of IAP can generate lost productivity, specifically, in reduction in labor force participation and reduced working hours. Kishore and Spears (2012) found that the use of improved kitchen improves the well-being of people respect to people that do not use it. Although they do not developed causal studies on the effects exposure to firewood and labor variables, there exist studies related to health status (or health problems) and its effects on labor aspects such as labor force participation, worked hours and labor earnings. An issue is the difficulty to measure correctly the health status on the people due to endogeneity problems and difficulty in measurement problems⁶. Sickness should make people less productive, but is difficult to measure his health status as pointed out by

⁴Infant mortality is refereed on child under five years

⁵DALY is Disability-adjusted life year

⁶Is complicated find a good measure that reflect to health status. Self-perception health may introduce another source of endogeneity resulting from the possibility that people out of the labor force report poor health to justify their non-participation, Cai (2010)

Schultz and Tansel (1997). These authors studied wage and labor supply effects of illness in two African countries: Ghana and Ivory Coast. The problem is the measurement error when you are trying to measure the health with individual self-reports. Its implications are endogeneity, so the estimates are incorrect or biased. Using disabled days as a health measure in order to correct the endogeneity issue by using relative food prices and local health infrastructure, they found the disability days reduce wage by at least 10% and working hours by 3% or more, although they did not estimate impacts in the probability of labor force participation, something that we will make in this paper.

Tsafack and Zamo (2010) studied the effect of fertility on health status and in labor force participation for female workers in Cameroon. Using a simultaneous-equations model and 2SLS⁷, they found a negative effects of fertility in health status (self-reported) and turn in labor force participation. Kidd et al. (2000) assess if there are differences among able-bodied and disabled men in United Kingdom. Correcting by selectivity, they found that there is a discrimination component in differential of wage among able-bodied and disabled men. Cai (2010), evaluated the relationship between health and labor force participation for male and female Australian workers. Correcting the endogeneity in three ways (presents by measurement error, simultaneity and unobserved heterogeneity) he uses panel data simultaneous equation model, dividing in estimates for men a women and he found positive effect of health in labor force participation and rejects exogeneity of health measurements.

In other cases, objective health measures are used: the presence of chronic disease and its relationship with labor force participation. Zhang et al. (2009) study the impact of several chronic diseases (diabetes, cardiovascular diseases, mental diseases and others) in labor force participation in Australia. All diseases are measured for responses by individual with mental problems (which is measured with a test). Using a quadrivariate endogenous probit, they found a negative impact of prevalence of chronic diseases in labor force participation, which differ by gender. The authors showed it is right to correct by endogeneity. Brown III et al. (2005) researched the impact of diabetes on employment in American people that live near to border with Mexico. Using genetic factors (familiar history of diabetes) as instrumental variables, they used a bivariate endogenous probit for

⁷2SLS is Two-stage least squares

to correct endogeneity. Their results show that there exists a negative relationship between diabetes and labor force participation, but it is significant only for men. Chatterji et al. (2011) estimated the effects of recent psychiatric disorders on employment, hours worked and wages. They use the National Comorbidity Survey-Replication of United States, and diagnostics are determined by questionnaire. They used a bivariate endogenous probit and 2SLS models and their results found negative effects of presence in psychiatric diseases in labor force participation, wages and hours worked.

For Mexico, there are two studies related with health status and labor force participation (LFP) in elderly people. First, Parker (1999) studied the effect of health and salaries in the labor market for elderly people using the 1994 National Aging Survey. She found that people with bad health reduce their hourly earnings. Second, van Gameren (2008) used the 2001 Mexican Health and Aging Study. He found a positive probability of LFP with good health status. Both studies used IV method to correct for measurement error due that health status is measured by self-report health.

2.3. THEORETICAL MODEL

Fuel consumption is an important resource for developing activities such as cooking and heating, and this fact generates utility for each individual that use them. The purpose of this section is to propose a theoretical model that links the process through which each individual within household choose fuel (or fuels) for cooking and heating and the presence of health problems (specifically, respiratory problems) and its effects in labor force participation.

For our model, we based on papers about choice of household fuel or amount of household fuel: Amacher et al. (1996), Heltberg et al. (2000), Gupta and Colin (2006), Chen et al. (2006) and Chaudhuri and Pfaff (2003). In these papers, the authors propose an economic model in a framework to maximization constrained problem. They assume that households maximize their utility through choosing a fuel for cooking or heating subject to constraints such as expenditure, production functions of rural goods, and the collection function of firewood. In their solutions, the household finds the optimum quantities of produced goods. The first models that explain this are Amacher et al. (1996)

and, Heltberg et al. (2000). For our purpose, these models only are useful for the first part, i.e., to model fuel choice but we need to model of second part that is the relationship between exposure to fuel and health problems.

For the second part, there are many papers that model household utility maximization in relation to characteristics related with health such as Nutrition and health as Strauss and Thomas (1998), Pitt et al. (1990a). Others studies as Pitt et al. (1990b) propose the effects of illness in children under five years over the time dedicated for school in siblings woman; the difference with others papers is that in this model the household maximizes a health production function. We follow Pitt et al. (2006) because they propose a function related to exposure to fuel (in that case, firewood) and health problems. However, there is not a process to choose fuels and all households cook using only firewood.

We assume that an individual A obtain utility consuming fuels for cooking and when he has a good health status a composite good such as food is produced by himself. He also obtains utility dedicating time to produce health and, for leisure. This fact is represented by his utility function that is based-on his personal characteristics:

$$U = U (F_1, \dots, F_J, C, H, T^H, T^L; \mathbf{X}^P) \quad (2.1)$$

C is a composite good (Hicksian good with price normalized to one),

F_i is the amount of household fuel i , $i=1, \dots, J$,

T^H Time dedicated to produce health

T^L Time dedicated to leisure

X^H is a vector of personal characteristics,

Individual A can use one or more fuels for cooking, provided that these fuels generate utility for the individual. For instance, any people prefer to use LPG not firewood, therefore the utility generated by firewood is zero in this case. Based on the literature review, we can propose the signs of derivatives on utility functions.

$$\frac{\partial U}{\partial F_i} \geq 0 \quad \text{For every fuel } i=1, \dots, J \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial C} > 0, \quad \frac{\partial U}{\partial H} > 0, \quad \frac{\partial U}{\partial T^H} > 0, \quad \frac{\partial U}{\partial T^L} > 0 \quad (2.3)$$

According to economic theory ⁸ the consumption of food and leisure increase the utility of the individual therefore, the signs of partial derivatives of the utility function respect these arguments is positive. Based on Grossman (1972), health status is considered as part of human capital and is positively related with the utility. Moreover, according to Grossman (1999) if an individual dedicates time to produce health it consequently improves health. Individual A needs to maximize his utility by choosing at least the fuel for cooking; the quantities of composited good; the time dedicated to produce health; the time dedicated for leisure and; the optimum level of health that is produced by individual A. This faces a maximization problem subject to expenditure and time constraints and, to his production of health which is produced using the technology function:

$$H = H (F_1, \dots, F_J, S, T^H, C; \mathbf{X}^P) \quad (2.4)$$

According to Smith et al. (2005) health of individual A is produced based-on the types of fuels used for cooking, which can negatively or non-affect the health⁹ such as firewood, coal or dung. Health is produced when an individual uses inputs S that are bought in the market; these inputs could be medicines, vitamins and, a member in a gym among many others. Input's prices are denoted P_S . Consumption of composite good also increase the individual health. Time for dedicated to produce health is important because it can increase health; this time is related with activities such as practicing sports. The signs of derivative of health production function are:

$$\frac{\partial H}{\partial F_i} \leq 0 \quad \text{For every fuel } i=1, \dots, J \quad (\text{to prove}) \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial H}{\partial S} > 0 \quad (\text{Grossman, 1999})$$

$$\frac{\partial H}{\partial C} > 0, \quad (\text{to prove})$$

$$\frac{\partial H}{\partial T^H} > 0 \quad (\text{Grossman, 1999})$$

⁸Deaton and Muellbauer (1980)

⁹we will prove this fact through to resolve of model

Individuals choose at least one fuel for cooking and their choice is made based on personal characteristics such as age, education, and others. There are papers that relate the exposure to biomass fuel (firewood, charcoal and coal) with the prevalence of respiratory diseases but they assume that the choice of fuel is exogenous. However, if the choice household fuel is not exogenous, then the exposure to fuel by household member cooking is not exogenous and therefore the empirically proven relationship by the literature, such as Ezzati et al. (2002), Boy et al. (2002), Hughes and Dunleavy, (2000), Pokhrel et al. (2005) and Pitt et al. (2006) have problems of endogeneity. This fact is the reason that makes our model important because it will bring some light to answer this question.

Individual A has a total allocation of time, which is shared among three activities: work, leisure and production of health.

$$\bar{T} = T^W + T^H + T^L \quad (2.6)$$

\bar{T} is the total allocation time,

T^W is time to work,

T^H represents time to produce health,

T^L is the time for leisure

The expenditure constraint is used to buy composite good, inputs for health and fuels for cooking and it is funded with labor and non-labor income and w is a wage rate.

$$C + \sum_{j=1}^J P_j F_j + P_S S = \bar{Y} + w \mathbf{T}^W \quad (2.7)$$

\bar{y} is non-labor income. Substituting equation (6) in (7):

$$C + \sum_{j=1}^J P_j F_j + P_S S = \bar{Y} + w(\bar{\mathbf{T}} - \mathbf{T}^H - \mathbf{T}^L) \quad (2.8)$$

Reordering (8), we obtain equation 9.

$$C + \sum_{j=1}^J P_j F_j + P_S S + w(T^H + T^L) = \bar{Y} + w\bar{T} \quad (2.9)$$

Equation 9 is called **Full-income constraint**. This equation represents the purchasing power of individual A, which can be spent in composite good, fuels for cooking, inputs for health, time to produce health and time for leisure. Equation's name appears in Deaton and Muellbauer (1980). We assume that fuel are used in non-negative quantities and that at least one fuel is used. All prices of fuels are strictly positive.

$$F_j \geq 0 \quad \text{For each } j=1, \dots, J \quad (2.10)$$

With respect to utility function, we assume that $u \in C^2$ respect to all variables. The Problem of Maximum Constrained is showed in equation (11):

$$\max_{F_1, \dots, F_J, C, S, T^H, T^L} U = U(F_1, \dots, F_J, C, H, T^H, T^L; \mathbf{X}^P) \quad (2.11)$$

subject to:

$$C + \sum_{j=1}^J P_j F_j + P_S S + w(T^H + T^L) = \bar{Y} + w\bar{T}$$

$$F_j \geq 0 \quad \text{For each } j=1, \dots, J$$

The link between health problems and labor force participation is done through the labor supply function. Individual A offers his labor based-on both the wage rate paid in the market and on his health status. Zhang et al. (2009) and Brown III et al. (2005) showed there is a negative relationship among health problems¹⁰ and labor force participation. Economic theory shows that there is positive relationship between wage rate and labor force participation.

$$L^w = L^w(w, H) \quad (2.12)$$

And its derivatives:

$$\frac{\partial L^w}{\partial w} > 0, \quad \frac{\partial L^w}{\partial H} > 0 \quad (2.13)$$

From equation (13) it is possible to identify the effect of fuel that is harmful for health in labor force participation. Replacing (2.4) in (2.12), we obtain:

¹⁰or positive between good health and labor force participation

$$L^w = L^w(w, \mathbf{H}(\mathbf{F}_1, \dots, \mathbf{F}_J, \mathbf{S}, \mathbf{T}^H, \mathbf{C})) \quad (2.14)$$

Applying chain rule to (2.14) we obtain the change in labor force participation as from to fuel i:

$$\frac{\partial L^w}{\partial F_i} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\partial H}{\partial F_i} \right) \quad (2.15)$$

The sign in (2.15) is non-positive because the first term in right side is positive but sign of second term can be zero or negative, depending if fuel i is harmful for health or not. Returning to maximization problem of individual A, the Lagrangian function for this problem is showed in the following equation.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & U(F_1, \dots, F_J, C, H(F_1, \dots, F_J, C, S, L^H), T^H, T^L) \\ & \lambda \left(\bar{Y} + w\bar{T} - C - \sum_{j=1}^J P_j F_j - P_S S - w(T^H + T^L) \right) + \gamma_1 F_1 + \dots + \gamma_J F_J \end{aligned}$$

Kuhn-Tucker conditions:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial F_i} = \frac{\partial U}{\partial F_i} + \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial F_i} - \lambda P_i + \gamma_i = 0 \quad \text{for each fuel } i=1, \dots, J \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C} = \frac{\partial U}{\partial C} + \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial C} - \lambda = 0 \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial S} = \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial S} - \lambda P_S = 0 \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T^H} = \frac{\partial U}{\partial T^H} + \frac{\partial U}{\partial H} \frac{\partial H}{\partial T^H} - \lambda w = 0 \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T^L} = \frac{\partial U}{\partial T^L} - \lambda w = 0 \quad (2.20)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = \left(\bar{Y} + w\bar{T} - C - \sum_{j=1}^J P_j F_j - P_S S - w(T^H + T^L) \right) = 0 \quad (2.21)$$

And slacknesses complementary constraint:

$$\gamma_i \geq 0, \quad F_i \geq 0, \quad \gamma_i F_i = 0 \quad \text{for each fuel } i=1, \dots, J \quad (2.22)$$

In (2.22) we must prove if constraints are active (i.e., if gamma is zero) or inactive (if gamma is positive). If γ_i is zero means that individual A uses Fuel i. Because there are J fuels, so there exist 2^J cases respect to values of gammas¹¹. We are interested in one case, when all gammas are zero, i.e., when all slacknesses constraint are actives, it fact implies interior solution¹²

From Kuhn-Tucker conditions, we can find relationship for the analysis of model. Reordering (2.20) we can obtain the sign of λ :

$$\lambda = \frac{\frac{\partial U}{\partial T^L}}{w} > 0 \quad (2.23)$$

In (2.23), λ is positive because marginal utility of leisure is positive and wage rate too. In this case, λ represents of marginal utility of full income. Replacing (2.23) in (2.18) we obtain marginal productivity in health respect to health inputs:

$$\frac{\partial H}{\partial S} = \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial T^L}}{\frac{\partial U}{\partial H}} \right) \left(\frac{P_S}{w} \right) > 0 \quad (2.24)$$

In (2.24) is showed that the health marginal productivity of health inputs is positive and increase when price of inputs? health is bigger than wage rate. This expression is positive because the ratio of marginal utilities od leisure and health are positive. This expression is postulate by Grossman's Model. Moreover, replacing (2.23) in (2.19) we obtain marginal productivity in health of time to produce health:

$$\frac{\partial H}{\partial T^H} = \frac{\frac{\partial U}{\partial T^L} - \frac{\partial U}{\partial T^H}}{\frac{\partial U}{\partial H}} \quad (2.25)$$

Based-on Grossman's model, we assume that the health marginal productive from time dedicated to health is positive; it is true if the marginal utility for leisure is bigger than marginal utility of time for health. Marginal productivity of health due to composite good is obtained replacing (2.23) in (2.17):

¹¹For a good reference about issue, you can revise Sundaram (1996)

¹²Sundaram, op. cit.

$$\frac{\partial H}{\partial C} = \frac{\frac{1}{w} \frac{\partial U}{\partial T^L} - \frac{\partial U}{\partial C}}{\frac{\partial U}{\partial H}} \quad (2.26)$$

In (2.26), this expression is positive if the marginal utility of leisure, weighted by wage rate, is bigger than marginal utility of composite good. Finally, we need to prove the effect of fuel use in health status for individual A, for this, replacing (2.23) in (2.16):

$$\frac{\partial H}{\partial F_i} = \frac{\frac{P_i}{w} \frac{\partial U}{\partial T^L} - \frac{\partial U}{\partial F_i}}{\frac{\partial U}{\partial H}} \quad \text{for each fuel } i=1, \dots, J \quad (2.27)$$

In (2.27) all elements are positives. Conditions to obtain that the derivative of health from fuel i be non-positive is that marginal utility of fuel i is at least equal to marginal utility of leisure, multiplied by price of fuel and divided by wage rate. If fuel k is harmful for health, it means that the second term in numerator is bigger than first term, so derivative is negative, it is, if individual A consumes fuel k obtains utility but this fuels increase his risk to have respiratory problems but fuel is consumed due this fuel satisfy a need in short term cooking. The respiratory problems can be caused after exposure to fuel when people are cooking. Moreover, if price of fuel i is inexpensive, even smaller than wage rate, first term in (2.27) is more little than second, resulting in a negative expression. If any fuel k is harmless for health, so its partial derivative of health respect to fuel k is zero.

Which are effects in labor supply due to fuels, health inputs, composite good and time dedicated to produce health? From (2.14) we can derive respect to mentioned elements. (2.27) can be replaced in (2.15):

$$\frac{\partial L^w}{\partial F_i} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\frac{P_i}{w} \frac{\partial U}{\partial T^L} - \frac{\partial U}{\partial F_i}}{\frac{\partial U}{\partial H}} \right) \leq 0 \quad (2.28)$$

Equation (2.28) implies that if any fuel is harmful for health, i.e., generates respiratory problems, individual A will be sick and this will reduce his participation in labor market, so the effect of fuel in labor force participation is negative. Therefore, we propose that the effect of fuel in labor force participation is across health status, the latter has an effect in labor force participation. If fuel is harmless to health, the effect in labor force participation is zero. Deriving (2.14) respect to health inputs, we can obtain the effects in labor force participation when individual i to invest in health inputs:

$$\frac{\partial L^w}{\partial S} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\partial H}{\partial S} \right) \quad (2.29)$$

Replacing $\frac{\partial H}{\partial S}$ in (2.29) by (2.24) obtain:

$$\frac{\partial L^w}{\partial S} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial \mathbf{T}^L} \mathbf{P}_S}{\frac{\partial U}{\partial \mathbf{H}}} \right) \quad (2.30)$$

$$\frac{\partial L^w}{\partial T^H} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\frac{\partial U}{\partial \mathbf{T}^L} - \frac{\partial U}{\partial \mathbf{T}^H}}{\frac{\partial U}{\partial \mathbf{H}}} \right) \quad (2.31)$$

In (2.30) you can observe that both terms in right side are positive, it implies that if individual A invests in to buy health inputs, this fact increase his health and increase also the probability of participate in labor market. Analogously, we can obtain the derivative of labor supply respect of time to produce health¹³.

The effect of health time in labor supply is positive but, is lower than effect of health inputs: if individual A dedicates more time to produce health, the latter increases and this fact can increase labor force participation, but if individual dedicates more time for health it reduce net time dispoable for work, then the effect in labor force participation is positive but lower than if relationship between $\frac{P_S}{w}$ is equal or less than one.

Finally, the effect of consumption of composite good in labor supply is positive because if individual A increase his consumption of C¹⁴ this fact implies that a good nutrition improve health and this implies to improve probability to participate in labor market. Based-on results about theoretical model, we estimate an econometric model to contrast, empirically, if these results have a right signs and partial derivatives, and this fact can give validity the model.

¹³Deriving (2.14) respect to T^H and replace $\frac{\partial H}{\partial T^H}$

¹⁴We assume increase C in levels that is harmless of individual A

$$\frac{\partial L^w}{\partial C} = \left(\frac{\partial L^w}{\partial H} \right) \left(\frac{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{w}} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial \mathbf{T}^L} - \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial \mathbf{C}}}{\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial \mathbf{H}}} \right) \quad (2.32)$$

If we assume a Cobb-Douglas specification for utility function with J fuels, health production function and labor supply ¹⁵, then is easier to understand the effects obtained in theoretical model.

$$U = F_1^{\alpha_1} \dots F_J^{\alpha_J} C^{\alpha_{J+1}} H^{\alpha_{J+2}} (T^H)^{\alpha_{J+3}} (T^L)^{\alpha_{J+4}} \quad \text{Utility function} \quad (2.33)$$

$$H = F_1^{-\beta_1} \dots F_J^{-\beta_J} C^{\beta_{J+1}} S^{\beta_{J+2}} (T^H)^{\beta_{J+3}} \quad \text{Health production function} \quad (2.34)$$

In (2.33) and (2.34), all coefficients (alphas and betas) are positive and sum one. In (2.34) coefficients in fuels are negative because we assume that all fuels are harmful for health and you derive health production function respect any fuel, the result is negative. Labor supply function is:

$$L^w(w, H) = w^\gamma H^{1-\gamma} \quad \text{Labor supply function} \quad (2.35)$$

Replacing health production function in the utility function and considering constraints explained above, we solve the maximization problem and to find solution for fuels bought, composite good, health inputs and time dedicated to produce health and leisure. The unique feasible solution¹⁶ is when all slacknesses complementary constraints are active (i.e., are multipliers are zero). The solution is:

$$F_j^* (\bar{Y} + w\bar{T}, P_1, \dots, P_J, P_S) = \left(\frac{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}}{P_j} \right) (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad \text{for each } j=1, \dots, J \quad (2.36)$$

$$C^* (\bar{Y} + w\bar{T}, P_1, \dots, P_J, P_S) = (\alpha_{J+1} - \beta_{J+1} \alpha_{J+2}) (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad (2.37)$$

$$S^* (\bar{Y} + w\bar{T}, P_1, \dots, P_J, P_S) = \left(\frac{\alpha_{J+2} \beta_{J+2}}{P_S} \right) (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad (2.38)$$

¹⁵In appendix section we explain, in detailed way, the solution of maximization problem

¹⁶It will develop in appendix section

$$T^{H*}(\bar{Y} + w\bar{T}, P_1, \dots, P_J, P_S) = \left(\frac{\alpha_{J+3} + \beta_{J+3}\alpha_{J+2}}{w} \right) (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad (2.39)$$

$$T^{L*}(\bar{Y} + w\bar{T}, P_1, \dots, P_J, P_S) = \left(\frac{\alpha_{J+4}}{w} \right) (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad (2.40)$$

In (2.36) you can observe that demanded quantity of any fuel j is a proportion of total income and price of this fuel. Negative term (that is, the product β_j and α_{J+2}) expresses that fuel i is harmful for health, so individual A demands less quantity respect to other fuel k that is identical i (i.e., same price) but that is harmless for health. So, we conclude that any individual will demand more quantity of any fuel when is harmless for health respect a fuel with same price but that is harmful for health.

$$H^*(\cdot) = \prod_{j=1}^J \left(\frac{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}}{P_j} \right)^{-\beta_j} (\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2})^{\beta_{J+1}} \left(\frac{\alpha_{J+2} \beta_{J+2}}{P_S} \right)^{\beta_{J+2}} \left(\frac{\alpha_{J+3} + \beta_{J+3} \alpha_{J+2}}{w} \right)^{\beta_{J+3}} (\bar{Y} + w\bar{T}) \quad (2.41)$$

$$L^{w*}(\cdot) = w^\gamma \left(\prod_{j=1}^J \left(\frac{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}}{P_j} \right)^{-\beta_j} (\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2})^{\beta_{J+1}} \left(\frac{\alpha_{J+2} \beta_{J+2}}{P_S} \right)^{\beta_{J+2}} \left(\frac{\alpha_{J+3} + \beta_{J+3} \alpha_{J+2}}{w} \right)^{\beta_{J+3}} (\bar{Y} + w\bar{T}) \right)^{1-\gamma} \quad (2.42)$$

In (2.41) and (2.42) you can observe direct effect of consumption from fuel i on health status and labor force participation. Coefficients from β_1 to β_J represent the degree of damage from consumption of fuel i in health status. If fuel i is harmless to health, so health status is higher than if fuel i is harmful for health. In same way, labor force participation is higher when fuel i is harmless for health. This fact shows that if any fuel is harmful for health, it reduces health status and reduces labor force participation and this latter can reduce worked hours and labor income too.

2.4. ECONOMETRIC STRATEGY

From the theoretical model, we conclude that an individual faces the decision about which fuels to employ in cooking activities and that there exists two effects to consider due to the use of fuels for cooking. The first one is the effect of exposure to fuel on health status; specifically the effect in prevalence of respiratory problems. The second effect is the one associated to respiratory problems on labor force participation. In the existent literature about these issues, each of them was studied in a separate way, i.e.,

there are studies about determinants of fuel choice used for cooking and heating; there are studies about the relationship between IAP and the prevalence of respiratory diseases and finally, there are studies about health problems (or health status) and labor force participation.

In the existent literature regarding IAP and its effects in respiratory problems is typical to consider exposure to IAP as exogenous, such as studies cited in literature review section above. This fact is the main drawback: the exposure can be endogenous because there exist factors that affect the decision about what household member is assigned to cooking. Pitt et al. (2006) found, in Bangladeshi households, that the distribution of activities such as cooking and farming work for women is assigned by household head's mother and this obeys to the status of women respect to the household head. For example spouse youngest of household head ¹⁷ or women with children less five years is assigned to cooking, so these women are more exposed that other women in household hence, exposure to IAP is clearly endogenous. In this study we assume that all households cooks with firewood. In countries as México, especially in rural areas, many tasks performed in the household have clearly division by gender, for instance cooking is defined as a task realized for women, therefore exposure to IAP cannot be exogenous in this context.

Respect to the fuel used for cooking it could exist other resource that become exposure to IAP in endogenous. If we take exposure to firewood or LPG as exogenous it is possible that we obtain biased estimates if we run an econometric model. There exists widespread literature (described above in literature section) regarding the determinants of use of fuels for cooking and heating. Variables as education, household income and living in urban areas are related to the use of clean fuels such as LPG, electricity and Bio-Gas. Additionally, it necessary to consider this source and problems of accessibility, i.e., in many places there are not accessibility to all fuels or some require suitable infrastructure such as LPG. In other cases, the cultural habits determine the use of determined fuel or the use is related with economic factors, for example Fernández and Islas (2005) found that indigenous people is more prone to use firewood than LPG in México.

Finally, in studies about the relationship between health status and labor force

¹⁷In Bangladesh, a muslim country, a man can married with four spouses

participation, the literature shows the existence of endogenous problems due to measurement errors in health status and simultaneity between health status and labor force participation. Cai (2010) shows that self-perception in health may introduce another source of endogeneity resulting from the possibility that people out of the labor force report poor health to justify their non-participation. Sickness should make people less productive, but it is difficult to measure his health status, fact that was pointed out by Schultz and Tansel (1997).

In this paper the endogeneity in health problems arose from the fact that health problems are caused by exposure to firewood. Therefore, it is necessary to correct these source of endogeneity in exposure to fuels used to cook and its prevalence in respiratory problems. For this reason we propose a multi-equation recursive model. Here, there exist two fuels for cooking available in Mexico, other fuels, such as electricity, kerosene or charcoal are less used.

Our dependent variables are dichotomous: the use of fuel has two options: firewood and LPG. Respect to respiratory problems it has also two options: presence - specifically, cough-or absence of respiratory problems. The last variable of the model is the participation in the labor market. In terms of Heckman (1978) we have a system of endogenous dummy variable. The character of this model is recursive: first, we estimate the choice of fuel used for cooking, after probability of respiratory problem, including as the explanatory variable the fuel used for cooking.

The last estimate is the probability of participating in labor market, including the variable of respiratory problems as the explanatory. We do not include variable of fuel in third equation because there are not theoretical and empirical reasons for including this variable in third equation¹⁸. This econometric implementation is appropriate to approach in a complete way the issues included in our study.

¹⁸Theoretical is referred to economic model and empirical model means that we did not find in literature a model that include this variable

2.4.1 Trivariate Probit Model

We propose a multivariate recursive probit. This model is a generalization of bivariate recursive probit proposed in Maddala and Lee (1976) and Maddala (1983). The goal is to estimate of determinants of fuel used for cooking after, to estimate the effects on health of exposure to IAP, and finally the effect of health problems on labor force participation in Mexico. Let W^* a latent variable of labor force participation of each individual, which is determined by his health status H and other covariates. But the health status is assumed as determined for the exposure of fuels F and the latter for personal characteristics. So, the equation of labor force participation is:

$$W^* = X'_W \beta_W + \zeta_H H + \varepsilon_W \quad (2.43)$$

From equation (2.43) you can observe that W^* depends to exogenous covariates X'_W and health status H . However, W^* is unobserved; we observe W that is determined by:

$$W = \begin{cases} 1 & \text{if } W^* > 0 \\ 0 & \text{if } W^* \leq 0 \end{cases}$$

W with value one is referred when the person participates in labor market and zero when does not. Respect to health problems is assumed as endogenous:

$$H^* = X'_H \beta_H + \theta_F F + \varepsilon_H \quad (2.44)$$

In (2.44), is observed that health status depends to exogenous covariates X'_H and dummy about type of fuel, F , which has a value of one for firewood and zero for LPG. H^* is unobserved; we observe H that is obtained by:

$$H = \begin{cases} 1 & \text{if } H^* > 0 \\ 0 & \text{if } H^* \leq 0 \end{cases}$$

$$F^* = X'_F \beta_F + \varepsilon_F \quad (2.45)$$

In (2.45) is observed that type of fuel depends to exogenous covariates X'_F . But, F^* is unobserved; we observe F that is obtained by:

$$F = \begin{cases} 1 & \text{if } F^* > 0 \\ 0 & \text{if } F^* \leq 0 \end{cases}$$

F with value one indicates that individual use firewood and zero that use LPG. This model is a trivariate recursive probit model due that two variables that operate as endogenous in each equation be explanatory in the others. This kind of system is known as triangular endogenous structure¹⁹ (Wooldridge, 2010 in chapter 9). In this system is observed that F is dependent variable in first equation but is explanatory in the second equation. Also, H is dependent in second equation but is explanatory in third equation.

In many cases the dependent variable in first equation is explanatory in third equation too, but in this paper not. The three equations are interrelated through the error terms. Assume that errors term are independent and identically distributed in all observations, following a trivariate normal distribution: $N \sim (\mathbf{0}, \Sigma_3)$ ²⁰. For purposes of identification, each variance is assumed to be one. The covariance-matrix is:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{WH} & \rho_{WF} \\ \rho_{WH} & 1 & \rho_{HF} \\ \rho_{WF} & \rho_{HF} & 1 \end{pmatrix}$$

With this model, we can estimate jointly the three equations that relates to household choice fuel, health problems and labor force participation. It is not necessary that exogenous covariates to be different for the identification of model. The only problem that all covariates are the same in three equations is too small variation in the data. Wilde (2000) explains in a Lemma: *The existence of one varying exogenous in regressors in each equation is sufficient to avoid small variation identification problems in multiple equation probit models with endogenous dummy regressors.*

However, we prefer include covariates of third equation in second equation and both covariates in first equation in similar way instrumental variables framework. In other side, the relationship between each pair of equations is showed for coefficient of correlation.

¹⁹A similar structure is used by Zhang et al. (2009)

²⁰General case is detailed in Greene (2008)

Greene (2008) explains that these correlations are called *tetrachoric correlations* when we compare pairs of equations.

The probabilities related with three variables of interest are given by:

$$Prob(W = w, H = h, F = f) = \Phi_3 \left(q_w(\zeta_H H + X'_W \beta_W), q_h(\theta_F F + X'_H \beta_H), q_f X'_F \beta_F, \widehat{\Sigma} \right)$$

Where $q_w = 2w - 1$, $q_h = 2h - 1$ and $q_f = 2f - 1$. In each case q_m m=w,h,f is 1 if w, h or f is 1 or -1 if w,h or f is 0, and $\widehat{\Sigma}$ as was defined above. The log-likelihood function is:

$$\log L = \sum_{i=1}^N \log \Phi_3 \left[q_{iw}(\zeta_h H + X'_{iw} \beta_w), q_{ih}(\theta_f F + X'_{ih}), q_{if} X'_{if} \beta_f | \widehat{\Sigma} \right] \quad (2.46)$$

The problem with (2.46) is that it requires the evaluation of multiple integral, triple integrals for this trivariate probit model. When it is necessary to estimate models that use normal distribution it is not possible to obtain the closed-form solution, maximum likelihood estimation is a very complicated method to obtain good and quick results, it is detailed in Greene (2008). Although there are many methods for to evaluate trivariate integration, the most adequate is the GHK²¹ simulator or Maximum Simulated Likelihood (MSL).

The GHK simulator take the advantage that a multivariate normal distribution function can be expressed as the product of conditioned univariate normal distribution functions, which can be evaluated in an easy way. This transformation uses the probability conditional theorem ²². In Cappellari and Jenkins (2003) the process of GHK simulator is explained in detail. The probabilities are obtained by simulating recursive processes from inverse cumulative normal distribution R times. The simulated probability is then plugged into the likelihood function, and standard maximization techniques are used.

The MSL estimator is unbiased and consistent when the number of draws and the number of draws tends to infinity. If the ratio of the number of draws to the square root

²¹GHK is called due Geweke, Hajivassiliou and Keane. A detailed survey about it can be revised Gourieroux and Monfort, (1996)

²² $P(A|B) = \frac{P(A \cup B)}{P(B)}$ Bayes' theorem

of the sample size is sufficiently large, so the simulation bias is reduced to zero²³. Finally, the solution is obtained only when the convergence is obtained of course.

2.4.2 Estimates of conditional probabilities and treatment effects

A useful tool that can be obtained from this trivariate probit is predicted probabilities and treatment effects²⁴. These measures are a source of information that can be used to understand the research problem in a better way. For example, we can estimate what is the probability of respiratory problems due to firewood and LPG exposure or the probability to participate in the labor market conditional on being healthy or not. That is, when we deduct two conditional probabilities with the same final result but different previous condition. For example the treatment effect of firewood in the prevalence of respiratory problem is the probability of a person being sick conditional to the use of firewood minus the probability of a person being sick conditional to the use of LPG. Based on Smith et al. (2005) we expect this effect to be positive. Zhang et al. (2009) explain that these probabilities are composed by ratios because these are composite events. Treatment effect of firewood in respiratory problems is calculated in this way:

$$\hat{P}(Disease = 1|Firewood = 1, X) = \frac{\sum_{w=0,1} \hat{P}(LFP = w, Disease = 1|Firewood = 1)}{\sum_{w,d=0,1} \hat{P}(LFP = w, Disease = d|Firewood = 1)} \quad (2.47)$$

$$\hat{P}(Disease = 1|Firewood = 0, X) = \frac{\sum_{w=0,1} \hat{P}(LFP = w, Disease = 1|Firewood = 0)}{\sum_{w,d=0,1} \hat{P}(LFP = w, Disease = d|Firewood = 0)} \quad (2.48)$$

$$TE_{Firewood} = \hat{P}(Disease = 1|Firewood = 1, X) - \hat{P}(Disease = 1|Firewood = 0, X) \quad (2.49)$$

Analogously, we can calculate treatment effect of disease in labor force participation.

²³Cameron and Trivedi (2005)

²⁴We based-on this part in Zhang et al. (2009)

$$\widehat{P}(LFP = 1|Disease = 1, X) = \frac{\sum_{f=0,1} \widehat{P}(LFP = 1, Disease = 1|Firewood = f)}{\sum_{w,f=0,1} \widehat{P}(LFP = w, Disease = 1|Firewood = f)} \quad (2.50)$$

$$\widehat{P}(LFP = 1|Disease = 0, X) = \frac{\sum_{f=0,1} \widehat{P}(LFP = 1, Disease = 0|Firewood = f)}{\sum_{w,f=0,1} \widehat{P}(LFP = w, Disease = 0|Firewood = f)} \quad (2.51)$$

$$TE_{Disease} = \widehat{P}(LFP = 1|Disease = 1, X) - \widehat{P}(LFP = 1|Disease = 0, X) \quad (2.52)$$

Due that is the trivariate probit, we can observe eight possible results $2^3 = 8$, conditional probabilities are formed by these marginal probabilities.

2.5. DATA

The data comes from the Mexican Family Life Survey (MxFLS); this is a multi-thematic survey that presents information about themes such as expenditure in consumption of household, socio-demographic characteristics, health and anthropometrics measure, violence, and dwelling characteristics (type of roof, walls, use of fuel in the households). MxFLS is a longitudinal survey with national and rural-urban representativeness.

There are two waves for this survey: 2002 and 2005. We use the subsample of the first wave which surveyed people aged 15-65 years both men and women. The reason for using this subsample is to focus in people that can potentially participate in the labor market, can be exposed to IAP and, can choose fuels for cooking. The objective is to model the process that determines the choice of fuel for cooking, the effect of the latter in the prevalence of respiratory problems and its effects in the labor force participation. This is why we use variables that are related to this process. Additionally, we estimate a separated model by gender due to the fact that structurally the labor force participation is different by gender. Female participation especially married women includes information about their husbands such as the salary and if they have children. Mroz (1987) models

female wage, specifying labor force participating as endogenous. In the total sample for the first wave there are 8,440 households and 35,677 people (17,154 men and 18,523 women). Our subsample consists of 8,310 men and 10,483 women aged 15-65 and these observations have information for all the variables used in the analysis. Tables 1 and 2 summarize the descriptive statistics for men and women. It can be seen that the list of variables are almost equal except for one variable: for men it is included a dummy variable with value of one if the person is household head and zero otherwise; for women it is included a dummy variable with value of one if the person has children under five years and zero otherwise. Three dichotomous variables denote respectively if the person use firewood (one if use firewood, zero if use LPG). The variable of respiratory problem is cough, it has value of one if person has cough and zero if not. Labor force participation has value one if the person works or looked for a job or the person worked without receiving a salary (in family business) and zero otherwise. The use of firewood is low, with proportions in women and men less to 0.4, but its use is high in rural areas (up to 0.6) respect to urban areas (less to 0.2), but its use is few different in women respect to men.

Table 1: Summary statistics for men

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	N
Household use firewood	0.355	0.479	0	1	8310
Person coughs	0.167	0.373	0	1	8310
Labor force participation	0.793	0.405	0	1	8310
Household have electricity	0.985	0.122	0	1	8310
Total expenditure of household	4,668.3	2,4852.2	0	1,453,310.2	8310
N. of members	4.884	2.21	1	17	8310
Person is indigenous	0.131	0.337	0	1	8310
% Households use LPG in municipality	0.799	0.239	0.01	0.99	8310
H. with cooking room	0.923	0.266	0	1	8310
Solid floor	0.875	0.331	0	1	8310
At least high school	0.163	0.369	0	1	8310
Age of person	37.976	17.681	15	94	8310
Person lives in urban zone	0.557	0.497	0	1	8310
Household head	0.613	0.487	0	1	8310

Prevalence of cough is lower both in women and men but is slightly higher in women. Due in rural areas more firewood is used, prevalence of cough is higher in rural areas than in urban areas. This fact can be indicative of a relationship between exposure to firewood and prevalence of cough. Labor force participation is higher for men than women (0.79 versus 0.34 respectively) confirming the difference in participation by gender. Moreover, women in urban areas participate more respect to women in rural areas. Regarding to men, there are not significative differences of participation in labor market therefore it is irrelevant to include this variable in the equation of LFP²⁵.

Table 2: Summary statistics for women

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	N
Household use firewood	0.343	0.475	0	1	10483
Person coughs	0.207	0.405	0	1	10483
Labor force participation	0.342	0.474	0	1	10483
Household have electricity	0.986	0.116	0	1	10483
Total expenditure of household	4,571.9	22,505.9	0	1,453,310.2	10483
N. of members	4.896	2.207	1	17	10483
Person is indigenous	0.122	0.328	0	1	10483
% Households use LPG in municipality	0.796	0.244	0.01	0.99	10483
H. with cooking room	0.923	0.266	0	1	10483
Solid floor	0.875	0.331	0	1	10483
At least high school	0.128	0.334	0	1	10483
Age of person	37.464	16.775	15	98	10483
Person lives in urban zone	0.570	0.495	0	1	10483
Woman with children under 5	0.257	0.437	0	1	10483

Many characteristics of households are used to approximate the well-being of people and its influence over the decision of the fuel used to cook; Ouedraogo (2006) found that poverty is positively associated to the use of biomass fuels such as firewood and charcoal. Dummies about services as electricity (one if person has access), cooking room and solid floor (one if they have it). Total household expenditure (in pesos), number of members living in a household; a big number of members can be relate to poverty. The accessibility to LPG is not the same in all municipalities because we use a source of varia-

²⁵We made statistical test of mean difference and could not reject of null hypothesis of mean equality. P-value is 0.8076

tion that is percentage of households that use LPG in the municipality. This variable was obtained from the 2000 Mexican Census. If a person lives in a municipality with access to LPG it is possible that he can choose between both fuels, i.e., firewood and LPG.

There exists a variable that denotes cultural factor: person is indigenous or not. Fernández and Islas (2004) found that indigenous people use more firewood than non-indigenous people. Education (one if the person completed at least high school) is positively associated to the use of clean fuels such as LPG and electricity. According to Gupta and Kohlin (2006) and Grossman (1999) people with education is more efficient in the production of health, finally, education is positively related to participate in labor market. The age of a person is important in determining the fuel used for cooking and the labor force participation in women²⁶. Respect to the household head, you can observe that more than a half of men are household head and this fact can be positively related to LFP. A person with children under five years old can be negatively related to LFP in women. Respect to which variables are included in each equations, in system for men and women, we propose the next two equations:

For men:

$$F = G(El, TEx, NMe., Ind., \%LPGmu\ Cookr, Sflo, HSch, Age, Urb, HH)$$

$$Cough = H(Firewood, Hsch, Age, Urb, HH)$$

$$LFP = G(Cough, Hsch, HH)$$

For women:

$$F = G(El, TEx, NMe., Ind., \%LPGmu\ Cookr, Sflo, HSch, Age, Urb, HH)$$

$$Cough = H(Firewood, Hsch, Age, Urb, Children < 5)$$

$$LFP = G(Cough, Age, Hsch, Urban, Children < 5)$$

Respect to equation of fuel choice (for men and women) it is evident that instruments in this equation are electricity, solid fuel, percentage household in municipality that use LPG, cook room, household total expenditure, number of members and if the

²⁶In men is not included in labor force participation equation because simple correlation between LFP and age is -0.0052; this fact can be related to men work due role to assigned in society and our subsample contemplates people with possibilities of participate in labor market (15 to 65 years old)

person is indigenous. These variables are used in other studies (in literature section you can see references) and determine which fuel is chosen for cooking activities. Therefore, these variables only to be in this equation. Variables such as education, urban, age and household head appear in this equation as well and even though they also determine the choice fuel, these variables are part of two other equations with identification purposes.

The variable of fuel used for cooking appears in the equation of cough and this fact justifies the recursive feature of the system in which the education, age, urban and household head variable appear as well. Finally in the LFP equation for men the cough, education and household head variables are included and the latter is the only variable that is related with the LFP equation and appears in the other two equations for identification purposes. Analogously, in the LFP equation for women children under five years old are associated to LFP, in negative way.

2.6. RESULTS

Tables 3 and 4 present the results of the trivariate recursive probit models for men and women and in both systems we ran one hundred iterations with seed 123456789 in Stata Program. On the choice fuel equation for men and women it is observed that the percentage of households that use LPG in municipality is useful as a source of variation and other described variables. The probability of choice firewood is reduced when the percentage of households that use LPG in municipality rises, that is similar to having access to LPG. In households with low total expenditure it is more likely the use firewood; this result is similar to the results found in Heltberg (2005) for Guatemala. The number of members in a household is positively related with the use of firewood for both men and women.

When man or woman is indigenous there is an increase in the probability of using firewood; this fact is related to cultural factors. People that live in urban areas use more LPG and less firewood. Households that have a cooking room use less firewood as fuel. When people had completed at least high school, the use of firewood is less possible; this results is similar to Gupta and Kohlin (2006). From these variables, we can conclude that the use of firewood is more associated with people living in rural areas; indigenous

people; households with lower education and with variables related to poverty. The age of people is positively related to the use of firewood. Respect to the household head, this variable is negatively related to the use firewood and the variable of women with children younger than 5 years old is negatively related to the use of firewood.

Respect to the prevalence of cough equation, we observe a positive effect of being exposed to IAP in the prevalence of cough its sign is within the benchmark propose by the literature on health problems associated to IAP, such as Pitt et al. (2006) and the other studies described above. However, our result is causal because we control the endogeneity by to instrument use of fuel and this result is similar for both men and women equations. Having completed at least high school is negatively related to the presence of cough and this result is consistent with Grossman (1999) who suggests that educated people is more efficient in producing health. The age variable is positively related to the presence of cough and this fact is consistent with Grossman (1972) who argues that health is depreciated with age. Men and women living in urban areas are not statistically different in suffering cough respect to the people living in rural areas. Women that have children under 5 years old are more prone to suffer cough while men that are household head tend to suffer less cough tan men that are not the household head.

For the labor force participation equation it is observed that cough reduces labor force participation for both men and women. This fact is marked in literature by Zhang et al. (2009), Brown III et al. (2005) and Chatterji et al. (2011). But, our results are different because we use respiratory problem to correct for endogeneity of cough and fuel choice.

For men education is positively related to LFP and if a man is the household head his probability of participating in the labor market increases presumably due to the fact that he could be the principal contributor to the family income and therefore he needs to work. If we link the signs of the household head variable in the three equations it can be observed that it is both negatively related to use of firewood and to the probability of having cough while it is positively related to LFP.

It can be said that when a man is the household head he needs to work more so

he spends less time at home and, dedicates less time to cooking activities. Therefore he is less exposed to fuel. For women, LFP declines both with age and when the woman has children under 5 years old. Women living in urban areas her participation in labor market is higher than those live in rural areas. Women that have children under 5 years old reduce their LFP and increase their time spent at home being more exposed to IAP. Finally, more educated people are more efficient in producing health irrespectively of the gender and they increase their LFP, reduce their time spent at home and therefore reduce their exposure to IAP

Likelihood ratio to determine if the trivariate probit model is correct; statistic is a chi-squared with k degree freedom, k is number of equations, in this case three. For men and women is correct to model trivariate probit. The tetrachoric correlations are showed in columns 4, 5 and 6 in tables A and B. The rho between fuel use and cough equation is negative and significant for both men and women. This fact reflects that both equations have a negative relation but it can be due to unobservable variables that imply opposite sign in correlation. Maybe many unobserved variables such as prevalence in other diseases could tend to reduce use firewood but this person has a good health endowment and can be more sensitive to IAP.

The rho between fuel use and LFP equations is significant with negative sign for women and positive for men. The relationship between cough and LFP equations 2 and 3 are positively related in both genders but it can be due to unobservable variables that imply same sign in correlation. Maybe there exist many variables that affect the prevalence of cough and LFP in a simultaneous way. That is for instance, if a person is indebted and sick, she will need to work more in order to pay the debt.

Table 3: Cough, use of firewood and labor force participation in men

VARIABLES	(1) firewood	(2) cough	(3) employing	(4) atrho21	(5) atrho31	(6) atrho32
Household have electricity	-0.616*** (0.166)					
Total expenditure of household	-5.54e-06*** (1.99e-06)					
N. of members	0.0785*** (0.00831)					
Person is indigenous	0.365*** (0.0585)					
% Households use LPG in municipality	-2.567*** (0.0989)					
H. with cooking room	-0.363*** (0.0632)					
Solid floor	-0.877*** (0.0566)					
At least high school	-0.477*** (0.0576)	-0.150*** (0.0496)	0.119*** (0.0446)			
Age of person	0.00928*** (0.00125)	0.00959*** (0.00126)				
Person lives in urban zone	-0.952*** (0.0364)	0.0145 (0.0450)				

Table 3: Cough, use of firewood and labor force participation in men(cont.)

VARIABLES	(1) firewood	(2) cough	(3) employing	(4) atrho21	(5) atrho31	(6) atrho32
Household head	-0.318*** (0.0458)	-0.149*** (0.0416)	0.641*** (0.0326)			
Household use firewood		0.254*** (0.0734)				
Person coughs			-1.246*** (0.164)			
Constant	3.336*** (0.202)	-1.322*** (0.0594)	0.583*** (0.0279)	-0.117** (0.0474)	0.0788*** (0.0245)	0.706*** (0.132)
Observations	8,310	8,310	8,310	8,310	8,310	8,310

Standard errors in parentheses

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

Likelihood ratio test of rho21 = rho31 = rho32 = 0: chi2(3) = 47.5366 Prob >chi2 = 0.0000

Table 4: Cough, use of firewood and labor force participation in women

VARIABLES	(1) firewood	(2) cough	(3) employing	(4) atrho21	(5) atrho31	(6) atrho32
Household have electricity	-0.477*** (0.152)					
Total expenditure of household	-7.70e-06*** (2.06e-06)					
N. of members	0.0862*** (0.00738)					
Person is indigenous	0.457*** (0.0558)					
% Households use LPG in municipality	-2.682*** (0.0891)					
H. with cooking room	-0.420*** (0.0568)					
Solid floor	-0.846*** (0.0513)					
At least high school	-0.533*** (0.0596)	-0.0915** (0.0461)	0.378*** (0.0429)			

Table 4: Cough, use of firewood and labor force participation in women

VARIABLES	(1) firewood	(2) cough	(3) employing	(4) atrho21	(5) atrho31	(6) atrho32
Age of person	0.00314*** (0.00101)	0.00398*** (0.000873)	-0.00439*** (0.000920)			
Woman with children under 5	-0.163*** (0.0383)	0.0786** (0.0331)	-0.159*** (0.0316)			
Person lives in urban zone	-0.892*** (0.0328)	0.0157 (0.0390)	0.276*** (0.0349)			
Household use firewood		0.427*** (0.0582)				
Person coughs			-0.860*** (0.188)			
Constant	3.294*** (0.185)	-1.139*** (0.0556)	-0.222*** (0.0604)	-0.155*** (0.0394)	-0.0378* (0.0214)	0.535*** (0.152)
Observations	10,483	10,483	10,483	10,483	10,483	10,483

Standard errors in parentheses

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

Likelihood ratio test of rho21 = rho31 = rho32 = 0: chi2(3) = 36.5991 Prob >chi2 = 0.0000

2.6.1 Predicted probabilities and treatment effects

From econometric model we obtains predicted probabilities. We obtain eight probabilities that are obtained of different combinations of values dependent variables. First value in name of variable is referred use of fuel, second is referred presence of cough and last if person participate or not in labor market. Table 5 to 7 show predicted probabilities and treatment effect for men, and 6 to 8 for women. In table 5, the first probability is when person uses firewood and has cough and works, this value is low; second probability is the same case that first but when person not work, this values is near to zero. Last probability is the case when man uses LPG, is healthy and works. In table 6 for we observe predicted probability of cough conditional use of fuel. Man that use firewood has higher probability of has cough respect to man that use LPG therefore treatment effect of firewood in cough is positive: man uses firewood has more probability suffer cough than man uses LPG: man use firewood has nine times more probability of suffer cough that a man use LPG. In table 7 is showed the effect of cough in LFP. Man suffer cough has less probability of LFP than man not suffer cough.

Table 5: Predicted Probabilities for men

Variable	Mean	Std. Dev.
Pred. Prob. 111	0.059	0.068
Pred. Prob. 110	0.004	0.014
Pred. Prob. 101	0.206	0.187
Pred. Prob. 011	0.101	0.051
Pred. Prob. 100	0.084	0.116
Pred. Prob. 010	0.006	0.012
Pred. Prob. 001	0.392	0.247
Pred. Prob. 000	0.148	0.132
N	8310	

In table 9 for we observe predicted probability of cough conditional use of fuel. Woman that use firewood has higher probability of has cough respect to woman that use LPG therefore treatment effect of firewood in cough is positive: woman uses firewood

Table 6: Treatment effect of firewood in cough for men

Variable	Mean	Std. Dev.
Predicted probability of Cough cond. firewood	0.224	0.089
Predicted probability of Cough cond. LPG	0.025	0.03
Treatment effect of firewood in cough	0.199	0.062
N		8310

Table 7: Treatment effect of cough in LFP for men

Variable	Mean	Std. Dev.
Predict probability of LFP cond. cough	0.316	0.316
Predict probability of LFP cond. not cough	0.362	0.321
Treatment effect of cough in LFP	-0.045	0.026
N		8310

has more probability suffer cough than woman uses LPG: woman use firewood has three times more probability of suffer cough that a woman use LPG. However, woman suffer cough has less probability of LFP that woman not suffer cough; this effect is higher in women than man, this maybe due to differences in determination of LFP by gender.

In both cases, men and women, is evident problems generated by IAP generated to exposure firewood in prevalence of respiratory problem, in this case cough, and presence of cough in LFP. Therefore, is important attend these problems have generate harmful in health and reduce of labor force participation. People more sick reduce their participation in labor market and will have less income and this can reduce their household expenditure and increase impoverishment risk. Adequate policy can be give improved stoves that use firewood for reduce exposure risk or to establish credit for LPG stoves.

Table 8: Predicted probabilities for women

Variable	Mean	Std. Dev.
Pred. Prob. 111	0.038	0.047
Pred. Prob. 110	0.038	0.056
Pred. Prob. 101	0.062	0.058
Pred. Prob. 011	0.084	0.045
Pred. Prob. 100	0.203	0.189
Pred. Prob. 010	0.05	0.036
Pred. Prob. 001	0.175	0.138
Pred. Prob. 000	0.35	0.179
N	10483	

Table 9: Treatment effect of firewood in cough for women

Variable	Mean	Std. Dev.
Predicted probability of Cough cond. firewood	0.378	0.129
Predicted probability of Cough cond. LPG	0.127	0.068
Treatment effect of firewood in cough	0.251	0.064
N	10483	

Table 10: Treatment effect of cough in LFP for women

Variable	Mean	Std. Dev.
Predict probability of LFP cond. cough	0.297	0.316
Predict probability of LFP cond. not cough	0.353	0.321
Treatment effect of cough in LFP	-0.056	0.033
N	10483	

2.7. CONCLUSIONS

The purpose of this paper is to provide an answer to the main question regarding which are economic losses generated by the use of firewood in Mexican households. Derived from this question specific questions are arisen such as: Is there any mechanism within the household that defines the types of fuel chosen?; The use of firewood causes health problems in exposed people?, the firewood is more harmful for the health of people than the LPG?; and, does respiratory problems caused by firewood-based indoor pollution generates reductions in probability of participating in the labor market?

We propose an integrated model for each individual that determines the household fuel choice, the effect of the chosen fuel in presence of respiratory problems and, the effect of the latter in the labor force participation. After this model is econometrically implemented making use of the Mexican Family Life Survey 2002 for people aged 15-65. That is people that can potentially be in the labor market.

We use empirical models one for each gender which contemplates three important and related aspects: the fuel choice for cooking, the presence of respiratory problems and the participation in labor market. These aspects are interrelated because the literature review shows the influence of the use of firewood in the prevalence of respiratory diseases and in turn, the influence of respiratory diseases in the labor force participation. These particularities generate endogeneity problems that if not corrected they could derive in biased estimates. Due that three dependent variables are dummies, the most suitable approach is a multivariate recursive probit model (Greene, 2008).

Additionally, we calculate the predicted probabilities and the treatment effect variables on the presence of cough and LFP. On the choice fuel equation for both men and women it is observed that the probability of choosing firewood is reduced when the percentage of households that use LPG in municipality rises. In other words that is similar to have accessibility to LPG. In households with low total expenditure it is more possible to use firewood. Moreover, the number of household members is positively related with the use of firewood for both men and women.

Being indigenous disregard of the gender increase the probability of use fire- wood. It can be concluded that the use of firewood is more associated with people living in rural areas, indigenous people and, those with lower levels of education and, with variables related to the context of poverty. The Age variable is positively related to use firewood while both the household head variable and the women that have children under 5 years old variable are negatively related to the use firewood.

For prevalence of cough equation we observe a positive effect of being exposed to IAP in prevalence of cough such as Pitt et al. (2006) stated. However, our result is causal because we control for endogeneity by using as instrument the type of fuel used to cook; this result is similar in men and women equations. Having finished at least high school is negatively related to the presence of cough while the variable age is positively related to the presence of cough.

Men and women living in urban areas are not statistically different in suffering cough respect to people living in rural areas. Women that have children under 5 years old are more propense to suffer cough and men that are the household head tend to suffer less cough than men that are not the household head. For the labor force participation equation it is observed that cough reduces labor force participation for both men and women. This fact is marked in literature by Zhang et al. (2009), Brown III et al. (2005) and Chatterji et al. (2011). But, our results are different because we use respiratory problem and hence we correct the endogeneity of cough and fuel choice.

For men, education is positively related to LFP. If we link the signs of the household head variable in the three equations it can be observed that it is negatively related to use of firewood, positively related to LFP and negatively related to the probability of having cough. It can be argued that when a man is the household head he works more and spends less time at home meaning that he dedicates less time to cooking activities and therefore he is less exposed to fuel. For women, LFP declines with age and when a woman has children under 5 years old. Women living in urban areas her labor force participation increases. Women that have children under 5 years old reduce their LFP and increase their time spent at home and therefore they are more exposed to IAP.

Finally, more educated people irrespectively of the gender increase their LFP, reduce their time spend at home and therefore are less exposed to IAP. Likelihood ratio to determine if the trivariate probit model is correct. The tetrachoric correlations are statistically significant.

With respect to the results, it is important to highlight the negative effect in health due to exposure to firewood. People that is more exposed is potentially more likely to have poor health and therefore less participation in labor market. This will impact directly in their well-being reducing their probability of participating in the labor market, their labor income and their household expenditure. Moreover, this fact can increase the impoverishment risk.

Respect to the predicted probabilities and the treatment effects we found that men that use firewood have a higher probability of having cough respect to men that use LPG therefore the treatment effect of firewood in cough is positive. The same results were found for women. Women or men suffering cough have less probability of using LFP than men or women who does not suffer cough.

This study is perfectible and presents an integrated framework. Future research should include more factors to control health status and to avoid errors due to unobserved variables that can bias the estimates. It is important to include price and quantity of fuels to explore the price-crossed elasticity among fuels. It is also necessary to correct for possible bias due to cluster effects by household that is that there may exist individuals that live in same household.

3. Valoración y productividad del trabajo familiar en la producción agropecuaria en hogares de México

3.1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es un sector relevante en la economía de los países debido a que permite el abastecimiento de alimentos a su población. Como en otras economías de este tipo, el sector agropecuario mexicano se caracteriza por su heterogeneidad, en donde coexisten en un extremo hogares productores de subsistencia y en el otro extremo grandes agricultores empresariales (Yúnez Naude 2010) ¹.

El enfoque de la presente investigación es el estudio de los hogares rurales, caracterizados por tener fuentes de ingreso diversificadas. Una alta proporción de estos son hogares productores de alimentos (principalmente maíz) en parcelas pequeñas, regularmente de no más de 3 hectáreas y sin acceso a riego; también se dedican a la ganadería en pequeña escala; no utilizar regularmente maquinaria para realizar sus actividades agropecuarias, usando principalmente para ello mano de obra familiar; y consumen parte o el total de su producción de alimentos. Estos hogares son, pues, de agricultura familiar y unidades de producción y consumo, que participan además en los mercados de bienes como consumidores y en el laboral como oferentes o demandantes de mano de obra (Rivera y Contreras, en prensa). ²

¹[Yúnez-Naude A., "Las políticas públicas dirigidas al sector rural: el carácter de las reformas para el cambio estructural", en A. Yúnez (compilador) Economía Rural, El Colegio de México, 2010, pp. 23-62]

²[Rivera, F. y A, Contreras (en prensa). Cambios en las características sociodemográficas y económicas de los hogares rurales de México: 2002-2007", en Yúnez Naude, A., F. Rivera Ramírez, A. Chávez Alvarado, J. Mora Rivera y J. Edward Taylor La economía del campo mexicano: tendencias y retos para su desarrollo, El Colegio de México, 2014]

Un aspecto importante de los hogares rurales es que muchos de ellos, por elección o por las características de su entorno, no participan en los mercados de productos o de factores, es decir, consumen la totalidad de su producción y hacen uso exclusivo de mano de obra familiar, por lo que no se conocen los precios de sus productos ni el salario que equilibra su oferta y demanda laboral dentro del hogar y cuáles son sus determinantes.

El objetivo de este artículo es modelar la producción agrícola y ganadera en los hogares rurales de México. Para ello, se toma en cuenta la posible selectividad que existe en este tipo de hogares para dedicarse a dichas actividades; esto permitirá la estimación del precio o salario sombra del trabajo familiar, el cual puede compararse con el salario pagado en el mercado. De esta manera se espera contribuir empíricamente a la discusión teórica sobre la diferencia entre el valor de la productividad marginal del trabajo familiar y el asalariado. Además, las estimaciones del valor de la productividad marginal del trabajo familiar en agricultura y ganadería son insumos para la estimación de funciones de oferta laboral de estas actividades para los hogares rurales de México.

En términos de los tipos de agentes económicos definidos por Sadoulet y de Janvry (1995), un hogar rural es un productor-consumidor-trabajador, por lo que su aplicación en el análisis convencional del consumidor puede llevar a conclusiones erróneas respecto a los efectos de shocks económicos como los generados por el mercado o por la intervención gubernamental. Por este motivo, los modelos de hogar agrícola se han desarrollado para analizar el comportamiento económico en este tipo de agentes que necesitan resolver problemas de producción y consumo. La principal diferencia que guardan estos modelos respecto a un análisis del consumidor puro es que la restricción presupuestaria es endógena, pues está gobernada por las decisiones de producción que contribuyen al ingreso, y al consumo, a través de los beneficios agrícolas (Taylor y Adelman, 2003).³

En este contexto, la modelación de la economía de los hogares rurales debe plantearse de tal manera que se resuelvan problemas de consumo, producción y oferta laboral.

³Este tipo de modelos fueron introducidos para explicar el porqué de lo contra-intuitivo de los resultados dado por un incremento del precio del cultivo de arroz no aumentó el excedente de mercado en el sector rural de Japón: Sadoulet y de Janvry (1995).

Cuando existen mercados competitivos para la mano de obra, los insumos y los productos, las decisiones de maximización de la utilidad y beneficios del hogar productor agrícola se resuelven de manera separable. Esto implica que la mano de obra de cada uno de sus miembros y la que es contratada son sustitutos perfectos, y lo mismo aplica a la producción realizada en el hogar y la que se adquiere en el mercado a través de compras o intercambio. Por lo tanto las decisiones de producción y consumo se pueden tomar como un problema que se resuelve de manera recursiva (Strauss 1986; Skoufias, 1994). Esto significa que primero se resuelve el problema de producción y después el de consumo, pero tomando en cuenta la producción óptima obtenida al resolver el primer problema, es decir el beneficio agrícola obtenido en la primera etapa entra como parte del ingreso total que es destinado para el consumo del hogar. En estos casos, los precios de mercado de los cultivos y el salario agrícola que se paga en el mercado constituyen un indicador óptimo del valor del tiempo del trabajo (o valor de la productividad marginal laboral) o del valor del cultivo.

Cuando los mercados no funcionan y no hay sustitución perfecta entre el trabajo familiar y el trabajo contratado (Skoufias, 1994) o entre el cultivo familiar y el adquirido en el mercado (Arslan y Taylor, 2009), o cuando el hogar consume toda su producción y no participa en el mercado (de Janvry et al., 1991), las decisiones de producción y consumo no son separables porque la oferta laboral dependerá de los requerimientos de la misma para las actividades de la parcela del hogar y su oferta de productos agrícolas dependerá de los requerimientos de consumo del hogar. Bajo esta situación la mano de obra familiar no es un sustituto perfecto del asalariado y los salarios y los precios de mercado no reflejan el valor que los hogares rurales otorgan a ellos.

Es común en los países en desarrollo la existencia de hogares dedicados a la producción de subsistencia usando mano de obra familiar. En consecuencia, no hay un valor observable de su trabajo o de sus productos en términos de precios. En la literatura este problema se aborda a partir de la noción "precio sombra", que es el valor de aquellos bienes o insumos que no tienen mercado (Becker, 1965). Un precio sombra se determina, entre otras cosas, por las preferencias del hogar y la tecnología que usa para desarrollar su producción. Como se discute abajo el precio sombra del trabajo familiar puede calcularse

a partir de su productividad marginal.

Por lo expuesto, las investigaciones en las que se usan precios de mercado para valorar la producción agrícola o la mano de obra familiar usada por hogares rurales generan errores de estimación sobre su comportamiento (Strauss,1986). Ante las limitaciones que tiene el funcionamiento de los mercados en el medio rural debidos a la presencia de costos de transacción, conocer el precio sombra de los cultivos alimenticios producidos por los hogares rurales, así como el del trabajo familiar que usan es fundamental para estudiar el comportamiento de estos agentes. En el caso de la producción agrícola, con este enfoque es posible estimar, de manera rigurosa, los efectos y respuestas en la economía de los hogares rurales de choques exógenos, tales como cambios en precios de bienes comerciables o en alguna política pública de impuestos o subsidios. Además de lo anterior, estimar el precio sombra del trabajo familiar es necesario para conocer el beneficio neto proveniente de la producción agrícola de los hogares rurales; también lo es para dilucidar la controversia en la literatura sobre las diferencias entre dicho precio sombra y el salario de mercado. Deaton y Muellbauer(1980) y Skoufias (1994) argumentan que el primero es mayor al segundo, mientras que Shapiro y Stiglitz (1984), Sadoulet et al. (1998) y Sonoda y Maruyama, (1999) mantienen lo contrario basados en que la mano de obra contratada hace que los hogares rurales incurran en costos de supervisión de los trabajadores asalariados con el fin de que estos no eludan su responsabilidad laboral. A lo anterior, se debe agregar que si se consideran las opciones que tienen los miembros del hogar de trabajar en las actividades del mismo o por un salario fuera del hogar, la estimación del salario sombra familiar es necesaria para calcular el beneficio del hogar y la oferta de mano de obra de los hogares rurales, cuestiones abordadas en el capítulo 4 de la presente investigación.

De esta manera, se modelan la producción agrícola y ganadera en hogares rurales mexicanos mediante el enfoque de Modelos de Hogar Agropecuario (MHA) a partir de la base de datos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM) en su segunda ronda levantada en 2007. Dicha encuesta es representativa a nivel nacional y regional de los hogares ubicados en localidades entre 500 y 2,500 habitantes.

Las estimaciones se hacen tomando en cuenta la selectividad que puede existir en los hogares rurales para desarrollar estas actividades y cuáles son sus determinantes. El aporte de esta investigación radica en las estimaciones de salarios sombra del trabajo familiar en agricultura y ganadería para hogares rurales de México; al tomar en cuenta la selectividad en las estimaciones, se corrige el sesgo de selección por participar en estas actividades económicas en dichos hogares.

Este capítulo constituye el segundo artículo de la tesis y cuenta con las siguientes secciones. En la sección 3.2 se presenta la revisión de literatura sobre el tema. En la sección 3.3 se desarrolla el modelo teórico de hogares rurales y se presenta el debate en la literatura sobre el valor del trabajo familiar. En la sección 3.4 se describe la estrategia econométrica utilizada en el capítulo; en la 3.5 se presenta la base de datos y en la 3.6 los resultados de las estimaciones econométricas. El capítulo concluye en la sección 3.7 en donde se discuten los resultados y se proponen investigaciones a partir de éstos⁴.

3.2. REVISIÓN DE LITERATURA

Típicamente, un hogar rural se caracteriza por tener fuentes diversificadas de ingreso y sustento, como las relacionadas con la agricultura y la ganadería y el trabajo asalariado de algunos de sus miembros en actividades no realizadas en el seno del hogar. Para desarrollar sus actividades agropecuarias, el hogar rural debe tomar decisiones de producción. Sin embargo, en dicho hogar también se toman decisiones de consumo de bienes producidos por él o adquiridos en el mercado. Un hogar rural representa entonces a una unidad de producción y consumo: Además un hogar rural típico utiliza mano de obra familiar, puede demandar mano de obra asalariada y toma decisiones respecto a la participación de alguno(s) de su(s) miembros en el mercado laboral. Así, un hogar rural es un agente económico productor y consumidor, que usa mano de obra familiar y que participa en los mercados de bienes e insumos⁵. Por lo tanto, el enfoque tradicional de la teoría de analizar al productor y al del consumidor por separado es incompleto para

⁴El capítulo cuenta con con dos apéndices: en el primero se explican a detalle los resultados matemáticos más importantes del modelo y en el segundo se describe con detenimiento el procedimiento seguido para construir las variables usadas en las estimaciones econométricas.

⁵El enfoque implica que el hogar se considera como una unidad con una función de utilidad común.

abordar el estudio de este tipo de agentes; puede además conducir a conclusiones erróneas respecto a los efectos que pueden tener en la economía del hogar choques exógenos a ella.

Adicionalmente, los ingresos por actividades no agrícolas son una parte importante de los ingresos totales de los hogares rurales de México (Cerón y Yúnez, 2014). Tomando en cuenta lo anterior, podemos decir que los hogares rurales en México tienen un carácter mixto desde un punto de vista económico, tomando decisiones tanto de producción como de consumo, pues sus miembros demandan tanto los bienes producidos dentro del hogar como los que son adquiridos en el mercado⁶

Los modelos del hogar rural o agrícola surgen ante el problema suscitado en Japón que, a diferencia de lo esperado, sucedió que un incremento del precio al productor del arroz no aumentó su excedente de mercado en el país (de Janvry y Sadoulet (1995)). Strauss (1986) propone el modelo teórico en el que se considera el carácter de productor y consumidor de los hogares agrícolas a partir de un modelo de maximización de la utilidad del hogar en función de tres restricciones: la presupuestal, una de dotación del tiempo y una función de producción. De haber mercados para los productos e insumos o factores de producción, sus precios reflejarán el valor de los bienes producidos y auto-consumidos así como del trabajo familiar usado por el hogar. Existirá sustitución perfecta entre producción comprada en el mercado y la elaborada por los hogares así como entre la mano de obra familiar o contratada. En este contexto, los hogares toman las decisiones de producción y de consumo de manera separable, como si el hogar resolviera ambas decisiones de manera recursiva: primero resuelve el problema de producción y obtiene un beneficio el cual entra como parte de la restricción presupuestaria para resolver el problema del consumidor. Esta propiedad es conocida como separabilidad (Bardhan y Udry, 1999).

La principal diferencia con los modelos de consumidor puro radica en el efecto ingreso. Con base en la ecuación de Slutsky sabemos que un aumento en el precio de un bien de consumo provoca dos efectos: el de sustitución y el de consumo. Respecto al primero, el cambio en el precio afecta los precios relativos, lo que disminuye la demanda por dicho bien. Por su parte, el efecto ingreso de tal modificación disminuye el poder

⁶Esto es si consideramos al hogar como un ente unitario donde todos los miembros tienen una función de utilidad idéntica. Para el caso donde los miembros no son iguales, es conveniente adoptar un enfoque de modelo de decisiones intra-familiares, sin embargo no es de interés en este estudio

adquisitivo del consumidor y por tanto reduce su demanda por el bien. En un modelo de hogar agrícola el efecto sustitución es idéntico al del consumidor pero el efecto ingreso es diferente porque puede ser positivo (negativo) si el hogar es un oferente (demandante) neto del bien, por lo que la suma de efectos podría ser positiva o negativa. Es decir, que en el plano teórico no puede conocerse el efecto que tiene la modificación del precio del bien producido por el hogar aún dentro de un contexto de mercados perfectos. En consecuencia, para conocer dicho impacto se requieren estudios empíricos.

El problema del hogar productor-consumidor se complica cuando hay costos de transacción, es decir cuando no hay mercados perfectos para todos los bienes o factores en los que participan los hogares agrícolas. Pueden existir, por ejemplo, razones por las que algunos hogares deciden no participar en el mercado debido a costos de transacción como los costos de transporte, diferencias entre el precio de venta y de compra para un bien determinado producido por el hogar (de Janvry, Fafchamps y Sadoulet, 1991) o sustitución imperfecta entre mano de obra familiar y contratada (Skoufias, 1994; Sonoda y Maruyama, 1999). En estos casos, los hogares pueden no participar en el mercado de bienes o factores, consumiendo toda su producción o usando exclusivamente mano de obra de los miembros de su familia. Así entonces, la presencia de costos de transacción provocan un aislamiento del hogar agrícola respecto a los mercados, lo cual implica que sus decisiones no se basen en precios de mercado sino en "precios sombra" no observables. Esta situación implica que el precio del mercado del cultivo o el salario no reflejen el valor de la productividad marginal del bien o del factor trabajo. Asimismo, la ausencia de los mercados relevantes lleva a que el hogar tome decisiones de producción y consumo de manera simultánea. A los modelos de hogar que capturan lo anterior se les considera como no separables en consumo y producción (Taylor y Adelman, 2003).

Una complicación adicional que aparece al analizar el comportamiento de los hogares agrícolas es que, en la práctica, muchos de ellos venden parte de su producción y algunos de sus miembros participan en el mercado de trabajo (López, 1984; Skoufias, 1994; Sonoda y Maruyama, 1999). Además, para el caso mexicano, los ingresos por actividades no agrícolas son una parte importante de los ingresos totales de los hogares rurales (Cerón y Yúnez, 2014).

Como se mencionó, este artículo tiene como uno de sus principales objetivos estimar el salario sombra de los hogares agrícolas mexicanos, para lo cuales existen dos abordajes teóricos que se discuten en las siguientes dos secciones.

3.2.1 *Enfoque Neoclásico de salarios sombra*

En el modelo neoclásico tradicional no existen rigideces tanto en las horas y el salario en lo que se refiere al mercado laboral. Algunos miembros del hogar pueden determinar que para ellos no es óptimo trabajar, como es el caso de las mujeres casadas con hijos pequeños⁷, por lo que podría existir desempleo voluntario. Un miembro del hogar decidirá participar en el mercado cuando el salario de mercado es igual o mayor al salario que el está dispuesto a ganar; en ese caso el salario es el precio de su ocio; la figura 1 muestra la relación entre el consumo de ocio y el de un bien representativo. Mostramos dos tasas de salario W_1 y W_2 . Para cada una de estas tasas tenemos una restricción presupuestaria CAT corresponde a W_1 y DAT a W_2 . Debido a que la dotación de tiempo es limitada, las restricciones presupuestarias presentan aquel segmento AT con pendiente infinita. La solución del problema del consumidor se resuelve en el punto A donde la curva de indiferencia es tangente a la recta presupuestaria, que es el punto donde el trabajador valora su ocio a W^* , lo que se denomina salario sombra (Heckman, 1974). Dado que W_1 es menor a W^* la persona decide no trabajar y ofrece cero horas de trabajo. El salario W_2 es más alto que W^* por lo que a este salario la persona puede ofrecer hasta OT horas de trabajo, aunque se debe deducir las horas que usa la persona para otras actividades como comer y dormir. En el caso que la persona no trabaja, lo que nos dice la teoría es que su salario sombra es más alto que el salario de mercado. Dado que existe una restricción de participación laboral, las estimaciones de modelos econométricos de oferta laboral deberían tomar en cuenta dicha restricción para evitar sesgo en las estimaciones.

Cuando se presenta una restricción presupuestaria no lineal, Deaton y Muellbauer (1980) proponen una aproximación lineal, la cual se observa en el óptimo, para facilitar la estimación, tratando a los precios o salarios sombra como exógenos, haciendo que la demanda de bienes o factores dependa de los precios (salarios) sombra; sin embargo, dado que la demanda depende también de los precios sombra, dicha linealización genera un problema de endogeneidad, el cual puede corregirse con el Método Variables Instrumentales

⁷Para un análisis más profundo de la oferta laboral en los hogares veáse Deaton y Muellbauer (1980)

o Método Generalizado de Momentos (Greene, 2008).

La ventaja de este enfoque es que permite recuperar los precios de aquellos hogares que no participan en el mercado, con lo que se pueden hacer valoraciones de su producción o de su fuerza de trabajo. Con la finalidad de estimar los salarios sombra de aquellos hogares campesinos que no participan en el mercado laboral, Jacoby (1993) utiliza el enfoque neoclásico para estimar los salarios sombra para hombres y mujeres que viven en la sierra peruana. Los salarios sombra los calcula resolviendo un problema de maximización de la utilidad de los hogares, sujeto a su dotación de tiempo, función de producción y su restricción presupuestaria. Utiliza la aproximación lineal descrita en Deaton y Muellbauer (1980) para estimar los salarios sombra y el ingreso rural sombra⁸ con una función de producción Cobb-Douglas; los salarios e ingreso sombra se usan como variables explicativas de la oferta laboral individual y obtiene que los salarios sombra tienen una relación positiva con la oferta laboral individual y el ingreso sombra tiene una relación negativa con la oferta laboral: es decir, un mayor ingreso sombra por actividades agrícola tiende a aumentar la demanda por ocio. Para corregir la endogeneidad entre salarios sombra y oferta laboral, utiliza Mínimos Cuadrados en dos Etapas (2SLS).

El artículo de Jacoby es relevante porque propone un método que facilita la estimación de salarios sombra, el cual ha sido la base para estimaciones similares en otros países; Skoufias (1994), siguiendo a Jacoby, estima la oferta laboral individual con base en estimaciones de salarios sombra para la India. La novedad que introduce respecto a Jacoby es la estimación con datos de panel, lo que permite eliminar la heterogeneidad no observada que es invariante en el tiempo, algo que no ocurre con el artículo de Jacoby. El modelo teórico de Skoufias es similar al de Jacoby, pero Skoufias postula que los hogares rurales que no participan en el mercado no lo hacen porque su salario sombra es más alto que el salario de mercado, tal y como postula el modelo neoclásico. Respecto a las estimaciones de oferta laboral, tanto Jacoby (1993) como Skoufias (1994) encuentran que la oferta laboral de hombres y mujeres son complementarias y el ingreso sombra tiene un efecto negativo en la oferta de hombres y mujeres.

⁸Este concepto se refiere al valor de la producción descontada del gasto en insumos y del trabajo familiar y sumando los ingresos no agrícolas como son las transferencias o remesas.

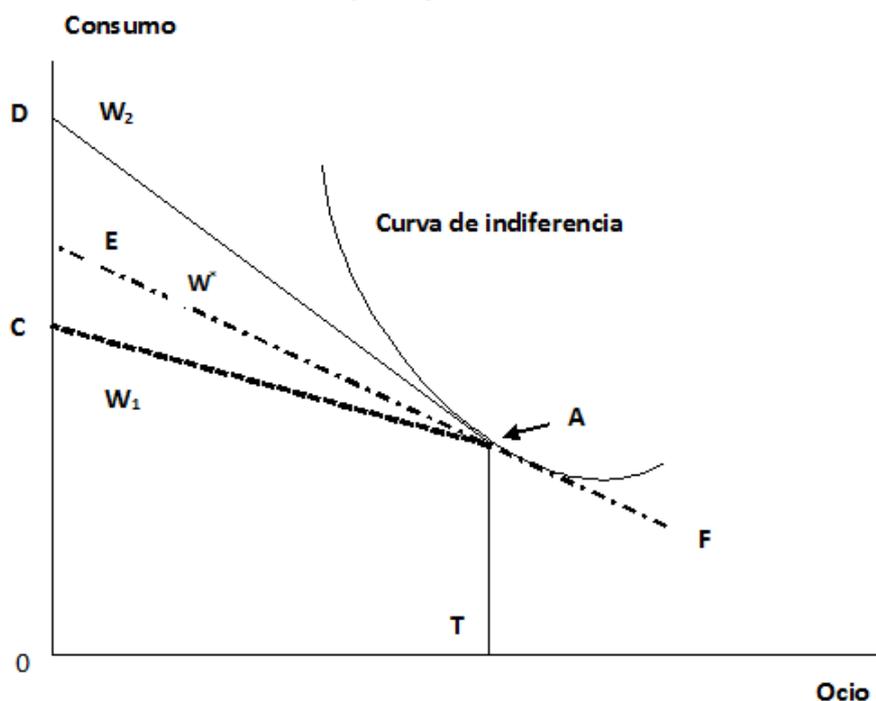
A partir de estos dos artículos, se han estimado los salarios sombra y la oferta laboral en un cierto número de países, excepto en México, aunque Arslan y Taylor (2009) modelaron el precio sombra del maíz y encuentra que el valor sombra del maíz de autoconsumo tiene un valor más alto que el precio del mercado, lo cual es atribuido a la mejor calidad del primero. Abdulai y Regmi (2000) estiman salarios sombra y oferta laboral para hogares agrícolas en Nepal; ellos encuentran resultados similares a los obtenidos por Jacoby y Skoufias. Linde-Rahr (2001) hace lo propio para Vietnam y encuentra que el valor de la productividad marginal laboral de las mujeres es superior a la de los hombres en la producción de arroz y esto se invierte en el cultivo de caña de azúcar. Ramírez y Foster (2003) modelan la función de producción para agricultores chilenos aunque las estimaciones de los salarios sombra y oferta laboral las hicieron sin diferenciar por sexo. Encuentran que los salarios sombra del trabajo familiar son más altos que el salario pagado a los trabajadores contratados en la parcela pero menor al salario que reciben los miembros del hogar cuando trabajan como asalariados en otras actividades.

Lo común en estos trabajos es que usan como especificación para la función de producción a la Cobb-Douglas y con menos frecuencia a la translogarítmica. Por último, se encuentra el trabajo de Barrett, Sherlund y Adesina (2008) para Costa de Marfil utilizando una especificación Cobb-Douglas pero corrigiendo el sesgo de selección en la participación y usando también Análisis de Frontera Estocástica, lo que permite modelar problemas de eficiencia en los salarios sombra. Sólo este último trabajo y Jacoby toman en cuenta algún tipo de corrección del sesgo de selección para corregir la oferta laboral individual estimada a partir de los salarios sombra estimados y el ingreso sombra (o beneficio sombra). Sin embargo, ninguno de estos trabajos corrige la posible selección que hacen los hogares por participar en actividad agrícolas.

Esta teoría podría ser posible de aplicar en hogares cuyo beneficio agrícola es alto y los miembros del hogar que trabajan en la parcela pueden tener un alto costo de oportunidad si trabajan en otras parcelas, debido a que pueden estar realizando labores más acorde con el manejo de la parcela y no como mano de obra jornalera.

En la literatura, sólo Ramírez y Foster (2003) comparan los salarios de mercado y los sombra del trabajo familiar. En la presente investigación también se discuten las diferencias entre estos dos tipos de salario para el caso de México.

Figura 1: Salario Mínimo necesario para inducir la participación laboral



Basado en Deaton y Muellbauer (1980)

La teoría neoclásica parece ser aplicable y cuenta con supuestos sólidos, pero no aborda los problemas que podrían existir si el trabajo familiar y el de mercado no son iguales en aspectos de productividad. Es decir, las diferencias en salarios podrían deberse a que un tipo de trabajo es más eficiente que el otro, lo cual sería motivo de que el trabajador más productivo recibiera un salario más alto, y no necesariamente, que el salario sombra familiar es más alto para los no participantes en el mercado de trabajo. A partir del trabajo de Arslan y Taylor (2009) es claro que los hogares le otorgan un valor más alto al maíz producido por ellos que al valor del maíz en el mercado. A partir de lo propuesto por de Janvry, Fafchamps y Sadoulet (1991), si los hogares se enfrentan a costos de transacción y el valor sombra cae en una banda entre el precio de compra y de venta, el hogar no venderá su producción. Lo que no queda claro es si esto aplica también para el mercado laboral, por lo que puede ser discutible pensar que en hogares con poca producción agrícola y un alto número de miembros, decidan no trabajar cuando el beneficio obtenido por la producción no permite cubrir las necesidades del hogar. Si

existe un exceso de oferta laboral, los hogares usarían el mismo en su propia parcela, lo que genera ineficiencia de la mano de obra familiar.

3.2.2 *Enfoque Neokeynesiano de los salarios sombra*

El enfoque neoclásico permite la existencia de desempleo voluntario. En el modelo neokeynesiano el desempleo es el resultado de fallos de mercado para asignar de manera eficiente los recursos (Argandoña, Gámez y Mochón, 1997), es decir, puede existir desempleo involuntario⁹. Usando fundamentos microeconómicos, los neokeynesianos cuentan con una serie de modelos que permiten explicar el porqué de la presencia de desempleo involuntario. De estos modelos, los relevantes en la presente investigación son los de salarios de eficiencia que permiten explicar diferencias salariales y el desempleo.

La teoría de salarios de eficiencia explica las razones de las rigideces del salario real y el desempleo basado en la existencia de una relación positiva entre productividad laboral y el salario real. Esto se basa en los supuestos de que una empresa no puede controlar el esfuerzo que ponen sus trabajadores de manera individual (no se cuenta con un monitoreo personalizado por trabajador). Los trabajadores responden con un mayor esfuerzo cuando su salario es aumentado; si pagan salarios altos, las empresas tienen la posibilidad de atraer trabajadores más productivos, y no les sería rentable bajar los salarios pues esto afectaría su productividad. Además, los salarios son rígidos a la baja. Los modelos de salarios de eficiencia más importantes son el de Solow (1979) y el de Shapiro y Stiglitz (1984).

El modelo de Solow (1979) propone que las empresas fijan el salario real óptimo W^* a partir de la forma que adopta la relación salario-esfuerzo y no en las condiciones de oferta y demanda del mercado laboral (Argandoña, Gámez y Mochón, 1997). El objetivo de la empresa es maximizar sus beneficios y minimizar sus costos laborales, lo que ocurre cuando la elasticidad del esfuerzo respecto al salario real es igual a uno. La empresa demandará trabajadores hasta el punto donde la productividad marginal laboral sea igual al salario de eficiencia W^* . Existirá desempleo involuntario si la demanda de trabajo L^* es menor a la oferta de trabajo.

⁹A lo anterior habría que agregar que hay sub-empleo cuando los hogares agrícolas tienen mano de obra sub-utilizada en su parcela debido a que no pueden colocarla en el mercado laboral

El modelo de Shapiro y Stiglitz (1984) supone que los trabajadores tienen dos opciones: trabajar a su máxima productividad o eludir el trabajo (hacerlo con baja productividad). Las empresas tienen dificultades para supervisar al trabajador de manera individual por lo que no pueden garantizar que éste no eluda su responsabilidad laboral. Cuando el trabajador decide eludir el empleo, existe la posibilidad de ser despedido. Si tenemos un mercado con monitoreo imperfecto de los trabajadores y pleno empleo, éste puede decidir desempeñarse con baja productividad y podría fácilmente encontrar un nuevo empleo en caso de ser despedido. Para evitar ese problema, las empresas deben pagar un salario más alto que aquel que equilibra la oferta y demanda laboral en el mercado para incentivar a sus trabajadores a hacerlo con alta productividad y que exista un costo para ellos si son despedidos.

Pagar salarios más altos que el de equilibrio puede generar desempleo involuntario, debido a que a salarios más altos se reduce la demanda de trabajo y se genera un exceso de oferta, lo que reduce la probabilidad de encontrar empleo rápido a las personas desempleadas, por lo que en entornos de alto desempleo, esto funciona como un incentivo a los trabajadores a conservar su empleo trabajando con productividad máxima. El salario pagado por las empresas W^* es mayor al salario de equilibrio, generando cierto desempleo, de modo que el salario de eficiencia depende de la productividad y del nivel de empleo.

Estos modelos cuentan con cierta aceptación entre los economistas aunque han recibido algunas críticas (Argandoña, Gámez y Mochón, 1997). El desempleo que se genera a partir del modelo de Shapiro y Stiglitz no es Pareto eficiente, pues las empresas deciden sus niveles de empleo en función de sus costos privados¹⁰. El desempleo que este modelo genera no se corrige con políticas de demanda y no otorga papel alguno a los sindicatos, algo que no sucede en la realidad.

Los modelos de salario de eficiencia, especialmente el de Shapiro y Stiglitz, pueden aplicarse para determinar los precios sombra del trabajo familiar y la oferta de mano

¹⁰lo cual genera un problema de principal-agente a través de una externalidad que hace que el nivel de empleo no sea Pareto-eficiente

de obra de los hogares rurales productores de alimentos. Si un hogar agrícola requiere cubrir su demanda de mano de obra, puede utilizar la mano de obra de sus hijos en vez de contratar a trabajadores/jornaleros por un salario. Por ejemplo, si suponemos que el salario pagado en el mercado es de 100 pesos, el hecho de usar a un familiar como mano de obra significa que, implícitamente, le está pagando este salario de mercado. Como el trabajo familiar no requiere monitorearlo, el costo efectivo e implícito del hogar sería solamente el jornal por cada miembro. En contraste, de contratar mano de obra asalariada, el costo por jornal no es solamente el salario pagado, ya que hay un costo adicional, γ , requerido para monitorear que el trabajador no eluda sus responsabilidades laborales y trabaje con baja productividad. De este modo, es más costoso para los hogares utilizar mano de obra contratada con respecto a la familiar. Una alternativa para evitar el costo de monitoreo sería pagarle al trabajador contratado un salario más alto que el de mercado (η). O sea que cualquiera de las dos alternativas conduce a que el costo por trabajador contratado sea más alto que el del trabajo familiar.

Sadoulet, de Janvry y Benjamin (1998) estiman un modelo con mercado laboral imperfecto usando la Encuesta Nacional Ejidal de México levantada en 1994. En su planteamiento teórico, los autores suponen que el trabajo familiar es menos costoso que el contratado, debido a costos de transacción, los que se asocian entre otros fenómenos, a los costos de supervisión que se incurre al contratar mano de obra. En su modelo, los autores proponen que el salario sombra del trabajo familiar aumenta cuando la dotación de tierra es más alta en el hogar.

Sonoda y Maruyama (1999) desarrollan un trabajo en el que analizan los efectos del salario interno (o sombra, el cual es determinado dentro del hogar) en la oferta laboral agrícola de los hogares productores de arroz en Japón. El modelo usa el marco de salarios de eficiencia y de este modo el salario pagado en el mercado es más alto que aquel que equilibra la oferta y demanda laboral, lo que genera desempleo involuntario. Los autores sostienen que los miembros de hogares japoneses están dispuestos a trabajar por un salario menor al pagado en el mercado, el cual es ofrecido a los miembros de estos hogares por trabajar en actividades no agrícolas. Sin embargo, los empleadores no contratarán a nadie por un salario más bajo que el de eficiencia debido a que no se garantiza que trabajen con alta productividad. De este modo, los trabajadores potenciales

(desempleados y trabajadores familiares) perciben que el empleo está restringido al salario de mercado y a la disponibilidad de empleo que los hogares ofrecen al mercado una vez que se cubrieron sus necesidades laborales.

Los autores utilizan una especificación Cobb-Douglas para la función de producción y calculan los salarios sombra del trabajo familiar para diferentes tipos de productor y en todos casos, encuentran que los salarios estimados son menores a los salarios de mercado. Tal y como postula su modelo teórico, parece ser que los salarios sombra para los productores de arroz en Japón guardan cierta correspondencia con los principios neokeynesianos.

Por último, Inada y Yamamoto (2010) estiman los salarios sombra y la decisión de emigrar para los productores de arroz en China. Encuentran que los salarios sombra del trabajo familiar son menores que los salarios de mercado y tienen una importancia determinante en su decisión de emigrar del campo a la zona urbana.

3.3. MODELO TEÓRICO

Para formalizar la propuesta de investigación se propone un modelo de hogar agrícola inspirado en los trabajos de Strauss (1986), Jacoby (1993), Sonoda y Maruyama (1999) y Maruyama y Sonoda (2011)¹¹. Se propone una función de utilidad cuyos argumentos son el consumo de dos bienes producidos por el hogar (el agrícola y el ganadero), un bien comprado en el mercado y el ocio, tomando en cuenta las características inherentes del hogar.

$$U = U(C_A, C_G, C_M, L; \mathbf{X}) \quad (3.1)$$

C_A es el bien agrícola

C_G es el bien ganadero

C_M es el bien adquirido en el mercado,

L Tiempo dedicado a ocio (o actividades no laborales)

X es un vector de las características del hogar.

¹¹El desarrollo de esta sección está basado especialmente en las últimas dos referencias

Las utilidades marginales de cada bien son positivas. El hogar está sujeto a restricciones de tiempo, de presupuesto y de tecnologías de producción, tanto agrícola como ganadera.

$$T_A + T_G + T_M + L = T \quad (3.2)$$

La dotación de tiempo total T del hogar se puede dedicar a trabajo agrícola, trabajo ganadero, trabajo no agrícola por salarios y al ocio. Por tanto, el tiempo que se dedica a una actividad implica que se cuenta con menos dotación para el resto de actividades. Esto no significa que por esta razón las actividades sean sustitutas o complementarias. Para saber esto último se necesita estimar la sensibilidad de una actividad en otra, lo cual se hace a través de la modelación de un sistema de ofertas laborales. Esto se desarrolla en el artículo 3 de esta tesis, contenido en el capítulo 4 de la misma. La restricción presupuestaria nos dice que el ingreso total del hogar \mathbf{R} se puede destinar al consumo de los bienes agrícola, ganadero, al bien comprado en el mercado, al ocio y a otros gastos relacionados con el hogar como los relacionados con educación o el pago de impuestos.

$$P_A C_A + P_G C_G + P_M C_M + WL + IMP \leq R \quad (3.3)$$

donde:

$$R = WT + \Pi_A + \Pi_G + N \quad (3.4)$$

El ingreso R está compuesto por el valor de la dotación total de tiempo, el beneficio de la actividad agrícola y la ganadera así como otras transferencias denotadas como N . El hecho de que el hogar cuente con dos componentes de su ingreso determinados internamente (los beneficios agrícola y ganadero) es lo que hace diferentes a los modelos de hogar agrícola respecto a los modelos tradicionales de hogar consumidor. Los beneficios de las actividades agropecuarias se determinan por la diferencia entre el valor de su producción (Z_A y Z_G respectivamente) menos el valor de los insumos laborales (variables T) y los no laborales (las variables F). Asimismo, los hogares están sujetos a restricciones tecnológicas manifiestas a través de una función de producción para cada actividad.

$$\Pi_A = P_A Z_A - WT_A - q_A F_A \quad (3.5)$$

$$\Pi_G = P_G Z_G - WT_G - q_G F_G \quad (3.6)$$

Las funciones de producción son descritas en las siguientes dos ecuaciones.

$$Z_A \leq f^A (T_A, F_A; K_A, TI) \quad (3.7)$$

$$Z_G \leq f^G (T_G, F_G; K_G) \quad (3.8)$$

La ecuación (3.5) describe la función de producción agrícola, la cual depende de la mano de obra dedicada a esta actividad T_A , de los insumos, tales como los fertilizantes (F_A); y de dos factores fijos en el corto plazo, como la tierra y la tecnología (el régimen hídrico K_A). La función de producción ganadera depende de la mano de obra, de los insumos como el alimento para el ganado y el capital que es fijo en el corto plazo. El consumo de cada uno de estos bienes no puede exceder la producción.

Dado que la falla de mercado se presenta en el mercado laboral, se espera que la producción agrícola (ganadera) sea mayor al consumo y el residual vendido en el mercado. Los hogares son entonces precio-aceptantes. Para resumir las restricciones en una sola hacemos algunas simplificaciones algebraicas. En ambos lados de la ecuación (3.7) le multiplicamos por el precio del bien agrícola, de modo que se obtiene que el valor de la producción agrícola; de la ecuación (3.5) obtenemos el valor del beneficio agrícola, neto de insumos, es igual al valor de la producción agrícola, lo que deriva en la ecuación (3.9):

$$\Pi_A \leq P_A f^A (T_A, F_A; K_A, TI) - WT_A - q_A F_A \quad (3.9)$$

Siguiendo los mismos pasos con las ecuaciones (3.6) y (3.8), se obtiene la ecuación (3.10):

$$\Pi_G \leq P_G f^G (T_G, F_G; K_G) - WT_G - q_G F_G \quad (3.10)$$

A partir de estas ecuaciones y la definición de ingreso R , se tiene la siguiente restricción del ingreso total del hogar.

$$\begin{aligned} -P_A C_A - P_G C_G - P_M C_M - WL - IMP + +WT + P_A f^A (.) - WT_A - \\ q_A F_A + P_A f^G (.) - WT_G - q_G F_G + N \geq 0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

Si se supone que existe una solución interior (es decir, $\alpha > 0$), el salario sombra del trabajo familiar en agricultura y ganadería será igual al salario de mercado, el cual es igual a la tasa marginal de sustitución entre el bien agrícola (ganadero) y el ocio. El salario de mercado genera el equilibrio entre la oferta y demanda laboral para la agricultura y la ganadería, como se observa en las dos ecuaciones siguientes.

$$P_A f_1^A(\cdot) = W = \frac{P_A U_L(\cdot)}{U_A(\cdot)}$$

$$P_G f_1^G(\cdot) = W = \frac{P_G U_L(\cdot)}{U_G(\cdot)}$$

Sin embargo, al salario de mercado, los empleadores, hogares rurales demandantes de trabajo, no pueden asegurar que ellos no eludan su responsabilidad en el trabajo si además le agregamos la existencia de imperfecciones en el monitoreo de los trabajadores contratados. Para resolver este problema, los hogares rurales que contratan trabajadores necesita monitorear a los trabajadores contratados (lo que conlleva un costo) o pagar un salario más alto que el del mercado con la finalidad de incentivar la productividad y evitar problemas de agencia. Esto es lo que se conoce como el modelo de salario de eficiencia, propuesto por Shapiro y Stiglitz (1984). Sin embargo, el hecho de fijar un salario más alto que el de equilibrio, aumenta la oferta laboral y cae la demanda laboral, lo que genera desempleo involuntario.

Para aquellas personas de hogares rurales que quieren trabajar fuera de su hogar, estarán dispuestos a trabajar por un salario menor (W , el cual es el de equilibrio del mercado laboral). Sin embargo, ellos no serán contratados porque los empleadores no tienen la seguridad que a ese salario no eludan su responsabilidad laboral. Así, aquellos miembros de hogares que quieran trabajar por salarios fuera de su hogar, observan que el mercado laboral está restringido a una cantidad \bar{T} , la cual es menor al número de días de trabajo que ellos ofrecerían a la tasa de salario W (Sonoada y Maruyama, 1999; Maruyama y Sonoada, 2011). De esta manera, la oferta laboral externa de los hogares no puede exceder \bar{T} :

$$T_M = T - T_A - T_G - L \leq \bar{T}, \quad (3.12)$$

donde \bar{T} no necesita estar dada sino sólo ser menor al total de días ofrecidos por el hogar

al salario W . Así, si se supone que los trabajadores familiares y los contratados son igual de productivos, sería más rentable emplear mano de obra familiar, la cual no requiere de costos de supervisión. Con la nueva restricción planteada en (3.12) implica un nuevo problema de programación matemática.

Maximizando la función de utilidad y tomando en cuenta la restricción de ingreso total y la restricción (3.12), las condiciones de optimalidad son:

$$P_A f_1^A (T_A, F_A; K_A, TI) - W^* \leq 0 \quad (3.13)$$

Y W^* representa el salario sombra del trabajo familiar que está definido por $W = W^* - \frac{\mu}{\lambda}$; el segundo término es el cociente de multiplicadores, donde el denominador es el de la restricción (3.12). Podemos observar que el salario familiar puede ser igual o menor que el del mercado. El resto de condiciones de optimalidad para la agricultura y ganadería del hogar productor se muestran en las ecuaciones siguientes.

$$P_A f_2^A (T_A, F_A; K_A, TI) - q_A \leq 0 \quad (3.14)$$

$$P_G f_1^G (T_G, F_G; K_G) - W^* \leq 0 \quad (3.15)$$

$$P_G f_2^G (T_G, F_G; K_G) - q_G \leq 0 \quad (3.16)$$

$$U_A (C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_A \leq 0 \quad (3.17)$$

$$U_G (C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_G \leq 0 \quad (3.18)$$

$$U_M (C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_M \leq 0 \quad (3.19)$$

$$U_L (C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda W^* \leq 0 \quad (3.20)$$

$$- P_A C_A - P_G C_G - P_M C_M - W^* L - IMP + R^* \geq 0 \quad (3.21)$$

En la ecuación (3.21), R^* es el ingreso total como lo definimos anteriormente pero en función del salario sombra. Por último tenemos la condición de optimalidad de la restricción de trabajo al exterior del hogar.

$$-T + T_A + T_G + L + \bar{T} \geq 0 \quad (3.22)$$

Si se considera una solución interior, es decir $\lambda > 0$, $\mu > 0$, los salarios sombra (o interno) del trabajo familiar W^* para agricultura y ganadería es menor que el salario de mercado W . Los salarios sombra que equilibran la oferta y demanda de trabajo familiar para ambas actividades toma parte en las decisiones de oferta y demanda laboral de manera simultánea, lo que implica la existencia de no separabilidad de las decisiones de consumo y producción. El lado derecho de las ecuaciones (3.23) y de la (3.24) representan la oferta laboral en agricultura y ganadería dentro del hogar; el lado izquierdo de estas mismas ecuaciones representan la demanda laboral dentro del hogar para ambas actividades. El salario W^* se puede denominar salario interno de equilibrio.

$$P_A f_1^A(\cdot) = W^* = P_A \frac{U_L(\cdot)}{U_A(\cdot)} \quad (3.23)$$

$$P_G f_1^G(\cdot) = W^* = P_G \frac{U_L(\cdot)}{U_G(\cdot)} \quad (3.24)$$

Para conocer los efectos de algunas variables en el salario sombra de manera más particular, suponemos funciones de producción Cobb-Douglas para las actividades agrícolas y pecuarias del hogar (Sonoda y Maruyama, 1999) y una especificación de sistema lineal de gasto para la función de utilidad (Deaton y Muellbauer, 1980).

$$\ln Z_A = \ln A + \beta_1 \ln T_A + \beta_2 \ln F_A + \beta_3 \ln K_A + \beta_4 \ln T_I \quad (3.25)$$

$$\ln Z_G = \ln B + \alpha_1 \ln T_G + \alpha_2 \ln F_G + \alpha_3 \ln K_G \quad (3.26)$$

$$U = \gamma_A \ln(C_A - d_A) + \gamma_G \ln(C_G - d_G) + \gamma_M \ln(C_M - d_M) + \gamma_L \ln(L - d_L) \quad (3.27)$$

Y los coeficientes, las γ 's suman uno en la función de utilidad. Aplicando algunas operaciones algebraicas obtenemos las funciones de oferta de cada bien producido por el hogar en función del salario sombra.

$$Z_A = A_{Ag} \{ P_A^{\beta_1 + \beta_2} W_*^{-\beta_1} q^{-\beta_2} K_A^{\beta_3} T I^{\beta_4} \}^{\frac{1}{1 - \beta_1 - \beta_2}} \quad (3.28)$$

$$Z_G = A_{Gan} \{ P_G^{\alpha_1 + \alpha_2} W_*^{-\alpha_1} q^{-\alpha_2} K_G^{\alpha_3} \}^{\frac{1}{1 - \alpha_1 - \alpha_2}} \quad (3.29)$$

Tanto la demanda como la oferta laboral de cada función tienen pendiente negativa y positiva al salario sombra.¹²

En este modelo teórico se supone que el hogar se dedica a la agricultura y a la ganadería, aunque en el empírico y como se verá, debe tomarse en cuenta el hecho de que pueden existir algunas determinantes que influyan en la decisión del hogar en participar o no en la agricultura y/o la ganadería, lo que puede llevar a que difieran los salarios sombra de estas dos actividades.

3.4. ESTRATEGIA ECONÓMÉTRICA

A partir del modelo teórico propuesto y definiendo una especificación Cobb-Douglas es posible estimar económicamente las funciones de producción de los hogares rurales para la agricultura y ganadería. Esto permitirá conocer las productividades marginales del trabajo familiar o salarios sombra para ambas actividades y compararlos con el salario del trabajo contratado. Los modelos económicos propuestos toman en cuenta la posible selectividad de participación en estas actividades por parte de los hogares rurales, con lo cual se obtendrán estimadores consistentes desde el punto de vista estadístico.

3.4.1 *Función de Producción con corrección de selectividad*

Con el fin de conocer las productividades marginales del trabajo familiar, se requiere estimar una función de producción para la agricultura y otra para la ganadería. Si bien pueden existir otras actividades en las que incurren los hogares, como los negocios no agrícolas o extracción de recursos naturales, éstas son desarrolladas por una

¹² A partir de estas ecuaciones se pueden obtener resultados de cómo las variables exógenas afectan la función de producción. Se debe tomar en cuenta que existirá un cambio directo, el cual es el generado por el cambio en la variable exógena (superficie cultivada, gasto en insumos, entre otras) y un cambio indirecto el que se genera por el cambio en los salarios sombra (Maruyama y Sonoda, 2011).

muy reducida cantidad de hogares, por lo que dejarlas fuera de las estimaciones no altera significativamente los resultados. La función de producción describe la tecnología que usa el hogar a partir de la utilización de insumos como la tierra, el capital y la mano de obra. La productividad marginal de cada uno de los factores de producción describe cuál es el cambio unitario en la producción que se genera por el cambio de un factor determinado, como la del trabajo familiar. La producción agrícola (ganadera) está en función de los insumos utilizados así como de otras características que se definen en la ecuación (3.30).

$$Y_i^* = X_i' \beta + \varepsilon_i \quad (3.30)$$

donde Y^* es la producción agrícola (ganadera) para el hogar i que depende de los insumos utilizados y algunas variables de control como la composición demográfica del hogar (Jacoby, 1992). La idea detrás de la modelación es que los insumos como la tierra y el trabajo tienen un efecto positivo en la producción agrícola (y ganadera), de acuerdo a como se establece en la teoría del productor.

Sin embargo Y_i^* sólo es observada para aquellos hogares que participan en actividades agrícolas y/o ganaderas. Los hogares pueden elegir participar o no en este tipo de actividades productivas, por lo que modelar la función de producción sólo con hogares que participan en este tipo de actividades genera estimadores sesgados pues la muestra de productores no es aleatoria para ninguna de las dos actividades. Este problema se conoce como sesgo de selección (Cameron y Trivedi, 2005; Greene, 2008).

En Heckman (1976 y 1979) se explica este problema y se propone un método de estimación para corregirlo. Se postula un mecanismo por el cual un hogar es observado como participante en actividades agrícolas o ganaderas. Esto se puede describir en la siguiente ecuación:

$$P = \begin{cases} 1 & \text{si } P^* > 0 \\ 0 & \text{si } P^* \leq 0 \end{cases}$$

P es una variable dicotómica tiene valor uno para los hogares que participan en actividades agrícolas (o ganaderas) y cero para los que no. Sólo podemos conocer la producción de aquellos hogares con valor uno en P y no observamos el valor de aquellos

que no participan. El valor de P_i^* se determina por la ecuación (3.31)

$$P_i^* = Z_i' \gamma + \epsilon_i \quad (3.31)$$

Donde P_i^* no es observada, la que se observa es P. La participación en actividades agrícolas (o ganaderas) está en función de variables relacionadas con características del hogar. Dado que existe una relación entre ambas ecuaciones pues la observación de la producción está condicionada a la participación, Heckman (1979) asume una distribución bivariada entre los errores de ambas ecuaciones de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} \epsilon_i \\ \varepsilon_i \end{pmatrix} \sim N \left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & \sigma_2^2 \end{pmatrix} \right)$$

Donde la varianza de la ecuación para P es normalizada a uno para facilitar la estimación del modelo. Existe una correlación entre ambos errores que es denotada por ρ . Heckman (1979) propone un modelo en dos etapas para corregir el sesgo de selección y opera de la siguiente manera. Las ecuaciones (3.32) y (3.33) son parte de este proceso

$$E(Y_i | Y_i > 0) = E(Z_i' \beta + \epsilon_i > 0) \quad (3.32)$$

$$E(Y_i | P_i = 1) = X_i' \beta + E(\varepsilon_i | \epsilon_i > -Z_i' \gamma) = X_i' \beta + \sigma \lambda_i \quad (3.33)$$

y λ_i es el inverso de la razón de Mills y es definida por: $\lambda_i = \frac{\phi(-Z_i' \gamma)}{1 - \Theta(-Z_i' \gamma)}$

Primero, se estima un modelo probit para determinar la participación en actividades agrícolas (ganaderas) y se obtiene la predicción de participación. Con esta variable se calcula la razón de Mills que es un cociente entre la función de densidad entre la función de distribución de los valores predichos. Con esta nueva variable, se calcula la producción en función de las covariables X's y la lambda, esto por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se contrasta la hipótesis de que la correlación rho sea diferente de cero, lo que nos arroja si es correcto llevar a cabo o no la corrección del sesgo de selección. Originalmente Heckman (1979) propuso esto como una estimación en dos etapas pero se puede estimar de manera conjunta por máxima verosimilitud; esta última es la que llevamos a cabo en esta investigación.

En esta investigación se estima un modelo para cada actividad (agrícola y ganadera). La función de verosimilitud se denota por la ecuación (3.34).

$$L = \prod_{i=1}^n (Pr(P_i^* \leq 0))^{1-P_i} (f(Y | P_i^* > 0 * Pr(P_i^* > 0))^{P_i} \quad (3.34)$$

Un aspecto importante para estimar la función de producción y la productividad marginal del trabajo familiar es especificar la forma funcional de la producción. Al igual que Jacoby (1992) utilizaremos la especificación Cobb-Douglas, que ha probado ser una función de fácil cálculo e interpretación. Algunos trabajos como el de Jacoby (1993) y Ramírez y Foster (2003) utilizan la función translogarítmica pero no existe evidencia que garantice que ajuste mejor que una Cobb-Douglas, además requiere la estimación de términos cuadráticos que en algunos casos ofrecen estimaciones con signo contrario al de la teoría económica como pasó en el estudio de Skoufias (1994), en el cual desechó esta función al obtener productividades marginales negativas.

Además, utilizar la Cobb-Douglas permite hacer cierta comparabilidad con lo obtenido por Skoufias (1994) para la India, Abdulai y Regmi (2000) para Nepal, Linde-Rahr (2001) para Vietnam y Barrett, et al. (2008) para Costa de Marfil. Ramírez y Foster (2003), con datos de Chile, utilizan una función de producción trans-logarítmica. Arslan y Taylor usan esta misma función para calcular la producción de maíz para México. La especificación Cobb-Douglas se hace estimando el logaritmo de la producción agrícola (o ganadera) en función de insumos y del logaritmo de los días de trabajo familiar en los ciclos Primavera-Verano y Otoño-Invierno.

3.4.2 Cálculo de los Salarios Sombra

Una vez obtenidas las predicciones de la producción con la corrección de selectividad, se procede a calcular los salarios sombra que se obtienen a partir de las productividades marginales del trabajo familiar agrícola y ganadero. Al ser una especificación Cobb-Douglas, la variable dependiente está en términos de logaritmos así como los días trabajados por los miembros de la familia en algunas de estas dos actividades por lo que si tomamos la derivada del logaritmo de la producción¹³ con respecto al logaritmo de días

¹³La producción es en realidad el valor de la producción de cualquiera de las dos actividades expresadas en pesos

de trabajo familiar y se obtiene la ecuación (3.35)

$$\frac{\partial \log(\widehat{Y})}{\partial \log(TF)} = \widehat{\beta}_{TF} \quad (3.35)$$

De la teoría económica se sabe que la productividad marginal del trabajo familiar es definida como la derivada de la producción respecto al trabajo familiar, y esta debe ser igual al salario sombra del trabajo familiar en el óptimo, por lo que tomando propiedades de logaritmo se tiene como resultado la ecuación (3.36).

$$\frac{\partial \widehat{Y}}{\widehat{Y}} * \frac{\partial TF}{TF} = \widehat{\beta}_{TF} \quad (3.36)$$

Y finalmente, se obtiene la ecuación (3.37)

$$SAL_{actividad}^* = PMARG_{TF} = \frac{\partial \widehat{Y}}{\partial TF} = \frac{\widehat{\beta}_{TF} * \widehat{Y}}{TF} \quad (3.37)$$

Esta última ecuación muestra que el salario sombra del trabajo familiar es igual a la productividad marginal del trabajo familiar, el cual se obtiene del cociente entre el producto la producción predicha y su coeficiente técnico beta, y se divide entre el total de días trabajados en el hogar. Al compararse este con el salario que pagan los hogares a los trabajadores contratados, el cual es determinado por el mercado, se podría observar si el salario de estos últimos es diferente del salario sombra del trabajo familiar¹⁴.

3.5. DATOS

La base de datos que utilizamos es la segunda ronda de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM), la cual tiene representatividad regional para hogares en localidades entre 500 y 2,500 habitantes. La ENHRUM es una encuesta multi-temática que capta información socio-demográfica de los hogares y sus miembros; actividades agrícolas, ganaderas y extracción de recursos naturales que realizan los hogares, así como otras actividades productivas como el trabajo asalariado o negocios no agrícolas; historia laboral de cada miembro, dentro y fuera de la localidad así como de

¹⁴Como los salarios pagados son determinados por el mercado, la comparación también puede hacerse entre salario sombra y salario pagado en otras actividades fuera del hogar; es decir, en actividades de agentes distintos al hogar

migración a Estados Unidos; infraestructura y servicios de la vivienda y también información de créditos y servicios financieros.

La encuesta es longitudinal pues sigue en el tiempo a un grupo de hogares a través de dos rondas levantadas en los años 2003 y 2008, en las cuales se recoge información del año previo al que fueron llevadas a cabo. En esta investigación, se utiliza la información correspondiente a la segunda ronda, es decir, los datos corresponden al año 2007. El número de hogares con los que cuenta esta segunda ronda es de 1,765 y de estos nosotros tomamos una muestra de 1,543 que cuentan con información socio-demográfica completa. La ENHRUM se levantó en 14 estados, los cuales se agrupan en cinco regiones ¹⁵.

De estos 1,543 hogares, 830 de ellos reportan la posesión o renta de al menos una parcela para actividades agrícolas o ganaderas. De estos hogares, 605 se dedican a actividades agrícolas y 225 a actividades no agrícolas. Asimismo, de estos 830 hogares, 645 son productores ganaderos y 185 no ganaderos. Existen 506 hogares que se dedican a las dos actividades, 99 agricultores no ganaderos, 139 ganaderos no agricultores y 86 que no se dedican a ninguna de las dos actividades.

Durante el proceso de investigación surgió la necesidad de saber si la posesión de tierra es un determinante importante para desarrollar alguna de las dos actividades. Mediante pruebas de diferencias en proporciones, contrastamos la hipótesis de proporción de agricultores y ganaderos para grupos con o sin parcela propia para estos 830 hogares. El resultado arroja que la proporción de personas que no poseen parcelas propias tiende a dedicarse más a la agricultura que las que si poseen parcelas propias. Para la actividad ganadera, la prueba nos arroja que la posesión de tierra es irrelevante para la probabilidad de dedicarse a esta actividad.

En la tabla 1 se incluyen las variables que se utilizarán para estimar la función de producción agrícola. Estas variables se incluyen debido a su relación con la producción

¹⁵La región sureste está compuesta por los estados de Oaxaca, Veracruz y Yucatán. La centro se compone del estado de México y Puebla. La centro-occidente por Guanajuato, Nayarit y Zacatecas. La Noroeste se compone por Baja California, Sinaloa y Sonora. Por último, la noreste se compone de Durango, Chihuahua y Tamaulipas

agrícola y a que son las que se usan de manera típica en las estimaciones realizadas para otros países. Se observa que algunas variables tienen observaciones para los 1,543 hogares de la muestra (como la región y la edad del jefe de hogar) y otras sólo tienen observaciones para los 830 que tienen parcela.

Información sobre producción e insumos agrícolas existe solamente para los hogares que se dedican a la agricultura (605). Debido a que la mayor parte de los cultivos son de autoconsumo, no fue posible observar los precios de estos. Por ello, para valorar la producción se utilizaron los precios del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP a nivel municipal.

Respecto a la variable dicotómica que indica si un hogar es productor agrícola, se observa que el 39 % de estos (605 hogares) de los 1,543 hogares se dedica a la agricultura y estos 605 hogares agrícolas representan el 73 % de los hogares que tienen al menos una parcela en uso. La edad del jefe de hogar así como la educación se utilizan como variables que miden la eficiencia en la producción. Sin embargo, observamos que los jefes de hogar tienen en promedio 54 años y su nivel educativo es bajo (4.7 años).

Las primeras variables de la tabla corresponden sólo a productores agrícolas. El uso de maquinaria es representado por la variable dicotómica de uso de tractor y un índice de uso de maquinaria¹⁶. Se incluyen la mano de obra familiar (no pagada) y la contratada, ambas en logaritmos y observamos un mayor uso, en promedio, de mano de obra familiar que contratada¹⁷.

En la tabla podemos ver que el 24 % de los hogares utilizan riego y el 26 % utilizan cultivos combinados, es decir, en una misma parcela se siembran varios cultivos,

¹⁶Este índice se calculó por Análisis de Correspondencias Múltiple usando las dicotómicas de uso de cosechadora, trilladora, ensiladora y otra maquinaria. Para revisar el funcionamiento de este método, puede consultarse a Peña (2002)

¹⁷Con la finalidad de no perder observaciones, cuando observamos un cero en alguna de las dos variables de mano de obra, aplicamos la transformación que se recomienda en Skoufias (1994): sumamos un uno a todas las observaciones de manera que aquellas que tengan cero días de mano de obra no se eliminen del análisis

regularmente maíz y frijol o legumbres. Se observa que los agricultores de cada región representan aproximadamente el 20% del total de agricultores; la región de referencia es la Sureste. El monto anual promedio de Procampo es de 2,256 pesos y se observa una distancia promedio de 2.8 kms. de la parcela al hogar. Existe un alto porcentaje promedio de parcelas propias y una superficie rentada menor a un kilómetro. El tamaño de hogar es alto pues es superior a 7.

Tabla 1: Estadísticas Descriptivas para la producción agrícola

Variable	Media	(Desv. Est.)	Mín.	Máx.	N
Log. valor prod. agrícola	7.622	(2.852)	0	13.862	607
Gasto en insumos agrícolas (miles de \$)	4.465	(17.686)	0	256.934	607
Uso de tractor=1	0.566	(0.496)	0	1	604
Índice de uso de maquinaria	0	(1.001)	-0.534	4.458	604
Log. jor. fam. cult.(inc. ceros)	3.419	(1.503)	0	7.018	607
Log. jor. contrat. cult.(inc. ceros)	1.093	(1.477)	0	7.317	607
Porcentaje de riego	0.243	(0.42)	0	1	601
Porcentaje de cultivos combinados	0.264	(0.433)	0	1	601
Escolaridad del jefe de hogar	4.677	(3.816)	0	20	1463
Edad del jefe de hogar	53.755	(15.206)	20	98	1542
región==Centro	0.219	(0.414)	0	1	1543
región==Centro-Occidente	0.203	(0.403)	0	1	1543
región==Noroeste	0.195	(0.396)	0	1	1543
región==Noreste	0.166	(0.372)	0	1	1543
Hogar es productor agrícola	0.393	(0.489)	0	1	1543
Monto de Procampo anual(miles de \$)	2.256	(4.621)	0	43.3	830
Distancia de parcela a viv. (Kms.)	2.842	(3.997)	0	50	806
Porcentaje de parcelas propias	0.843	(0.329)	0	1	830
Superficie rentada (Has.)	0.798	(5.503)	0	140	830
Tamaño de hogar	7.417	(3.471)	1	25	1543

Fuente: Elaboración propia con base en la ENHRUM II

La tabla 2 muestra los descriptivos de las variables que se utilizan para la estimación de la función de producción ganadera. Al haber sido incluidas en la tabla 1, algunas variables que se usan en ambas funciones de producción no son incluidas en la tabla 2 como es el caso de la edad y educación del jefe de hogar, la de productor agrícola o las que corresponden a las regiones. La producción se valoró con los precios de ganado vivo reportados en la encuesta y los productos derivados, como es el caso de la leche o huevos que se valoraron con precios municipales del SIAP¹⁸.

El 58% de la muestra de 1,543 hogares se dedica a la ganadería, la cual incluye ganado vacuno, ovino, equino, caprino y avícola. Se observa que el número de animales de ganado vacuno es menor a uno y alcanza como máximo cuatro, lo que puede atribuirse a que no se puede considerar una actividad comercial del hogar sino como una manera de acumular activos para enfrentar choques de ingresos de manera que el ganado es un activo de rápida liquidez, el cual permite suavizar el consumo al enfrentar estos choques. El ganado en los hogares ENHRUM es en su mayoría avícola y porcino.

Se observa el valor del alimento propio (casi 720 pesos) y un valor de alimento comprado de poco más de cinco mil pesos anuales. Asimismo se evidencia que muy pocos productores pidieron crédito para la actividad ganadera y que sólo un 2% recibe el programa Progan de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). El ingreso de Oportunidades es superior a 300 pesos al año.

La estimación de la función de producción agrícola con corrección de Heckman se realizó con los 830 hogares que reportan información de parcelas. En la ecuación de selección, donde la variable dependiente es la dicotómica de productor agrícola, se incluyen como variables explicativas el porcentaje de parcelas propias, la superficie rentada, la distancia a la parcela, el tamaño de hogar, cuatro variables de región, monto de Procampo y la edad y educación del jefe de hogar. La función de producción agrícola se estima con las variables explicativas de gasto en insumos, uso de maquinarias, porcentaje de riego, de cultivos combinados, días de trabajo contratado y familiar, así como la edad y educación del jefe de hogar.

¹⁸ver apéndice 3 para mayores detalles

Tabla 2: Estadísticas Descriptivas para la producción ganadera

Variable	Mean	(Std. Dev.)	Min.	Max.	N
Log. valor prod. ganadera, incl. derivados (\$)	8.41	(2.157)	0.975	13.672	862
No. animales ganado vacuno	0.690	(1.166)	0	4	894
No. animales ganado equino	0.442	(0.656)	0	3	894
Valor contingente de alimento propio(miles de \$)	0.72	(2.519)	0	40.362	897
Valor total de alimento comprado (miles de \$)	5.078	(14.853)	0	193.28	897
Valor de renta de pastizales (miles de \$)	0.196	(1.51)	0	22.5	897
Gasto en vacunas para animales (miles de \$)	0.398	(1.267)	0	17.5	897
Gasto en veterinario (miles de \$)	0.066	(0.381)	0	5.045	897
Pidió un crédito para ganadería	0.004	(0.067)	0	1	897
Log. jor. fam. gan., total(inc. ceros)	6.022	(0.706)	1.665	7.678	853
Recibe Programa Progan	0.021	(0.144)	0	1	897
Tiene instalaciones para los animales	0.572	(0.495)	0	1	897
Productor ganadero=1	0.581	(0.494)	0	1	1543
Ingreso Oportunidades por hogar (miles de \$)	0.34	(0.67)	0	4.8	1543

Fuente: Elaboración propia con base en la ENHRUM II

De manera similar se estima la función de producción ganadera. Para la ecuación de selección, donde la variable dependiente es la dicotómica de productor ganadera, se incluyen como variables explicativas la dicotómica de productor agrícola, el ingreso de Oportunidades y Procampo, edad y educación del jefe de hogar, días de trabajo familiar¹⁹ gasto en insumos como vacunas, veterinario y alimento comprado y valor del alimento propio. Se incluyen otras variables como las de si tienen instalaciones para los animales, crédito ganadero y si es beneficiario de Progan.

3.6. RESULTADOS

En la sección se presentan los resultados empíricos de la presente investigación, compuestos por dos estimaciones: de la función de producción y de los salarios sombra. No obstante creemos pertinente discutir acerca de las restricciones de exclusión para las ecuaciones de selección para la agricultura y la ganadería. Discutiremos primero para la agricultura y posteriormente para la ganadería.

¹⁹El trabajo contratado es casi nulo, por lo que no se incluye en la producción ganadera

La selección en agricultura tiene como instrumentos al monto recibido por el programa Procampo en ambos ciclos, la distancia de la parcela a la vivienda (en kilómetros), el porcentaje de parcelas propias, la superficie rentada y el tamaño del hogar. Se utiliza Procampo porque es un apoyo otorgado a aquellas personas que poseen o trabajan una parcela para uso agrícola con la única condición de sembrar cultivos lícitos; al ser una transferencia no condicionada más que a la siembra, suponemos un efecto positivo en la probabilidad de ser agricultor. La distancia de la parcela a la vivienda puede incidir negativamente en la probabilidad de ser agricultor, debido a costos de desplazamiento: el dueño de la parcela podría dar en arriendo sus parcelas en caso incurra en altos costos de transporte. En la sección de datos se observó que el porcentaje de parcelas propias se relaciona negativamente con la probabilidad de ser agricultor: si un hogar posee un alto porcentaje de parcelas, puede obtener beneficios al darlas en arriendo y de este modo obtener otros ingresos. Los hogares que cuentan con más superficie rentada pueden tener una mayor probabilidad de dedicarse a la agricultura. Debido a las características de los hogares rurales de México en cuanto al uso de trabajo familiar en agricultura, un mayor número de miembros en el hogar puede incidir positivamente en la probabilidad de dedicarse a la agricultura.

De la misma manera, para la ecuación de selección de la ganadería se incluyen si el hogar es productor agrícola, los montos de Procampo y el programa Oportunidades así como el tamaño de hogar. La ganadería es una actividad de traspatio y es complementaria de la agricultura, por lo que se espera que esta actividad incida de manera positiva en la probabilidad de participar en la ganadería. La incidencia del flujo de efectivo recibido por programas sociales (Procampo y Oportunidades) se espera positiva porque además la ganadería puede servir como una inversión en activos de rápida liquidez que se pueden usar cuando el hogar enfrentan shocks económicos. Debido a que la mano de obra que se usa en ganadería es familiar, se espera que el tamaño de hogar incida positivamente en la probabilidad de dedicarse a la ganadería. No consideramos otros instrumentos debido a que aquellas variables relacionadas con la agricultura (porcentaje de parcelas propias, distancia de la parcela a la vivienda, superficie rentada, entre otros) no tienen incidencia directa en la probabilidad de participar en ganadería.

Para las ecuaciones de selección de ambas actividades se utilizaron también variables que están presentes también en las funciones de producción, entre estas tenemos las regiones comprendidas en la ENHRUM, y gastos en insumos.

3.6.1 Estimaciones de las funciones de producción

Las tablas 3 y 4 muestran las estimaciones de función de producción agrícola y ganadera respectivamente. Se discuten primero los resultados de la función de producción agrícola. La ecuación de selección tiene como variable dependiente el ser productor agrícola. Esta ecuación se presenta en la última columna de la tabla 3. Se observa que los años de escolaridad del jefe de hogar reducen la probabilidad de ser productor agrícola; esto se puede deber a que las personas con mayor preparación tienden a dedicarse a un empleo que les otorgue mayor certidumbre en sus ingresos y menor desgaste físico, por lo que optan por dedicarse con menor probabilidad a la agricultura. La edad del jefe de hogar también tiene una relación negativa con la probabilidad de ser agricultor, aunque no es significativa tiene el signo esperado pues los requerimientos físicos de la actividad agrícola suelen afectar más a las personas conforme aumenta su edad.

Tomando a la región sureste como referencia, se observa que hay una menor y significativa probabilidad de ser agricultor para los habitantes de las regiones centro-occidente y noroeste. Para las regiones centro y noreste la probabilidad de ser agricultor no es significativamente diferente de los de la región Sureste. Para los beneficiarios de Procampo la probabilidad de ser agricultor aumenta significativamente con el monto de la transferencia de ingreso de este programa; ²⁰.

Se encontró que hay una relación negativa entre la probabilidad de ser agricultor y la distancia que existe entre la parcela y el hogar, aunque esta variable no es significativa; esto está relacionado con lo mencionado antes respecto a los costos de desplazamiento. En cuanto al porcentaje de parcelas propias respecto al total de parcelas trabajadas por el hogar, los resultados muestran que cuando éste aumenta la probabilidad de ser agricultor disminuye. Esto se puede deber a que los hogares consideren más conveniente dar en

²⁰Conviene mencionar que, a diferencia de lo expuesto en las Reglas de Operación del PROCAMPO, sus beneficiarios no son necesariamente los que siembran, ya que es frecuente que los receptores del apoyo sean los dueños de las parcelas elegibles

arriendo sus parcelas por los costos laborales que implica para ellos su dispersión. Para hogares que toman parcelas en arriendo, la probabilidad de ser agricultor disminuye de manera significativa conforme aumenta la superficie tomada en arriendo.

Resultado adicional de relevancia es que la probabilidad de ser agricultor aumenta a medida que crece el tamaño del hogar. Sin embargo esta variable no es estadísticamente significativa. Lo anterior puede interpretarse como sigue. Aunque el hallazgo indica que hogares con mayor número de miembros cuentan con mano de obra que puede dedicar a la agricultura, los cultivos de mayor peso en la economía del hogar productor (dentro de los que destaca el maíz) demandan relativamente poca mano de obra.

Para determinar si la corrección de selección es adecuada para la función de producción agrícola, se hace el contraste de hipótesis de la correlación de los errores de ambas ecuaciones (la rho), el cual aparece en la última línea de la penúltima columna de la tabla 3. Se rechaza la hipótesis nula de correlación cero entre las ecuaciones (al 99 % de confianza y un valor Z de aprox. 73) por lo que es correcto aplicar la corrección de selectividad de Heckman. El valor de la rho es -0.96, esto significa que la correlación entre los errores de la ecuación de selección y la de producción agrícola es negativa; las variables no observables que tienen efecto positivo en la participación en agricultura tienden a conducir a bajos niveles de producción agrícola.

La función de producción agrícola tiene como variable dependiente el logaritmo de ésta y se explica por los insumos utilizados y otras variables, las cuales son mostradas en la primera columna de la tabla 3. Tanto el gasto en insumos agrícolas como pesticidas, abono y el gasto en fertilizantes tienen los signos positivos esperados, por lo que el gasto en estos rubros aumenta de manera significativa la producción. El uso de maquinaria y tractor tiende a aumentar la producción con respecto a aquellos hogares que no los usan, aunque el uso de tractor resultó ser no significativo. Tanto el trabajo familiar como el contratado tienen un efecto positivo en la producción ²¹.

²¹Se hicieron estimaciones del trabajo familiar distinguiendo el de las mujeres y niños, como lo hacen Jacoby (1992 y 1993) pero los resultados no fueron significativos con excepción de los hombres. Esto puede deberse a la reducida participación de mujeres en el trabajo agrícola, en promedio

Tabla 3: Función de Producción Agrícola con corrección de Heckman

Variables	Log(val. Prod. Agrícola)	Ec. Selección
Gasto en insumos agrícolas (miles de \$)	0.019*** (0.007)	
Uso de tractor=1	0.075 (0.239)	
Índice de uso de maquinaria	0.361*** (0.113)	
Log. jornales familiares ^a	0.253*** (0.063)	
Log. jornales contratados ^a	0.234*** (0.064)	
Porcentaje de riego	1.237*** (0.249)	
Porcentaje de cultivos combinados	0.202 (0.198)	
Años de escolaridad del jefe de hogar	0.035 (0.040)	-0.034** (0.015)
Edad del jefe de hogar	0.009 (0.010)	-0.003 (0.004)
Región=Centro	-0.139 (0.311)	-0.123 (0.125)
Región=Centro-Occidente	0.462 (0.404)	-0.331** (0.145)
Región=Noroeste	0.732 (0.517)	-0.444*** (0.172)
Región=Noreste	0.292 (0.455)	-0.082 (0.170)
Monto de Procampo anual(miles de \$)		0.055*** (0.014)
Distancia de parcela a viv. (Kms.)		-0.005 (0.010)
Porcentaje de parcelas propias		-0.535*** (0.179)
Superficie rentada (Has.)		-0.042*** (0.015)
Tamaño de hogar		0.005 (0.011)
Constante	6.367*** (0.682)	1.370*** (0.304)
Observaciones	556	758
Logaritmo de Verosimilitud	-1608	-1608
rho	-0.9653***	
	0.0131	

Fuente: Estimaciones Propias.

Errores estándar entre paréntesis *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Estimación Heckman por Máxima Verosimilitud. LR test of indep. eqns. (rho = 0): $\chi^2(1) = 45.75$, Prob $\chi^2 = 0.0000$.

a. Incluye la transformación $\log(X + 1)$ que permite recuperar los valores cero en jornales.

Los hogares cuyos cultivos son de riego tienden a ser más productivos que los de temporal. No existen diferencias de productividad entre cultivos solos y aquellos que son combinados en una misma parcela. No se encuentra influencia de la educación del jefe de hogar en la producción, aunque el signo es positivo. Esta variable es útil para captar si existe una mayor eficiencia en la producción en aquellos hogares más educados, pero en este caso los resultados del modelo indican que la educación es irrelevante en cuanto a su efecto en la productividad. Lo anterior puede deberse a que los hogares más educados (como lo arroja la ecuación de selección) suelen no dedicarse a la agricultura. Se hizo una prueba t para saber si existe diferencias entre los años de escolaridad del jefe entre hogares agrícolas y no agrícolas. Se encontró que en promedio los miembros de hogares agrícolas tienen 4.04 años y los no agrícolas 5.09 años, es decir, poco más de un año de escolaridad de diferencia. De acuerdo con estos resultados puede decirse que la productividad agrícola de los hogares rurales no depende de la escolaridad.²² No existen diferencias en productividad entre las regiones.

La tabla 4 muestra los resultados del modelo para la función de producción ganadera. De la ecuación de selección se observa que el hecho de ser productor agrícola tiene un efecto positivo y significativo en la probabilidad de ser productor ganadero; estas actividades se pueden relacionar debido a que en algunos casos el ganado se considera un activo que puede ser usado en caso de requerimientos de liquidez. Tanto la edad como la educación del jefe de hogar presentan los signos esperados, positivo y negativo respectivamente, aunque no son significativos. Los hogares con mayor educación se dedicarían a actividades no agropecuarias; los hogares con un jefe de mayor edad sería más probable que se dedique a la ganadería debido a que es menos demandante de tiempo que la agricultura. A un mayor monto del programa Oportunidades le corresponde una mayor probabilidad de participar en actividades ganaderas; efecto similar tiene el Procampo pero éste no es significativo. Esto no resulta extraño pues el ingreso que reciben las familias por programas sociales puede tener un efecto multiplicador si se invierte en una actividad económica como el ganado. En cuanto a diferencias regionales, sólo la región Noroeste tiene una menor producción ganadera que el resto de regiones (la diferencia es

²²Si las variables no observables están correlacionadas con los errores, podrían generarse algunos sesgos por errores en la medición de las variables. Si éstas son invariantes en el tiempo, el problema se solucionaría utilizando un modelo de efectos fijos, lo cual implica el uso de ambas rondas de la ENHRUM

significativa).

Para determinar si la corrección de selección es adecuada para la función de producción ganadera, se hace el contraste de hipótesis de la correlación de los errores de ambas ecuaciones (la rho). Se rechaza la hipótesis nula de correlación cero entre las ecuaciones (al 95 % de confianza) lo que significa que es correcto aplicar la corrección de selectividad. El valor de la rho es -0.75, esto significa que la correlación entre los errores de la ecuación de selección y la de producción ganadera es negativa; las variables no observables que tienen efecto positivo en la participación en ganadería tienden a conducir a bajos niveles de producción ganadera.

Respecto a la función de producción ganadera, los resultados son los que siguen (ver primera columna de la tabla 4). Como es de esperarse, la cantidad de animales de ganado mayor (vacunos y equinos) tiene un efecto positivo y significativo en la producción ganadera. Lo mismo aplica al gasto en alimentos propios (el valor de los alimentos comprados es también positivo, pero no significativo). Que el alimento propio afecte significativamente la producción ganadera sugiere una complementariedad de la actividad agrícola y ganadera, cuestión que se trata más abajo.

Por su parte, el gasto en vacunas aumenta significativamente la producción ganadera, al reducir el riesgo de muerte en el ganado. En contraste el gasto en veterinario tiende el efecto contrario, aunque éste no es significativo. El primer resultado muestra que medidas preventivas tienen efectos positivos en la producción ganadera de los hogares rurales, mientras que el gasto en veterinarios indica problemas de salud animal que afecta su producción.

Los hogares productores de animales con acceso al crédito para esta actividad tienden a ser más productivos. La mano de obra familiar tiende a aumentar la producción ganadera, aunque la variable no es significativa. De nuevo, el resultado indica que la mano de obra familiar puede ser complemento de la agrícola y el hecho que la actividad ganadera no es intensiva en mano de obra. Como en el caso del crédito, los hogares que cuentan con instalaciones para su ganado son más productivos.

En cuanto a las diferencias regionales, los resultados muestran que, respecto al sureste, los hogares del noroeste y centro son más productivos en su actividad ganadera que el resto de regiones.

Por último, con el fin de probar si los salarios pagados a los trabajadores contratados en agricultura es igual al salario sombra del trabajo familiar. La hipótesis de mercado laboral eficiente propone que el salario sombra del trabajo familiar y el contratado son iguales. En la siguiente ecuación de regresión se estima el salario sombra en función del contratado, es decir, se contrasta la hipótesis $H0 : \alpha = 0, \beta = 1$, tal y como lo propone Jacoby (1993).

$$\log W^* = \alpha + \beta \log W + \varepsilon$$

En la tabla 5 se muestra esta estimación para toda la muestra y por género. Encontramos que el salario sombra del trabajo familiar es diferente al salario de mercado, el cual es pagado a los trabajadores contratados. Esto coincide con lo encontrado por Jacoby (1993) y Abdulai y Regmi (2000).

3.6.2 *Estimaciones de salarios sombra del trabajo familiar y salario contratado*

A partir de las estimaciones de las funciones de producción agrícola y ganadera y siguiendo lo que se describió en las secciones anteriores, se calcularon los salarios sombra del trabajo familiar en las actividades agrícola y ganadera de los hogares rurales. A continuación se explica cómo se calcularon los salarios sombra del trabajo familiar agrícola y los salarios contratados observados y estimados.

Los salarios sombra se calcularon a partir de las estimaciones de funciones de producción para la agricultura y la ganadería, como se explica en la sección 3.4.2. Se utiliza una función de producción Cobb-Douglas para determinar los efectos de los insumos y la mano de obra familiar (y contratada) en el valor de la producción agrícola (ganadera), la cual está expresada en logaritmos, al igual que los días de trabajo familiar y contratado. Se corre la regresión y se calcula la producción predicha agrícola (ganadera) y se obtiene el coeficiente de regresión del trabajo familiar, que para el caso de la Cobb-Douglas, mide la elasticidad del trabajo familiar en la producción. Aplicando propiedades de logaritmos²³

²³Recordemos que la elasticidad entre el trabajo familiar y la función de producción se mide por $\frac{\partial \ln Prod}{\partial TF}$

Tabla 4: Función de Producción Ganadera con corrección de Heckman

Variables	Log(val. Prod. Ganadera)	Ec. Selección Prod. Ganadera
No. animales ganado vacuno	0.805*** (0.057)	
No. animales ganado equino	0.523*** (0.091)	
Valor contingente de alimento propio(miles de \$)	0.048** (0.021)	
Valor total de alimento comprado (miles de \$)	0.006 (0.004)	
Valor de renta de pastizales (miles de \$)	0.050 (0.032)	
Gasto en vacunas para animales (miles de \$)	0.168** (0.068)	
Gasto en veterinario (miles de \$)	-0.268 (0.176)	
Pidió crédito para ganadería=1	2.625*** (0.910)	
Log. jor. fam. gan., total(inc. ceros)	0.009 (0.086)	
Hogar es productor agrícola	-0.246 (0.171)	0.650*** (0.115)
Recibe Programa Progan=1	-0.243 (0.342)	
Tiene instalaciones para los animales=1	0.515*** (0.128)	
Región=Centro	0.817*** (0.163)	0.075 (0.146)
Región=Centro-Occidente	0.288 (0.201)	-0.142 (0.160)
Región==Noroeste	0.648** (0.281)	-0.606*** (0.182)
Región==Noreste	0.195 (0.239)	-0.166 (0.194)
Edad del jefe de hogar	0.010* (0.005)	0.001 (0.004)
Años de escolaridad del jefe de hogar	0.045** (0.022)	-0.004 (0.018)
Monto de Procampo anual (miles de \$)		0.005 (0.012)
Tamaño de hogar		-0.001 (0.015)
Ingreso Oportunidades por hogar (miles de \$)		0.168** (0.074)

**Tabla 4: Función de Producción Ganadera con corrección de Heckman
(continuación)**

Variables	Log(val. Prod. Ganadera)	Ec. Selección Prod. Ganadera
Constante	6.871*** (0.639)	0.261 (0.311)
Observaciones	564	738
Logaritmo de Verosimilitud	-1344	-1344
rho	-0.7518*** 0.0788	

Fuente: Estimaciones Propias.

Errores estándar entre paréntesis*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Estimación Heckit por Máxima Verosimilitud. LR test of indep. eqns. (rho = 0): $\chi^2(1) = 8,04$, $Prob > \chi^2 = 0,0046$.

Tabla 5: Determinación de diferencia entre salarios sombra agrícola y de mercado

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	Total	Mujeres	Hombres
Log. salario diario pagado (\$)	1.406*** (0.283)	1.546* (0.841)	1.339*** (0.354)
Constante	-3.612*** (1.280)	-4.116 (3.677)	-3.349** (1.624)
Observaciones	452	132	320

Errores robustos entre paréntesis

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

la productividad marginal del trabajo familiar, es decir, el salario sombra del trabajo familiar, se calcula multiplicando la producción predicha por el coeficiente de regresión del trabajo familiar dividido esto entre la variable de trabajo familiar. Los valores incluidos no están más en logaritmos. De manera análoga, se estima el salario trabajo contratado, para lo cual se utiliza la variable del trabajo contratado en días.

Los salarios sombra estimados del trabajo familiar en agricultura y la ganadería y el salario estimado del trabajo contratado se calcularon en pesos diarios. El salario de los trabajadores contratados que es pagado por los hogares (el que se observa en los datos) es simplemente el pago de jornal diario que reportaron los hogares que tuvieron trabajadores en actividades agrícolas y ganaderas.

En la tabla 6 se muestra en la primera fila al salario agrícola pagado a los trabajadores contratados (es decir, el jornal pagado). La segunda y tercera fila contienen las estimaciones de salarios agrícolas sombra del trabajo familiar y del contratado respectivamente. Estos salarios se estimaron re-escalando las variables de trabajo familiar (y contratado) para aquellos hogares que declararon en la ENHRUM no usar mano de obra familiar o contratada durante el año de estudio; es decir cuando los días de trabajo de alguno de los dos tipos fueron cero. El procedimiento consistió en sumarle un uno a todas las observaciones, de manera que se re-escaló la variable y luego se tomaron logaritmos, de manera que con lo anterior se evitó perder 333 observaciones.

La cuarta y quinta fila contienen las estimaciones de salarios agrícolas sombra del trabajo familiar y del contratado pero sin re-escalar las variables de trabajo familiar ni contratado, con lo cual el número de observaciones se reduce a sólo 223 hogares.

La sexta fila de la tabla 6 muestra el salario sombra del trabajo familiar para la ganadería. Es importante que cuando el hogar cuenta con animales, siempre hay trabajo familiar involucrado en su cuidado, por lo que no existen hogares con reporte de cero días de trabajo familiar dedicados a la ganadería, por lo que no hay necesidad de efectuar el re-escalamiento aplicado a la actividad agrícola de los hogares.

y esto es lo mismo que $\frac{\partial Prod}{\partial TF} \frac{TF}{Prod}$ y despejando términos, la productividad marginal del trabajo familiar es la derivada parcial de la producción con respecto al trabajo familiar

De la tabla 6 se observa que el salario pagado al trabajo contratado en agricultura es de 127 pesos, el cual es mayor al salario sombra estimado del trabajo familiar agrícola con re-escalamiento (67 pesos y de 84 pesos sin re-escalamiento). Es importante destacar que el salario agrícola estimado del trabajo contratado con re-escalamiento (y sin éste) es más alto que el salario sombra del trabajo familiar para la agricultura.

No obstante que las estimaciones del salario sombra del trabajo familiar y del salario contratado para agricultura varían cuando se hace el re-escalamiento, se mantiene en ambos casos que es más bajo el primero que el segundo. En efecto: con re-escalamiento, el jornal agrícola es 8.7 mayor al salario sombra (579 vs 67 pesos diarios) y sin re-escalar la diferencia es de 5.2 (436 vs 85 pesos diarios). Asimismo, se mantiene la diferencia entre el salario agrícola contratado que pagan los hogares (tercer renglón de la tabla 5) y los salario sombra del trabajo familiar agrícola con y sin re-escalamiento: el salario pagado al trabajo contratado es 1.9 veces mayor cuando el salario sombra del trabajo familiar es re-escalado y 1.5 cuando no lo es.

En cuanto al salario sombra del trabajo familiar para ganadería, la comparación pertinente es entre éste y el salario sombra del trabajo familiar en agricultura, ya que en el medio rural mexicano no hay un mercado de trabajo en la actividad ganadera, el cual sólo utiliza trabajo familiar. Como se observa en la Tabla 5, la productividad de la mano de obra familiar agrícola es mucho mayor que la ganadera (67 vs 1 pesos diarios). El resultado se debe a que, como se ha dicho, la actividad ganadera de los hogares rurales se circunscribe, básicamente, al cuidado de los animales en el traspatio durante periodos diarios muy cortos, es decir, requiere pocas horas al día.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sonoda y Maruyama (1999) para hogares productores de arroz en Japón. En específico, los resultados para México muestran que hay discrepancia entre el salario sombra del trabajo familiar y el salario pagado lo cual indica la presencia de costos de transacción en el mercado de trabajo, lo que puede explicar que el primero es menor al segundo. Esto puede deberse a los costos de supervisión que encarecen el trabajo contratado respecto al familiar.

Un aspecto a considerar es el que se refiere a la diferencia entre el salario agrícola

contratado observado y el estimado, pues éste último es 4.5 veces más alto que el primero. Esta discrepancia se puede deber a la presencia de fallas en el mercado de trabajo rural y al carácter cíclico de la producción agrícola. Con base en las propuestas neokeynesianas del salario de eficiencia y del estudio sobre mercado laboral en México de Hernández, Garro y Llamas (2000) tal diferencia puede explicarse argumentando que los hogares agrícolas que contratan mano de obra asalariada tienen cierto poder de mercado para pagar a sus jornaleros un salario por debajo de su productividad marginal, cuyo límite inferior es el salario sombra familiar.

A lo anterior habrá que añadir el carácter cíclico de la producción agrícola y sus consecuencias en cuanto a las variaciones anuales en la demanda de jornaleros agrícolas; a saber: dicha demanda aumenta durante la siembra y cosecha y disminuye durante el resto del año²⁴. Lo último implica que el jornalero reciba un salario diario promedio anual por debajo de su productividad marginal estimada a partir de la función de producción basada en los ciclos agrícolas que no cubre todo el año²⁵.

Mazumdar (1965) en su estudio para agricultores de la India, encuentra que la demanda de trabajo contratado es estacional: en una parte del año en el cual se requiere un uso intensivo de mano de obra, el valor del trabajo familiar es más alto que el contratado, por lo que se contratan trabajadores en lugar de usar a los miembros del hogar; en la otra parte del año con poca demanda de trabajo, el valor del trabajo familiar es menor al salario de mercado, por lo que es el hogar utiliza el trabajo familiar y no el contratado. Aunque el trabajo de Mazumdar (1965) es sólo descriptivo pero muestra el carácter estacional de la demanda laboral en hogares rurales.

²⁴Los ciclos agrícolas son más marcados en la agricultura de temporal, que es la que practican la mayoría de los hogares rurales de México.

²⁵El mercado de trabajo agrícola es aún más complejo, ya que los ciclos agrícolas dependen de las condiciones agroecológicas, que cambian conforme a la geografía. En México se da el fenómeno de la llamada migración golondrina, de miembros de hogares rurales agrícolas con tierra o de jornaleros sin tierra. Después del ciclo agrícola local, miembros de los hogares rurales del sur del país o familias completas (sobre todo indígenas) se van moviendo al norte para trabajar como jornaleros en lugares en donde, entre otros, el ciclo agrícola comienza después. Véanse el estudio del caso de Salgado (2014) para el estado de Morelos, y al de Yúnez et al (2005) para México.

Explicación adicional a la diferencia encontrada entre salario observado y estimado de la mano de obra contratada es que los hogares productores agrícolas produzcan por debajo de la frontera de posibilidades de producción, es decir, que no sean eficientes.²⁶ En la estimación de las funciones de producción elaboradas en el presente estudio no se considera lo anterior, por lo que de haber ineficiencia en la producción agrícola, los cálculos estarían sobre-estimando la productividad del trabajo agrícola. Aún si éste fuera el caso, sigue siendo válido que el salario sombra del trabajo familiar es inferior al salario contratado a partir de los jornales pagados por los hogares agrícolas que contratan jornaleros.

Tabla 6: Salarios sombra y salario de mercado para actividades agrícola y ganadera

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	N
Salario agrícola trabajo contratado (\$) (jornal pagado)	127.52	313.84	30	5,060	259
Salario sombra agrícola trabajo familiar (\$)	66.84	228.68	0.61	2,666.39	556
Salario agrícola trabajo contratado (estimado) (\$)	579.14	2,367.27	4.49	41,266.27	556
Salario sombra agrícola trabajo familiar (\$)	84.47	239.34	0.98	3,166.9	223
sin re-escalar Salario agrícola contratado (estimado) (\$) sin re-escalar	436.25	1,685.86	4.19	19,548.88	223
Salario sombra ganadero trabajo familiar (\$)	1.01	4.99	0.01	83.81	582

Fuente: Estimaciones propias

3.7. CONCLUSIONES

Una de las características de la producción agropecuaria es que parte de ella se realiza con el uso de mano de obra familiar, lo cual es especialmente generalizado para los hogares rurales de países en desarrollo. El fenómeno implica que el pago al trabajo familiar no se observa; es pues, un precio sombra. En la literatura empírica es frecuente que el valor del trabajo familiar se mida usando salarios observados; por ejemplo, los efectivamente pagados a los jornaleros agrícolas. El proceder así ignora el funcionamiento de la economía de los hogares rurales y el contexto en el que toman sus decisiones e

²⁶Los estudios de Juárez (2005) y Taylor, et al. (2010) para el maíz en México aportan evidencia al respecto

impide estudiar con rigor los mercados rurales en donde existen fallas que explican, entre otros, el uso de mano de obra familiar para la producción agropecuaria.

En la presente investigación se estimaron los salarios sombra del trabajo familiar en actividades agrícolas y ganaderas de los hogares rurales de México. Esto con el objetivo de contribuir al conocimiento de cómo se comportan los hogares rurales productores y a la discusión de las diferencias entre el trabajo familiar y asalariado agropecuario.

El estudio empírico se realizó con base en los modelos de hogares rurales productores y fue posible gracias a los datos aportados por la ENHRUM, una encuesta representativa de la economía y socio-demografía de los hogares rurales de México. No obstante, fue complicado el cálculo de funciones de producción agrícola y ganadera para estimar el precio sombra del trabajo familiar y tuvo que recurrirse a la información de otras bases de datos.

En la investigación se propuso un modelo teórico inspirado en Sonoda y Maruyama (1999) y Maruyama y Sonoda (2011), en el cual el hogar rural tiene como objetivo maximizar su utilidad a partir del consumo de un bien producido en el hogar y de un bien numerario adquirido en el mercado. En el modelo, el hogar tiene restricciones de presupuesto, de dotación de tiempo, una tecnología de producción del bien agrícola (ganadero) y una restricción sobre el trabajo asalariado, la cual se formula de la manera siguiente: el trabajo contratado requiere supervisión para evitar que eludan su responsabilidad laboral. Esto hace que el trabajo familiar sea menos costoso que el contratado. Si suponemos la existencia de monitoreo imperfecto del trabajo contratado, los hogares que necesitan contratar trabajadores deben pagar un salario más alto que el salario que equilibra el mercado (salarios de eficiencia) lo que genera desempleo involuntario.

De este modo, los miembros de hogares que desean trabajar para otros hogares al salario de mercado no serán contratados debido a que a ese salario no se puede asegurar que los trabajadores no eludan su responsabilidad laboral. De este modo, existen una restricción para trabajar por salarios. En la solución del modelo se especifica que los hogares tienen un salario sombra del trabajo familiar menor al salario de mercado y que este iguala la oferta y demanda de trabajo en el hogar, lo que hace que las decisiones de

consumo y producción sean no separables.

Para estimar las funciones de producción de la agricultura y la ganadería de los hogares rurales mexicanos que participan en estas dos actividades se consideró la presencia de selectividad. Los resultados muestran que si hay selectividad tanto para la agricultura como para la ganadería. Por ejemplo y entre otros, los hogares deciden participar en la agricultura conforme aumenta el monto de la transferencia del PROCAMPO y no participan conforme aumenta la escolaridad del jefe del hogar. Un resultado de relevancia sobre la selectividad en la participación de los hogares en la ganadería es que si estos participan en la agricultura, la probabilidad de que también participen en la ganadería es positiva y significativa. Lo anterior es evidencia adicional a la existente de que en el medio rural mexicano la cría de animales es complementaria a la agricultura.

Con base en lo expuesto en el párrafo anterior se procedió a aplicar la corrección de selección (Heckman) en las estimaciones de las funciones de producción agrícola y ganadera.

Así, controlando por la selectividad, los resultados de la estimación de la función de producción agrícola indican que, entre otros, tanto el trabajo familiar como el contratado tienen un efecto positivo y significativo en la producción. En cuanto a la producción ganadería, se encontró que el trabajo familiar también tiene un efecto positivo, aunque no significativo (los hogares rurales no usan trabajo asalariado para realizar esta actividad).

A partir de las estimaciones de las funciones de producción, se calcularon los salarios sombra del trabajo familiar agrícola y ganadero, así como el salario del trabajo contratado para la primera actividad; es decir, se hicieron las estimaciones de los salarios con base en la productividad del trabajo por tipo, involucrado en las dos actividades mencionadas.

Los resultados indican que el salario sombra del trabajo familiar agrícola es menor al salario de mercado observado y mucho menor al salario contratado estimado. Respecto a la actividad ganadera, la productividad del trabajo familiar (salario sombra), es mucho menor que la correspondiente al trabajo familiar agrícola (el resultado puede explicarse

a partir del hecho que la primera actividad es complemento de la segunda).

Que el salario sombra agrícola sea menor al observado y estimado concuerda con el modelo teórico, con la noción neokeynesiana de desempleo involuntario y con resultados empíricos expuestos en la literatura. Se propone entonces que esta esta discrepancia es consecuencia de los costos de transacción presentes en el medio rural mexicano. Para el caso específico de la diferencia entre el salario sombra del trabajo familiar y el salario pagado al trabajo contratado puede explicarse por el poder de mercado que tienen los hogares en el mercado de trabajo rural.

Los resultados empíricos de la presente investigación pueden usarse como insumos para el estudio del mercado de trabajo rural en México. En específico, la estimación de los salarios sombra agropecuarios puede usarse para modelar la oferta laboral de los hogares rurales y analizar su respuesta ante choques, como serían los relacionados con los cambios en precios y salarios de mercado (artículo 3 de la tesis, el cual es desarrollado en el capítulo 4). Los resultados también serán la base para incorporarlos como parámetros realistas (es decir, calculados con datos proporcionados por la ENHRUM) para la construcción y calibración de modelos multisectoriales microeconómicos aplicados al sector rural de México y de un modelo de agentes (hogares) con un enfoque de equilibrio general (estos modelos están siendo desarrollados en investigaciones en curso usando también los datos de la ENHRUM).

En términos de políticas públicas, los hallazgos discutidos son relevantes, ya que aportan información para el conocimiento y diagnóstico de la estructura de la producción agropecuaria y mercados de trabajo en el México rural. En efecto, la investigación muestra en los planos teórico y empírico que, debido a los costos de transacción que enfrentan, los hogares rurales no se comportan como los productores agropecuarios de corte empresarial: los primeros toman decisiones de producción y consumo de manera conjunta, usando mano de obra familiar y frecuentemente asalariada. Lo anterior exige políticas de desarrollo agrícola y rural que diferencien a los productores familiares de los empresariales.

En términos más específicos está el hallazgo que confirma que la actividad ganadera de los hogares rurales es complemento de la agrícola. Si a lo anterior se la añade que

la cría de animales para su eventual venta es una manera de ahorro y de protección que tienen dichos hogares ante choques inesperados por falta de acceso a servicios financieros, políticas que promuevan la presencia de estos servicios tendrán repercusiones en la actividad ganadera rural, así como en la mezcla de ésta con otras actividades productivas y fuentes de ingreso de los hogares (puede ser, por ejemplo que con el acceso a servicios financieros y en un contexto de mercado de trabajo con menos fallas, los hogares rurales decidan reducir su producción ganadera, y también la recolecta de madera como combustible para la preparación de alimentos, ver artículo 1 de la tesis).

En última instancia, los resultados del estudio indican que políticas que reduzcan costos de transacción en el medio rural (por ejemplo, en el mercado de trabajo a partir de la inversión pública en infraestructura rural en materia de comunicaciones y transporte), tendrán efectos en la productividad agropecuaria y, en consecuencia, en la producción de alimentos y en la seguridad alimentaria del país.

No obstante las contribuciones que puedan resultar de la presente estudio, hay temas pendientes que se abordarán en investigaciones futuras. Una de ellas es el análisis de frontera estocástica para medir la eficiencia en la producción agrícola de los hogares rurales usando los datos en panel de la ENHRUM; otra es la incorporación de las distintas fallas en los mercados rurales, que puede hacerse mediante un enfoque microeconómico de equilibrio general.

4. Oferta Laboral Individual por tipo de actividad en hogares rurales de México

4.1. INTRODUCCIÓN

La agricultura ha sido una actividad fundamental en los hogares rurales de los países en desarrollo, la cual no se ha circunscrito al aspecto económico sino como una forma de vida. En México, una parte importante de los hogares ubicados en zonas rurales se dedica principalmente a la agricultura de tipo familiar¹, la cual se caracteriza por contar parcelas de pequeña extensión y uso principalmente de mano de obra familiar. Sin embargo, en las zonas rurales de México, con mayor frecuencia, los hogares han empezado a diversificar su economía², dedicándose a actividades no agrícolas como negocios o al trabajo asalariado, agrícola y no agrícola, con la finalidad de reducir los riesgos que enfrentan de dedicarse sólo a la agricultura.

También se ha observado que los hogares rurales se dedican a la ganadería, especialmente a la avícola, como una actividad complementaria de la agricultura con la finalidad de tener activos de rápida liquidez que les permitan suavizar su consumo ante choques negativos en su ingreso como la pérdida de cosecha o la enfermedad de algún miembro del hogar.

A partir de estos hechos, el objetivo de la investigación puede formularse con la

¹[Rivera, F. y A. Contreras (en prensa). "Cambios en las características sociodemográficas y económicas de los hogares rurales de México: 2002-2007", en Yúnez Naude, A., F. Rivera, A. Chávez, J. Mora y J. Edward Taylor, La economía del campo mexicano: tendencias y retos para su desarrollo, El Colegio de México, 2014

²Para un análisis más detallado, revisar Cerón y Yúnez, 2014

pregunta que sigue ¿Cuál es el mecanismo por el que las personas que habitan zonas rurales asignan de manera eficiente su oferta laboral en los distintos tipos de actividades económicas que les permitan maximizar sus ingresos y los de sus hogares? La respuesta a la pregunta contribuirá a saber si el trabajo familiar y el asalariado de los miembros del hogar son complemento o sustituto en las distintas actividades en las que están involucrados, directamente como productores o a través del mercado de trabajo. Los salarios del trabajo familiar son aquellos estimados en el artículo 2 de esta tesis (capítulo 3).

La relevancia de la investigación radica en que sus resultados aportan elementos para conocer la dinámica de los mercados de trabajo de países en desarrollo como México y las consecuencias que tendrían en la producción familiar de alimentos variaciones en los salarios sombra y de mercado. No existen para México estudios acerca de la oferta laboral de hogares rurales diferenciando por tipo de actividad y que tengan como base estimaciones del salario sombra del trabajo familiar. Esta es una de las principales contribuciones de esta investigación.

El enfoque de la investigación es empírico; a partir de los datos de la Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENHRUM) 2007, las estimaciones se basan en un modelo de asignación laboral similar al propuesto por Sonoda y Maruyama (1999) y Fisher, Shively y Buccola (2005). Se estima el sistema de ofertas laborales mediante un *Almost Ideal Demand System (AIDS)* siguiendo lo propuesto por Shively y Fisher (2004). Los resultados indican que las personas tienden a ofertar más trabajo en el mercado cuando los salarios sombra de la agricultura y ganadería familiar disminuyen. Se encuentra también que, en términos laborales, la ganadería es una actividad complementaria al resto de actividades en las que participan miembros del hogar y que aumentos del salario no agrícola afectan negativamente la oferta laboral en las dos actividades agrícolas, la familiar y la asalariada. Asimismo, los resultados muestran que aumentos en el salario sombra de la agricultura y ganadería familiares reducen la oferta laboral en dicha actividad, lo que puede interpretarse como sigue: un salario sombra más elevado para esta actividad significa aumento en la productividad del trabajo familiar y esto libera mano de obra que puede ser ofrecida a otro tipo de actividad.

Por su parte, cuando los salarios-sombra de la agricultura familiar disminuyen,

resulta que los miembros del hogar tienden a ofertar una mayor cantidad de mano de obra para la actividad no agrícola asalariada; es decir, la oferta laboral de la actividad no agrícola asalariada es sustituta de las agricultura familiar. Resultado adicional es que la ganadería familiar es una actividad complementaria, tanto respecto a la agricultura familiar como a las actividades asalariadas. Otro hallazgo es que aumentos en el salario no agrícola afecta negativamente la oferta laboral a la agricultura, tanto familiar como asalariada. Estos resultados permite contar con indicios de cómo el hogar asigna su dotación de mano de obra entre las actividades a las que se dedican los miembros de estos.

El artículo cuenta con la siguiente estructura: la sección dos contiene la revisión de literatura sobre determinación de salarios sombra y oferta laboral. La sección tres describe el modelo teórico y hace un análisis de estática comparativa. La sección cuatro describe los datos utilizados y la cinco los resultados. La sección seis muestra las conclusiones del artículo.

4.2. REVISIÓN DE LITERATURA

A partir del modelo de hogar rural productor, la oferta laboral de éste o de sus miembros depende de los salarios sombra y de mercado, así como de los beneficios que al hogar le reportan sus actividades agropecuarias. El problema que se tiene al modelar la oferta laboral en hogares rurales es que en muchos casos se observa que no participan en el mercado laboral, ya que utilizan la totalidad de la mano de obra de sus miembros en actividades agropecuarias propias. En la literatura, el problema es resuelto a partir de la estimación del salario sombra o el precio implícito de la mano de obra familiar, así como el precio sombra de la producción agropecuaria propia consumida por el hogar (ver capítulo 3). Con base en estas estimaciones es posible calcular la oferta de trabajo de los hogares rurales para cada actividad en la que participan, así como la respuesta de estos o de sus miembros ante cambios en los salarios. En esta sección se discuten las propuestas en la literatura sobre los determinantes de la oferta laboral individual de miembros de hogares rurales por tipo de actividad.

Los precursores de los estudios acerca de la oferta laboral de hogares rurales la estiman usando como variable dependiente al total de días trabajados por miembro en

actividades agrícolas o agropecuarias y domésticas y en el mercado de trabajo asalariado, en función del salario sombra del trabajo familiar agrícola o agropecuario que estiman con base en las funciones de producción correspondientes.

Jacoby (1993) estima la oferta laboral para individuos que pertenecen a hogares de la sierra peruana y que se dedican a actividades agropecuarias y domésticas del hogar. Estima funciones de oferta laboral para hombres y mujeres por separado a partir del cálculo del salario sombra del trabajo familiar agropecuario por sexo, así como del beneficio sombra de esta actividad del hogar (detalles en el capítulo 3). En Jacoby (1993) la variable dependiente es el total de días de trabajo familiar usados en las actividades propias del hogar (agropecuarias y domésticas) y en el mercado de trabajo. Los resultados del autor muestran que tanto hombres como mujeres tienden a ofrecer más días de trabajo para realizar las actividades del hogar o en el mercado de trabajo asalariado cuando su salario sombra aumenta. Asimismo, cuando crece el salario sombra del trabajo familiar agropecuario femenino, los hombres tienden a ofrecer menos días de trabajo en las actividades agropecuarias del hogar y en el mercado.

En contraste, el aumento del precio sombra del trabajo familiar masculino provoca un crecimiento en la oferta de trabajo familiar femenino. Esos dos resultados indican que las respuestas cruzadas no son simétricas, un supuesto que el autor no asume en las estimaciones cruzadas entre los salarios sombra y oferta laboral de los hogares. Resultado adicional del autor es que un aumento en el beneficio agropecuario provoca una reducción de la oferta de trabajo de los miembros del hogar, masculinos o femeninos. Ello implica que al aumentar el beneficio agrícola crece la demanda de ocio. Esto puede relacionarse con el modelo de asignación laboral planteado en Sadoulet, et al. (1998). En este los autores encuentran que a mayor dotación de tierra para cultivo, aumenta la demanda por ocio por lo que se tiene un efecto positivo en el salario sombra del trabajo familiar.

Siguiendo lo propuesto por Jacoby, Skoufias (1994) hace estimaciones sobre la oferta laboral individual para hogares rurales de la India a partir de calcular los salarios sombra del trabajo familiar agropecuario por sexo. En sus estimaciones de la oferta laboral este autor también usa como variable dependiente a los días trabajados por hombres o mujeres del hogar en la producción agropecuaria y no agropecuaria propia, así como en

actividades no agropecuarias asalariadas. Los resultados de este último autor son similares a los de Jacoby con una única diferencia: que el aumento en el salario sombra femenino tiene un efecto negativo en la oferta laboral de las mujeres.

Abdulai y Regmi (2000) obtienen resultados parecidos a los de los otros dos autores citados para hogares rurales de Nepal. Sus hallazgos indican que un aumento del beneficio agropecuario conduce a un crecimiento en la demanda por ocio. Por su parte, Barrett, Sherlund y Adesina (2008) estiman una función de oferta laboral para hogares productores de arroz en Costa de Marfil. A diferencia de Abdulai y Regmi, encuentran que un aumento del beneficio agropecuario del hogar tiene un efecto positivo en la oferta laboral de los hogares, por lo que concluyen que en este tipo de hogares el ocio es un bien inferior. Por último, basados en un modelo nekeynesiano de salarios de eficiencia para estimar el salario sombra agrícola de los miembros de hogares productores de arroz en Japón, Sonoda y Maruyama (1999) encuentran que un aumento en dicho salario tiene un efecto positivo en la oferta de trabajo de tales miembros.

No obstante el aporte de las investigaciones reseñadas al estudio del mercado de trabajo en el medio rural, tienen limitaciones. Una de ellas es que modelan la oferta laboral de los hogares rurales productores de bienes agrícolas (y con actividades domésticas) cuyos miembros participan en ellas y en el mercado de trabajo sin distinguir lo anterior; es decir, en sus estimaciones sobre oferta de trabajo usan como variable dependiente el total de horas trabajadas por miembro. A lo anterior habrá que añadir que la variable independiente relevante al estudio de la oferta laboral que usan es el precio sombra del trabajo familiar agrícola, excluyendo otras de suma importancia para tal investigación como el precio sombra del trabajo doméstico o el salario de mercado observado.

Es posible, por ejemplo, que el uso del precio sombra del trabajo familiar agrícola no refleje el tiempo dedicado a actividades domésticas (cocinar, lavar ropa, cuidado de niños y animales, etc.) Por su parte, ignorar al salario de mercado reduce la posibilidad de estimar la oferta de los miembros de los hogares rurales, ya que es frecuente que algunos de ellos participen en el mercado laboral. Lo anterior significa que en los estudios reseñados no se estima el efecto directo del salario de mercado en la oferta laboral y por supuesto, tampoco se distinguen las actividades asalariadas en las que participan los miembros del

hogar como las agrícolas o no agrícolas.

Una posible implicación de las limitaciones discutidas es que lo que miden los precursores del estudio de la oferta laboral en el medio rural son sólo efectos cruzados. Como se expuso, los modelos estimados tienen como variable dependiente al total de horas trabajadas por los miembros del hogar y como variable independiente relevante al salario sombra del trabajo familiar agrícola (agropecuario). Así entonces, la medición en estas investigaciones es sobre la sensibilidad al salario sombra agrícola que tiene la oferta total de trabajo familiar medida en días y por individuo. De esta forma, lo que se está estimando es el efecto cruzado de tal salario sombra en la oferta laboral asalariada (y doméstica) de los miembros del hogar.

En síntesis, en los estudios empíricos de Jacoby, Skpufias, Abdulai y Regmi, Barrett, Sherlund y Adesina y Sonoda y Maruyama no se mide el impacto directo que tiene el salario de mercado en la oferta de trabajo de los miembros de hogares rurales dedicados a varias actividades del hogar y cuyos miembros también participan en el mercado laboral. Además, en estas investigaciones se ignora la posibilidad de que el salario sombra difiera conforme a la actividad del hogar que se trate (por ejemplo, entre el trabajo familiar dedicado a la agricultura, a la ganadería o al trabajo doméstico, ver el artículo 2 de la tesis).

Hay una reducida cantidad de artículos en los que se estiman modelos de oferta laboral tomando en cuenta actividades no agropecuarias de los hogares rurales y las agropecuarias y no agropecuarias otros agentes que contratan trabajo asalariado en el medio rural.

Shively y Fisher (2004) estiman un modelo de asignación laboral para hogares rurales en Filipinas. Ellos modelan tres tipos de actividades productivas: agricultura, extracción forestal y actividades no agrícolas asalariadas. Utilizan un enfoque basado en lo que se llama en inglés *Almost Ideal Demand System* o AIDS, el que les permite determinar el grado de sustitución o complementariedad entre estas tres actividades a través del efecto del salario sombra o de mercado por tipo de actividad. A partir del planteamiento de funciones de producción, los autores estiman los salarios sombra de las

actividades agrícola y forestal propias de los hogares, mientras que los salarios que usan para las actividades no agrícolas son los salarios de mercado observados, los cuales se corrigieron por selectividad de los hogares en la participación en estas actividades.

Los autores encuentran que las actividades no agrícolas son sustitutas en mano de obra con la agricultura y la extracción forestal: un mayor salario no agrícola de mercado reduce la oferta laboral en las otras dos actividades. Hallazgo adicional es que la mano de obra familiar es sustituta en las actividades agrícola y forestal. Un resultado interesante es que el aumento del salario agrícola sombra reduce la oferta laboral propia a esta actividad, por lo que concluyen que la gente dedica más horas de trabajo cuando existen pocos retornos, relacionado quizá con el hecho de que en Filipinas la agricultura es una actividad principalmente de subsistencia.

En un trabajo similar al anterior, Fisher, Shively y Buccola (2005) estiman un modelo de asignación laboral en Malawi con las mismas actividades, usando salarios sombra y de mercado, que las que usan en su estudio sobre Filipinas, con la diferencia que se utilizan salarios sombra para las actividades forestales y no agrícola y el salario de mercado para la agrícola. Encuentran que todas ellas guardan una relación de sustitución con el resto y que existe efecto positivo del salario de cada actividad con su propia oferta laboral.

Para el caso de México, no existen estudios empíricos sobre los determinantes de la oferta laboral de sus hogares rurales. Tampoco se conocen estudios donde se estimen salarios sombra del trabajo familiar en hogares rurales. Un rasgo que caracteriza a la economía de los hogares rurales de México es la diversificación de sus fuentes de ingreso: desde la agricultura para la subsistencia usando mano de obra familiar hasta la participación de algunos de sus miembros en los mercados de trabajo agrícola y no agrícola (Yúnez y Taylor (2001)). Al respecto, Cerón y Yúnez (2014) concluyen en su trabajo empírico que dicha diversificación le permite a los hogares rurales enfrentar el riesgo de caer en pobreza.

Con base en lo discutido es evidente la importancia de llevar a cabo un estudio sobre la oferta de trabajo de los miembros de los hogares rurales mexicanos, que considere

la diversificación de sus actividades productivas y la participación de sus miembros en el mercado de trabajo asalariado. Asimismo, los resultados de Shively y asociados indican que el estudio del mercado laboral de los hogares rurales en países en desarrollo debe contar con un enfoque empírico según el país de que se trate. La contribución de este trabajo es importante porque se trata de la primera investigación sobre oferta laboral en hogares rurales en el país, además se hace una contribución a la literatura empírica del tema. Por último, los resultados de este trabajo pueden servir como insumos en la elaboración de modelos de equilibrio general computable.

4.3. MODELO TEÓRICO

En el segundo artículo de esta tesis (capítulo 3 del documento) se propuso el modelo de hogar la producción agropecuaria, inspirado en Strauss (1986), Jacoby (1993), Sonoda y Maruyama (1999) y Maruyama y Sonoda (2011). Se plantea una función de utilidad que depende del consumo de cuatro bienes (agrícola, ganadero, no agropecuario y ocio), sujeto a restricciones de dotación de tiempo (dedicado a agricultura, ganadería, trabajo asalariado fuera del hogar y ocio), restricción presupuestal, dos funciones de producción (una para agricultura y otra para ganadería), una restricción del trabajo en otros hogares, el cual es limitado en su contratación al salario de mercado³. Las restricciones se pueden resumir en la de ingreso total (la adquisición de bienes y ocio no puede exceder el total de ingresos del hogar: ingreso salarial y beneficio agropecuario) y la del trabajo fuera del hogar. Las condiciones de optimalidad son detalladas en las ecuaciones (4.1) a (4.10).

$$P_A f_1^A(T_A, F_A; K_A, TI) - W^* \leq 0 \quad (4.1)$$

$$P_A f_2^A(T_A, F_A; K_A, TI) - q_A \leq 0 \quad (4.2)$$

$$P_G f_1^G(T_G, F_G; K_G) - W^* \leq 0 \quad (4.3)$$

$$P_G f_2^G(T_G, F_G; K_G) - q_G \leq 0 \quad (4.4)$$

³Para mayor detalle, revisar la sección 3 del capítulo 3

$$U_A(C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_A \leq 0 \quad (4.5)$$

$$U_G(C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_G \leq 0 \quad (4.6)$$

$$U_M(C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda P_M \leq 0 \quad (4.7)$$

$$U_L(C_A, C_G, C_M, L; X) - \lambda W^* \leq 0 \quad (4.8)$$

$$- P_A C_A - P_G C_G - P_M C_M - W^* L - IMP + R^* \geq 0 \quad (4.9)$$

$$- T + T_A + T_G + L + \bar{T} \geq 0 \quad (4.10)$$

Donde $W^* = W + \frac{\mu}{\lambda}$ es el salario sombra del trabajo familiar, el cual es menor que el salario de mercado cuando el cociente de multiplicadores es mayor que cero.

Las primeras cuatro condiciones nos refieren al componente de la producción del hogar; P_A y P_G son los precios de los productos agrícola y ganadero respectivamente. De la misma manera, q_A y q_G son los precios de los insumos agrícola y ganadero respectivamente. f_i^A y f_i^G , representa la productividad marginal de la agricultura y la ganadería respectivamente con respecto a dos insumos, los días dedicados al trabajo agrícola T_A (al ganadero es T_G) y a insumos utilizado en agricultura F_A como los fertilizantes (e insumos de ganadería F_G como el alimento para los animales). La función de producción agrícola presenta dos factores que son fijos: la tierra, TI y el capital K_A . De manera análoga, la función de producción ganadera presenta un factor fijo que es el capital K_G .

En cada una de estas condiciones nos detallan que el valor de la productividad marginal laboral (en ambas actividades) es menor o igual al salario sombra del trabajo familiar, el cual es igual o menor al salario de mercado. También se encuentra que el valor de la productividad marginal del insumo agrícola (ganadero) es menor o igual que el precio de este insumo.

En las condiciones detalladas en las ecuaciones (4.5) a la (4.8) encontramos las variables relacionadas a la función de utilidad. Las variables C_A , C_G , C_M y L se refieren

al consumo del bien agrícola, al ganadero, al adquirido en el mercado y al ocio respectivamente. \mathbf{X} representa las características del hogar. La variable P_M se refiere al precio del bien adquirido en el mercado; el precio del ocio es medido por el salario sombra del trabajo familiar. Estas condiciones relacionadas a la función de utilidad del hogar detallan que la utilidad marginal de cada uno de los bienes es igual o menor a su precio.

En la ecuación (4.9) se detalla que los hogares no pueden destinar una cantidad mayor de su ingreso total R^* a la compra de los bienes agrícola, ganadero, de mercado y ocio, así como al pago de impuestos. Finalmente, la ecuación (4.10) se fundamenta en los modelos de salarios de eficiencia (ver capítulo 3). Para aquellas personas de hogares rurales que quieren trabajar fuera de su hogar, estarán dispuestos a trabajar por un salario W , el cual es el de equilibrio del mercado laboral. Sin embargo, ellos no serán contratados porque los empleadores no tienen la seguridad que a ese salario no eludan su responsabilidad laboral. Los empleadores deben pagar salarios más altos que W para asegurar plena productividad en sus trabajadores, pero esto genera desempleo involuntario por el exceso de oferta laboral. Así, aquellos miembros de hogares que quieran trabajar por salarios fuera de su hogar, observan que el mercado laboral está restringido a una cantidad \bar{T} , la cual es menor al número de días de trabajo que ellos ofrecerían a la tasa de salario $W; 0$ (Sonoada y Maruyama, 1999 Maruyama y Sonoda, 2011). De esta manera, la oferta laboral externa de los hogares no puede exceder \bar{T} . Las variables λ y μ son los multiplicadores de las restricciones de ingreso total y del trabajo fuera del hogar respectivamente.

Si se considera una solución interior (es decir, $\lambda > 0$ y $\mu > 0$), el salario W^* es menor que el salario de mercado. Este salario W^* equilibra la oferta y demanda laboral dentro del hogar, lo que hace que las decisiones de producción y consumo se hacen de manera simultánea, es decir, no son separables, como se muestra en las ecuaciones (4.11) y (4.12).

$$P_A f_1^A (\cdot) = W^* = P_A \frac{U_L (\cdot)}{U_A (\cdot)} \quad (4.11)$$

$$P_G f_1^G (\cdot) = W^* = P_G \frac{U_L (\cdot)}{U_G (\cdot)} \quad (4.12)$$

En las ecuaciones (4.11) y (4.12) se observa que el término que está al lado izquierdo del salario sombra es la demanda de trabajo agrícola (ganadero) y el término del

lado derecho del salario sombra es la oferta laboral, por lo que el salario sombra equilibra la oferta y la demanda laboral. Y a partir de las condiciones de optimalidad podemos encontrar que:

$$W^* = \frac{P_A f_1^A(\cdot)}{P_G f_1^G(\cdot)} = \frac{P_A U_A(\cdot)}{P_G U_G(\cdot)} = \frac{P_M U_L(\cdot)}{U_M(\cdot)} \quad (4.13)$$

El salario sombra es igual a la razón de los valores de las productividades marginales entre agricultura y ganadería, así como también iguala las tasas marginales de sustitución entre los bienes agrícola y ganadero, e iguala también la del bien adquirido en el mercado y el ocio. A partir de las condiciones de optimalidad se obtienen las funciones de oferta laboral para la agricultura, ganadería y las actividades no agropecuarias, en función de los precios de bienes e insumos y el salario sombra.

$$T_A = T_A(P_A, P_G, P_M, W^*, q_A, q_G) \quad (4.14)$$

$$T_G = T_A(P_A, P_G, P_M, W^*, q_A, q_G) \quad (4.15)$$

$$T_M = T_A(P_A, P_G, P_M, W^*, q_A, q_G) \quad (4.16)$$

Para determinar cuáles son los efectos de cambios en alguno de los precios en cada una de las funciones de oferta laboral, utilizamos la ecuación de Slutsky⁴. El cambio de la oferta laboral agrícola ante un cambio en el precio del bien agrícola se define por:

$$\frac{\partial T_A}{\partial P_A} = \left. \frac{\partial T_A}{\partial P_A} \right|_{U=\bar{U}} + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} \frac{\partial R^*}{\partial P_A} = \left. \frac{\partial T_A}{\partial P_A} \right|_{U=\bar{U}} + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} (Z_A - C_A) \quad (4.17)$$

Si $Z_A - C_A > 0$ el hogar es vendedor neto del bien agrícola. Si $Z_A - C_A < 0$ el hogar es comprador neto del bien agrícola.

El primer término de (4.17) es el efecto sustitución, el cual es positivo porque al aumentar el precio del bien agrícola aumenta el beneficio agrícola Π_A^* por producir dicho bien. El segundo término, el cual consta de dos, componentes, es el efecto ingreso, que en este caso es indeterminado. El segundo componente del segundo término es el balance entre producción y consumo del bien agrícola, que es positivo para vendedores netos y negativo para compradores netos del bien. El primer componente mide el cambio en la oferta laboral agrícola por el cambio en el ingreso total. Un aumento del ingreso aumenta la demanda de ocio (si asumimos que el ocio es un bien normal) lo que implica

⁴Esta sección se basó principalmente en Fisher, Shively y Buccola (2005)

una reducción en la oferta laboral; pero el aumento del ingreso aumenta también la demanda del bien agrícola en el hogar por lo que el signo de este primer componente es indeterminado y depende de la demanda relativa entre el ocio y el otro bien en cuestión.

Cuando un hogar es comprador neto del bien agrícola, el segundo componente es negativo y el efecto ingreso es positivo porque un aumento del ingreso aumenta la demanda por ocio, lo que reduce la oferta laboral en la actividad agrícola; el aumento de la renta aumenta la demanda por este bien sin tener efecto en la oferta laboral del mismo, lo que hace que el primer componente sea negativo y el producto de ambos componentes, el efecto ingreso, sea positivo. Si el hogar es vendedor neto del bien agrícola el efecto ingreso será positivo si el aumento de la oferta laboral en esta actividad, generado por un aumento del consumo agrícola, es mayor que la disminución en la oferta laboral generada por un aumento de la demanda de ocio.

$$\frac{\partial T_A}{\partial P_G} = \frac{\partial T_A}{\partial P_G} \Big|_{U=\bar{U}} + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} \frac{\partial R^*}{\partial P_G} = \frac{\partial T_A}{\partial P_G} \Big|_{U=\bar{U}} + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} (Z_G - C_G) \quad (4.18)$$

Si $Z_G - C_G > 0$ el hogar es vendedor neto del bien ganadero. Si $Z_G - C_G < 0$ el hogar es comprador neto del bien ganadero.

En este caso, el efecto sustitución será negativo si el bien agrícola y el ganadero son sustitutos. Esto sucedería si al aumentar el precio del bien ganadero, el hogar reducirá su oferta laboral en agricultura para dedicarlo a ganadería con la finalidad de aumentar su beneficio ganadero y por ende e ingreso total. Por el contrario, el efecto sustitución será positivo si ambas actividades son complementarias: un mayor precio de la ganadería hace que el hogar aumente la oferta laboral en agricultura con el fin de aumentar la producción agrícola y los beneficios de ambas actividades. El efecto ingreso es indeterminado. Si aumenta el ingreso total aumentará la demanda de ocio lo que reduce la oferta laboral agrícola; también aumenta la demanda del bien agrícola y esto generará un aumento de la oferta laboral agrícola, lo que hace que el primer componente del segundo término sea positivo o negativo. El efecto ingreso será negativo si el primer componente es positivo y el hogar es comprador neto del bien ganadero. Por tanto, el efecto del precio del bien ganadero en la oferta laboral agrícola es indeterminado. Esto sólo puede contrastarse de manera empírica a través de la estimación de un modelo econométrico.

Por último, observamos el efecto de un cambio en el precio del bien adquirido en el mercado. Se observa que el efecto total es indeterminado. Dado que el hogar no produce el bien de mercado, el efecto sustitución es cero, por lo que el primer componente es cero. El segundo componente consta de dos términos; el primero muestra que un aumento en la renta aumenta la demanda de ocio y reduce la oferta laboral si el ocio es un bien normal, pero un aumento de la renta genera un aumento en la demanda del bien agrícola, lo que tiene un efecto positivo en la oferta laboral agrícola si el hogar es vendedor neto del bien agrícola por lo que el signo de este término es indeterminado porque depende de la demanda relativa entre el ocio y el bien agrícola, por tanto el efecto ingreso es indeterminado.

$$\frac{\partial T_A}{\partial P_M} = \frac{\partial T_A}{\partial P_M} \Big|_{U=\bar{U}} + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} \frac{\partial R^*}{\partial P_M} = 0 + \frac{\partial T_A}{\partial R^*} (0 - C_M) \quad (4.19)$$

En general, observamos que los cambios generados por los precios de los bienes producidos o adquiridos en el mercado sobre la oferta laboral agrícola no se pueden determinar de manera teórica porque dependen de las preferencias del hogar y de su balance entre producción y consumo. De manera análoga, se pueden analizar los efectos de cambio en precios a partir de la función de oferta laboral ganadera. La estimación del modelo econométrico permitirá contrastar lo planteado en esta sección. Es importante finalizar esta sección recordando que, al llevarse a cabo la corrección por selectividad muestral, los salarios sombra de la agricultura y ganadería familiar difieren. Además los salarios de mercado de las actividades agrícolas y no agrícolas tampoco son iguales, por lo que debemos contrastar empíricamente el efecto de estos cuatro salarios en cada una de las actividades.

4.4. ESTRATEGIA ECONOMÉTRICA

A partir del modelo teórico propuesto, se requiere estimar las funciones de oferta laboral para cada una de las actividades en las que participan los miembros de hogares rurales de México. Ésta se lleva a cabo de manera simultánea, tomando en cuenta cuatro tipos de actividades: agricultura familiar, ganadería familiar, agricultura asalariada y actividad no agrícola asalariada. El modelo permitirá determinar cuáles son las proporciones de oferta laboral, en individuos que forman parte de hogares rurales con actividad agropecuaria, en cada una de las actividades y el efecto de los salarios de cada una de

éstas.

Para el desarrollo del modelo empírico se implementó el enfoque llamado *Almost Ideal Demand System (AIDS)* de manera similar al usado por Shively y Fisher (2004) y Fisher Shively y Buccola (2005). Se incluyeron como variables explicativas los salarios sombra de las actividades familiares y los de mercado de las que son asalariadas, algunas características propias de la persona como su edad, posición de parentesco en el hogar y años de escolaridad, además de características demográficas del hogar como el número de hombres y mujeres en edad de trabajar y el número de niños y adultos mayores.

Es importante tomar en cuenta que en los hogares rurales existe no separabilidad en las decisiones laborales en agricultura y ganadería familiar, por lo que se deben estimar salarios sombra de estas dos actividades. Además es necesario corregir la selectividad para dedicarse a este tipo de actividades que hacen los hogares. Para resolver esto, el segundo artículo de esta tesis estima funciones de producción y salario sombra para estas dos actividades corrigiendo por la selectividad. Las otras dos actividades, agricultura asalariada y actividad no agrícola asalariada, se rigen por el salario que reciben los individuos y son determinados en el mercado. Una vez que se cuenta con los cuatro salarios, se desarrolla una estimación del sistema de ecuaciones de oferta laboral por individuo como fue propuesto por Deaton y Muellbauer (1980b). Las ecuaciones del modelo son cuatro y se expresan en la ecuación (4.20). Los subíndices j e i expresan en las ecuaciones se refieren a las cuatro actividades mencionadas. Por tanto se cuentan con cuatro ecuaciones.

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \log(W_j^*) + \gamma' \mathbf{CP} + \lambda' \mathbf{CH} + \varepsilon_i \quad (4.20)$$

donde $i, j = AF, G, AA, NA$

En las ecuaciones (4.20) se detallan las funciones de oferta laboral (cuya variable dependiente se mide como proporción del tiempo total laboral del individuo) para la agricultura familiar, ganadería familiar, agricultura asalariada y actividad no agrícola. Dada la no separabilidad del modelo en la asignación laboral por tipo de actividad, se utilizan las mismas variables explicativas para cada ecuación tal y como lo proponen Fisher, Shively y Buccola (2005).

La estimación AIDS requiere que las proporciones laborales que dedica el individuo a cada tipo de actividad sumen uno. Otro aspecto importante es que exista simetría en los efectos cruzados; por ejemplo el efecto del salario sombra ganadero en la oferta agrícola familiar debe ser el mismo que el efecto del salario sombra agrícola familiar en la oferta ganadera. Asimismo, se debe cumplir la propiedad de homogeneidad que postula que la proporción laboral de una actividad específica no cambia cuando hay un cambio proporcional en todos los salarios (ver (4.21)). En la ecuación (4.22) se expone el requisito que el efecto neto de un cambio de una variables explicativa específica sea cero en el total. La ecuación (4.23) muestra que existe una dependencia lineal de los errores de las ecuaciones. Por último, en la ecuación (4.24) se expone el requisito de que la suma de las ordenadas al origen sumen uno.

Este tipo de restricciones hacen que las asignaciones laborales para cada actividad están relacionadas, por lo que para evitar singularidad de la matriz de estimadores se estiman tres de las cuatro ecuaciones y la cuarta se calcula a partir de las restricciones. El procedimiento seguido es estimar las ecuaciones de ganadería familiar, agricultura asalariada y actividad no agrícola asalariada. Se dividieron cada uno de los salarios entre el salario sombra de la agricultura familiar y se estimaron, además se utilizaron logaritmos. Se usa el método de Máxima Verosimilitud y se estiman las tres ofertas laborales (ganadería familiar, agricultura asalariada y actividad no agrícola asalariada) en función de cada salario (dividido entre el salario sombra agrícola familiar), las características de la persona y las de su hogar. Esto se muestra en la ecuación (4.25). El sub-índice representa alguna de las tres actividades diferentes a la agricultura familiar.

$$\sum_j \beta_{ij} = 0 \quad (4.21)$$

$$\sum_i \beta_{ij} = 0, \quad \sum_i \gamma_{ij} = 0, \quad \sum_i \lambda_{ij} = 0 \quad (4.22)$$

$$\sum_i \varepsilon_i = 0 \quad (4.23)$$

$$\sum_i \alpha_i = 1 \quad (4.24)$$

$$S_i = \alpha_i + \beta_G \log \left(\frac{W_G^*}{W_{AF}^*} \right) + \beta_{AP} \log \left(\frac{W_{AP}}{W_{AF}^*} \right) + \beta_{NA} \log \left(\frac{W_{NA}}{W_{AF}^*} \right) \gamma' \mathbf{CP} + \lambda' \mathbf{CH} + \varepsilon_i \quad (4.25)$$

Por último, se deben incluir las restricciones de simetría en los efectos cruzados:

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad \forall i, j \quad (4.26)$$

4.5. DATOS

La encuesta es longitudinal pues sigue en el tiempo a un grupo de hogares a través de dos rondas levantadas en los años 2003 y 2008, en las cuales se recoge información del año previo al que fueron llevadas a cabo. En esta investigación, se utiliza la información correspondiente a la segunda ronda, es decir, los datos corresponden al año 2007. El número de hogares con los que cuenta esta segunda ronda es de 1,765 y de estos nosotros tomamos una muestra de 1,543 que cuentan con información socio-demográfica completa. La ENHRUM se levantó en 14 estados, los cuales se agrupan en cinco regiones ⁵.

A partir de la estimación de funciones de producción agrícola y ganadera expuesta en el capítulo tres de esta tesis, en este tercer artículo se estiman las funciones de oferta laboral individual para cada una de las cuatro actividades. Uniendo a los hogares que tienen actividad agrícola o ganadera con la información individual, obtenemos una base de 1,670 individuos (647 mujeres y 1,023 hombres). En el cuadro 1 se muestra la proporción laboral que dedican los miembros de los hogares por tipo de actividad, la cual está entre cero y uno; éstas son proporciones del total de días al año que dedican los hogares a las cuatro actividades productivas.

Del cuadro 1 se observa que la agricultura y ganadería familiar son las actividades productivas en las que más tiempo dedican los miembros de los hogares rurales mexicanos. Si bien la ganadería es la actividad a la que se dedican más proporción de días trabajados,

⁵La región sureste está compuesta por los estados de Oaxaca, Veracruz y Yucatán. La centro se compone del estado de México y Puebla. La centro-occidente por Guanajuato, Nayarit y Zacatecas. La Noroeste se compone por Baja California, Sinaloa y Sonora. Por último, la noreste se compone de Durango, Chihuahua y Tamaulipas

Cuadro 1: Descriptivos de proporción laboral por actividad productiva

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.
Proporción laboral dedicada a agricultura familiar (0-1)	0.269	0.409	0	1
Proporción laboral dedicada a ganadería familiar (0-1)	0.412	0.457	0	1
Proporción laboral dedicada a agricultura asalariada (0-1)	0.162	0.335	0	1
Proporción laboral dedicada a actividad no agrícola asalariada (0-1)	0.156	0.347	0	1
N	1,670			

es importante aclarar que no es una actividad que demande mucho tiempo en cada día (en muchos casos, con un par de horas por día es suficiente) a diferencia de la agricultura que puede demandar entre 8 y 10 horas diarias. Al no contar con mediciones sobre el número de horas dedicadas cada día a estas actividades, no se puede diferenciar la intensidad de trabajo dedicada a cada tipo de actividad.

Además la ganadería es una actividad que generalmente es desarrollada en el traspatio de la vivienda de los hogares, que se circunscribe al cuidado de los animales, en su mayoría son aves y otro tipo de ganado menor. La agricultura familiar ocupa una cantidad importante del tiempo de los miembros del hogar, y esto coincide con lo expuesto por Sonoda y Maruyama (1999) y Fisher, Shively y Buccola (2005).

En el cuadro 2 se muestran los salarios por tipo de actividad⁶. Los más altos son los que reciben los miembros de hogares rurales por trabajar como asalariados en actividades agrícolas y no agrícolas, mientras que los salarios sombra en las actividades familiares son más bajos. El salario sombra de la ganadería familiar es muy bajo debido al poco tiempo (horas por día) dedicado a esta actividad.

El cuadro 3 muestra los descriptivos de las variables explicativa del modelo a estimar. Se observa que en los hogares productores de bienes agropecuarios y en promedio la proporción de hombres es de 0.61 y que la edad promedio de los individuos está entre 37 y 38 años. Casi el 0.7 de las personas está unido, es decir, casado o en unión libre.

⁶El número de observaciones difiere en cada variable porque no todos los individuos cuentan con salarios en todas las actividades al mismo tiempo. Para la estimación del modelo se suma un uno a cada salario para tomar logaritmos

Cuadro 2: Salarios por actividad productiva

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	N
Salario agrícola familiar sombra (\$)	53.82	219	0.61	2,666.39	1,426
Salario ganadero familiar sombra (\$)	0.67	3.81	0.01	69.53	1,453
Salario agrícola pagado en el mercado (\$)	95.62	37.67	20	300	380
Salario no agrícola pagado en el mercado (\$)	136.30	188.91	6.67	3,066.67	307

Cuadro 3: Descriptivos de variables de oferta laboral

Variable	Mean	Std. Dev.	Min.	Max.	N
Beneficio agrícola sombra pred. (\$)	8.443	1.926	3.369	16.434	1,264
Persona es hombre	0.613	0.487	0	1	1,670
Edad de la persona	37.534	14.13	15	65	1,670
La persona está unido	0.697	0.46	0	1	1,669
La persona habla lengua indígena	0.251	0.434	0	1	1,661
No. de hombres 15-65 en el hogar	3.303	1.874	0	9	1,670
No. de mujeres 15-65 en el hogar	3.36	1.929	0	10	1,670
No. de niños (< 14) en el hogar	1.626	1.692	0	9	1,670
No. de ad. mayores (> 65) en el hogar	0.386	0.692	0	4	1,670
Persona es jefe de hogar=1	0.276	0.447	0	1	1,669
Persona es cónyuge=1	0.203	0.402	0	1	1,669
Años de escolaridad en 2007	6.527	3.875	0	19	1,670
Persona es trabajador familiar=1	0.598	0.49	0	1	1,670
Región=Centro	0.37	0.483	0	1	1,670
Región=Centro-Occidente	0.166	0.372	0	1	1,670
Región=Noroeste	0.096	0.295	0	1	1,670
Región=Noreste	0.104	0.305	0	1	1,670

Casi la cuarta parte de las personas hablan una lengua indígena; la escolaridad promedio por persona es ligeramente superior a 6 años. El número promedio de hombres y mujeres en edad laboral es ligeramente superior a 3 por hogar, mientras que los niños menores de 14 años y las personas mayores de 65 años son en promedio 1.6 y 0.4 por hogar.

Las primeras variables (edad, escolaridad, estado civil y hablar una lengua indígena) son las características personales que pueden influir en la oferta laboral individual, mientras que el tipo de personas por hogar (niños, adultos y adultos mayores) están relacionadas con las características demográficas del hogar que también pueden influenciar la oferta laboral individual. El 0.27 de las personas funge como jefe de hogar y el 0.20 como cónyuge. En cuanto a la distribución regional, el 0.37 de las personas habita en la región Centro, 0.17 en la Centro-Occidente, 0.10 en la Noroeste, 0.10 en la Noreste y el resto en la Sureste.

Antes de discutir los resultados, conviene mencionar que la variable medida por el logaritmo del beneficio agropecuario sombra, mide los beneficios obtenidos por los hogares en sus actividades agrícola y ganadera. En las estimaciones se utiliza la predicción de esta variable con la finalidad de eliminar algunos posibles problemas de endogeneidad debido a que esta variable fue obtenida a partir de los salarios sombra familiar de la agricultura y la ganadería; es por esa razón que sólo se cuentan con 1,264 observaciones. La importancia de esta variable radica en que permite observar si el ocio es un bien normal, pues un signo negativo en la regresión implicará que un aumento en el ingreso aumenta la demanda de ocio y por tanto reduce la oferta laboral de cualquiera de las actividades productivas, en cuyo caso el bien es normal.

4.6. RESULTADOS

Los resultados que discutimos a continuación se podrían considerar con un carácter causal: los salarios sombra del trabajo familiar agrícola y ganadero son estimados previamente, a partir de las funciones de producción descritas en el artículo 2 de la tesis (capítulo 3). Los salarios de mercado agrícola y no agrícola son variables observadas, las cuales no se consideran endógenas para aquellos que trabajan en éstas; no se encontraron hechos que respaldaran la existencia de endogeneidad en los salarios de mercado en las

actividades agrícola y no agrícola.

En el cuadro 4 se presenta la estimación del modelo de asignación laboral para cada tipo de actividad⁷.

Los resultados muestran que aumentos en el salario sombra de la agricultura y ganadería familiares reducen la oferta laboral en dichas actividades, lo que puede interpretarse como sigue: un salario sombra más elevado para la agricultura (ganadería) familiar es un aumento en la productividad del trabajo familiar y esto libera mano de obra que puede ser ofrecida a otro tipo de fuente de ingreso o dedicada al ocio. Por su parte, cuando los salarios sombra de la agricultura familiar disminuyen, los miembros del hogar tienden a ofertar una mayor cantidad de mano de obra para la actividad no agrícola asalariada; es decir, es sustituta de las agricultura familiar. Resultado adicional es que, en términos laborales, la ganadería familiar es una actividad complementaria, tanto respecto a la agricultura familiar como a las actividades asalariadas (el hallazgo concuerda con el obtenido en las estimaciones del salario sombra de estas dos actividades expuesto en el artículo 2 de la tesis). Asimismo, se encontró que aumentos en el salario no agrícola afecta negativamente la oferta laboral a la agricultura, tanto familiar como asalariada.

Que el trabajo asalariado sea sustituto del familiar implica que, *ceteris paribus*, aumentos en el salario pagado en el primero reducirá la oferta laboral en la agricultura familiar. Si a esto se le añade el resultado de que el trabajo asalariado no agrícola es sustituto del asalariado agrícola, puede argumentarse que el crecimiento de los salarios no agrícolas reduciría la seguridad alimentaria del país. Esto podría evitarse a partir de intervenciones gubernamentales que promuevan la productividad y producción agrícola no asalariada y asalariada.

Por su parte, que el trabajo familiar en la actividad ganadera sea complemento del resto de las fuentes de ingreso del hogar (de la agricultura familiar o asalariada y de las actividades no agrícolas asalariadas) concuerda con el argumento de que, frente a la falta de acceso a servicios financieros, los hogares rurales crían animales como una forma

⁷La estimación del modelo AIDS fue basada en los código de estimación de Shively y Fisher (2004) proporcionados gentilmente por el Dr. Gerald Shively

de ahorro para enfrentar choques exógenos.

Resultados adicionales de interés se refieren a que en el medio rural mexicano los hombres tienden a dedicarse más a la agricultura familiar. Por su parte las mujeres se dedican más a la ganadería familiar y al trabajo no agrícola. Esto puede explicarse parcialmente con base en el hecho de que en general las actividades ganaderas de los hogares rurales son en pequeña escala y que el cuidado de los animales no requiere jornadas completas de trabajo, lo que les permite a las mujeres realizar actividades tradicionales como la preparación de comida y el cuidado de los hijos. También se encuentra que los indígenas se dedican principalmente a la agricultura, familiar o como jornaleros.

En cuanto a la actividad ganadera de los hogares los resultados empíricos de la presente investigación y la interpretación de los mismos son avalados por los datos de la ENHRUM. Esto se justifica porque, a partir de la encuesta, la actividad ganadera más frecuente en los hogares rurales es la de traspatio, a partir del cuidado de ganado menor.

Sobre el beneficio agropecuario, observamos que en todas las actividades, excepto en ganadería, un aumento del beneficio agropecuario aumenta la demanda de ocio y por tanto reduce la oferta laboral en el resto de actividades. El hallazgo concuerda con lo encontrado por Jacoby (1993), Skoufias (1994) y Abdulai y Regmi (2000) de que el ocio es un bien normal. Por su parte, el resultado de que un aumento en el beneficio agrícola o ganadero del hogar no reduzca la oferta de trabajo familiar en la actividad ganadera del hogar puede interpretarse a partir del carácter que tiene el ganado en su economía; a saber: que es una de las maneras en que los hogares rurales de México enfrentan riesgos pues pueden vender sus animales para lidiar con choques inesperados.

En cuanto a otras variables usadas para las estimaciones de la oferta laboral, conviene mencionar que no se observa un efecto significativo de la escolaridad en la oferta laboral para ninguna de las actividades consideradas. Esto puede deberse a que en las localidades con menos de 2,500 habitantes (las incluidas en la muestra de la ENHRUM) es mayor la influencia de la experiencia laboral que la escolaridad debido al tipo de empleos que pueden haber en éstas. Por su parte, los resultados muestran una especialización de las mujeres en el trabajo asalariado no agrícola y de los hombres en el trabajo agrícola,

lo cual debe estudiarse en investigaciones futuras. Cuando la edad de los individuos en edad de trabajar aumenta, se reduce la oferta laboral en los dos tipos de agricultura, lo que se puede explicar por el desgaste físico que implican éstas y una reducción en la oferta laboral en actividades no agrícolas, lo que puede explicarse en el hecho de que los empleadores demanden mano de obra de personas jóvenes, y por tanto aumenta la oferta laboral en ganadería familiar.

Las personas casadas o en unión libre tienden a ofrecer más trabajo en todas las actividades. Las variables demográficas del hogar no tienen significancia estadística excepto la del número de hombres de 15 a 65 años, que muestra que un aumento de su número en el hogar aumenta la oferta laboral agrícola asalariada.

Cuadro 4: Modelo de Oferta Laboral Individual por Tipo de Actividad en Hogares Rurales de México

Variables	Agrícola	Ganadería	Agrícola	No Agrícola
	Familiar	Familiar	Asalariado	Asalariado
Salario sombra agrícola	-0.0377*** (0.0077)	0.0303*** (0.008)	0.0106*** (0.0031)	-0.0032 (0.0021)
Salario sombra ganadero	0.0303*** (0.008)	-0.051*** (0.0133)	0.0203*** (0.0061)	0.0004 (0.0053)
Salario pagado agrícola	0.0106*** (0.0031)	0.0203*** (0.0061)	0.0611*** (0.0038)	-0.092*** (0.0028)
Salario pagado no agrícola	-0.0032 (0.0021)	0.0004 (0.0053)	-0.092*** (0.0028)	0.0948*** (0.0029)
Log. benef. Agropecuario (pred)	-0.0103* (0.0054)	0.0212*** (0.0059)	-0.0106*** (0.0025)	-0.0004 (0.0017)
Hombre=1	0.1375*** (0.027)	-0.1111*** (0.0287)	-0.0029 (0.0121)	-0.0235*** (0.0077)
Edad	-0.0002 (0.0012)	0.002 (0.0013)	-0.0014** (0.0006)	-0.0004 (0.0004)
Unido(casado o unión libre)=1	0.025 (0.0256)	-0.0608** (0.0272)	0.0194* (0.0114)	0.0165** (0.0073)
Persona habla lengua indígena=1	0.0492* (0.028)	-0.0468 (0.0297)	0.0251** (0.0125)	-0.0275*** (0.008)
No. Hombres 15-65 años	-0.0042 (0.0061)	-0.0084 (0.0065)	0.0108*** (0.0027)	0.0018 (0.0017)
No. Mujeres 15-65 años	-0.0029 (0.006)	-0.0021 (0.0064)	0.0026 (0.0027)	0.0024 (0.0017)
No. niños menores de 14 años	0.0064 (0.0058)	-0.0009 (0.0062)	-0.0048* (0.0026)	-0.0007 (0.0017)
No. Personas may. 65 años	-0.0253 (0.0154)	0.012 (0.0164)	0.0115* (0.0069)	0.0018 (0.0044)
Persona es jefe de hogar=1	-0.1546*** (0.0395)	0.216*** (0.042)	-0.0407** (0.0176)	-0.0207* (0.0113)
Persona es cónyuge=1	-0.276*** (0.0414)	0.3526*** (0.044)	-0.0432** (0.0185)	-0.0333*** (0.0118)
Años de escolaridad	0.0017 (0.0031)	0.0009 (0.0033)	-0.0031** (0.0014)	0.0004 (0.0009)
Trabajador familiar=1	0.4182*** (0.0228)	0.3922*** (0.0336)	-0.3955*** (0.0168)	-0.4149*** (0.0139)
Región Centro=1	0.0856*** (0.0279)	-0.1015*** (0.0297)	0.0262** (0.0124)	-0.0103 (0.008)
Región Centro-occidente=1	0.1143*** (0.0361)	-0.1237*** (0.0384)	0.0318** (0.0161)	-0.0224** (0.0103)
Región Noroeste=1	0.0556 (0.0469)	-0.1266** (0.0498)	0.0641*** (0.0209)	0.0069 (0.0134)
Región Noreste=1	0.0157 (0.0433)	-0.029 (0.0459)	0.03 (0.0193)	-0.0167 (0.0124)
Constante	0.117 (0.0758)	-0.0475 (0.0874)	0.471*** (0.038)	0.4596*** (0.0268)

Errores estándar entre paréntesis. *** 99 % de confianza, **95 % de confianza, *90 % de confianza.

4.7. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentaron los hallazgos del estudio de la oferta laboral de los miembros de los hogares rurales a partir de la revisión de la literatura que trata el tema y de un modelo teórico, y se hicieron estimaciones del efecto de los salarios sombra y de mercado en la oferta laboral de mano de obra de los hogares rurales de México a partir de un modelo econométrico basado en el enfoque *Almost Ideal Demand System* (AIDS) y de los datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM) con datos de 2007.

En el estudio empírico se incluyeron cuatro de las principales actividades y fuentes de ingreso de los miembros de los hogares mencionados: agricultura familiar, ganadería familiar y trabajo asalariado agrícola y no agrícola. Lo anterior permitió conocer el proceso de asignación laboral por individuo en función de sus características y de los hogares a los que pertenecen y con ello, determinar cuáles de dichas actividades y fuentes de ingreso son sustitutas o complementarias, así como la sensibilidad de la oferta de trabajo a éstas ante cambios en salarios propios o sombra y de mercado.

Las dos actividades productivas de los hogares incluidas en el estudio (agricultura familiar y ganadería familiar) utilizan exclusiva o parcialmente mano de obra familiar. Lo anterior y debido a que es un error valorar a este tipo de trabajo a partir de salarios observados, fue necesario estimar los salarios sombra de estas actividades, lo cual fue realizado en el segundo artículo de esta tesis.

El modelo teórico propuesto para analizar el comportamiento del hogar rural parte de Sonoda y Maruyama (1999) y Maruyama y Sonoda (2011), en el cual el hogar rural tiene como objetivo maximizar su utilidad a partir del consumo de un bien producido en el hogar y de otro adquirido en el mercado. Las restricciones que tiene el hogar son la presupuestaria, la dotación de tiempo de trabajo, una tecnología de producción del bien agrícola o ganadero y una restricción de limitación de oferta en el trabajo asalariado. La solución del modelo muestra que los hogares tienen un salario sombra (el pago o valor implícito al trabajo familiar) menor al salario de mercado y que el primero iguala la oferta y demanda de trabajo en el hogar, lo que hace que las decisiones de consumo y

producción no sean separables.

A partir de las condiciones de optimalidad del modelo de hogar productor se obtienen las funciones de oferta laboral para cada una de las actividades y fuentes de ingreso de los miembros del hogar. En el plano teórico, es indeterminado el signo de la mayor parte de los efectos de cambios en precios sobre la oferta laboral, lo cual exige un estudio empírico.

Con base en el enfoque AIDS se procedió entonces a estimar la oferta laboral individual de los miembros de los hogares rurales mexicanos para las dos actividades familiares y para las dos fuentes de ingreso mencionadas, en las que participan tales miembros. En cuanto a las retribuciones al trabajo de los miembros del hogar, las variables usadas en la estimación de la oferta laboral fueron los salarios sombra de la mano de obra familiar usada en las actividades agrícola y ganadera del hogar estimadas en el artículo 2 de la tesis (capítulo 3) y el salario de mercado observado y pagado por los agentes que contratan mano de obra de los hogares para realizar actividades agrícolas y no agrícolas.

Los resultados muestran que aumentos en el salario sombra de la agricultura y ganadería familiares reducen la oferta laboral de los miembros del hogar en dichas actividades. Con base en la medición del precio sombra del trabajo familiar, el hallazgo indica que un salario sombra más elevado para estas actividades significa aumentos en la productividad del trabajo familiar y esto libera mano de obra que puede ser ofrecida en el mercado de trabajo agrícola y no agrícola. Por su parte, cuando el salario sombra de la agricultura familiar disminuye, los miembros del hogar tienden a ofertar una mayor cantidad de mano de obra a la actividad no agrícola asalariada. O sea que hay sustitución de mano de obra en estas dos actividades. En contraste, la ganadería familiar resultó ser una actividad complementaria, tanto respecto a la agricultura familiar como a las dos actividades asalariadas. Otro hallazgo es que aumentos en el salario no agrícola afecta negativamente la oferta laboral a la agricultura, tanto familiar como asalariada.

Al tomar al beneficio reportado por las actividades agrícola y ganadera del hogar resultó que el crecimiento de éste genera un aumento en la demanda por ocio, lo cual indica que para los individuos que habitan hogares rurales de México, el ocio es un bien

normal.

Es un hecho que la investigación académica conduzca a elaborar propuestas concretas de estudios futuros. Para el caso de la presente, será conveniente una mayor desagregación y ampliación de las actividades y fuentes de ingreso de los hogares rurales de México. Es el caso de las actividades no agropecuarias asalariadas en el medio rural ya que al distinguirlas por tipo (en productivas y de servicios, por ejemplo) se podría evaluar el resultado sobre la mayor participación de la mano de obra femenina en estas actividades. Asimismo, el estudio de la oferta de trabajo de los hogares rurales podría incluir una fuente de ingreso de peso en la economía de los mismos: las remesas que les envían sus miembros a partir del ingreso que reciben por su participación en los mercados de trabajo en el México urbano y en los Estados Unidos. Los resultados de estudios de esta naturaleza servirían no sólo para elaborar análisis más completos de la oferta laboral, sino también para explicar el envejecimiento observado de los agricultores del campo mexicano. Investigación adicional será el uso del panel de datos de la ENHRUM con la finalidad de robustecer las estimaciones econométricas presentadas sobre la oferta laboral en el medio rural del país. Una última línea de investigación en el estudio de la oferta laboral rural sería adoptar una estrategia empírica que tome en cuenta efectos cruzados no lineales, a partir de, por ejemplo, un modelo de tipo *Quadratic Almost Ideal Demand System (QUAIDS)*⁸.

No obstante la amplia agenda de investigación que se acaba de exponer, los resultados del presente estudio son relevantes para el diagnóstico de la oferta laboral en el medio rural de México y, en consecuencia, para la discusión de políticas públicas.

Los hallazgos refrendan los resultados de otros estudios de que, a pesar de las reformas económicas adoptadas por ellos gobiernos de México desde hace más de dos décadas, persiste la agricultura familiar en pequeña escala llevada a cabo por hogares rurales usando mano de obra de sus miembros y parte de su producción alimenticia para el consumo familiar. Estas características son las que tienen la mayoría de las unidades de producción agropecuaria de México (Yúnez, et al. 2014) que se explican en parte por la presencia de elevados costos de transacción en el medio rural y hacen que el proceso

⁸Urzúa, 2012 cuenta con estimaciones QUAIDS para México y otros países de América Latina

de toma de decisiones productivas del hogar difiera del que siguen agentes económicos de corte empresarial. De este modo, la respuesta de los hogares rurales ante choques exógenos como los provocados por las intervenciones gubernamentales o por cambios en precios, serán distintas a las de las empresas (véanse a Dyer et al. (2005 y 2006)).

Estas características del campo mexicano tendrán que tomarse en cuenta en el diseño de las políticas correspondientes ya que ello es condición necesaria para que las intervenciones gubernamentales tengan el potencial de ser eficaces y eficientes. En concreto, los resultados de la presente investigación muestran que el trabajo familiar es complemento en las actividades agrícola y ganadera propias, lo cual implica que medidas que promuevan la productividad de la agricultura familiar también impulsarán la cría de animales en el seno de los hogares rurales. Si a lo anterior se le añaden los hallazgos de que un aumento en la productividad del trabajo agrícola familiar promueve su oferta en la agricultura asalariada y que son sustitutos el trabajo familiar agrícola y el asalariado no agropecuario, se puede proponer que de privilegiar la producción de alimentos las políticas gubernamentales, la intervención adecuada sería la de promover la productividad de la agricultura familiar. Adoptar esta opción es consistente con las políticas al campo del actual gobierno federal tendientes a impulsar la seguridad alimentaria del país apoyando a los pequeños productores agropecuarios.

Apéndice 1: Solution of theoretical model assume Cobb-Douglas functions

We propose a Cobb-Douglas functional form to solve the maximization problem proposed in theoretical model. Equations (A) and (B) detail utility and health production function.

$$U = F_1^{\alpha_1} \dots F_J^{\alpha_J} C^{\alpha_{J+1}} H^{\alpha_{J+2}} (T^H)^{\alpha_{J+3}} (T^L)^{\alpha_{J+4}} \quad \text{Utility function} \quad (\text{A})$$

$$H = F_1^{-\beta_1} \dots F_J^{-\beta_J} C^{\beta_{J+1}} S^{\beta_{J+2}} (T^H)^{\beta_{J+3}} \quad \text{Health production function} \quad (\text{B})$$

In (A) the sum of α 's is one; analogously, the sum of β 's is one too in (B). The negative sign in exponents indicate that fuels are harmful for health, i. e., $\frac{\partial H}{\partial F_i} < 0$. In (C)

$$L^w(w, H) = w^\gamma H^{1-\gamma} \quad \text{Labor supply function} \quad (\text{C})$$

Replacing (B) in (A):

$$U = \prod_{j=1}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2}} T^{H^{\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3}}} T^{L^{\alpha_{J+4}}} \quad (\text{D})$$

The utility function is maximized subject to full-income and non-negativity constraints:

$$C + \sum_{j=1}^J P_j F_j + P_S S + w(T^H + T^L) = \bar{Y} + w\bar{T}$$

$$F_j \geq 0 \quad \text{For each } j=1,\dots,J$$

Taking derivatives and applying Kuhn-Tucker conditions:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial F_i} &= (\alpha_1 - \beta_1 \alpha_{J+2}) F_1^{\alpha_1 - \beta_1 \alpha_{J+2} - 1} \prod_{j=2}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2} *} \\ & T^{H(\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3})} T^{L^{\alpha_{J+4}}} - \lambda P_1 + \gamma_1 = 0 \quad (\text{E}) \end{aligned}$$

The others KT- conditions (J-1 fuels) are analagous to (E).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C} &= (\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}) \prod_{j=1}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2} - 1} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2} *} \\ & T^{H(\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3})} T^{L^{\alpha_{J+4}}} - \lambda = 0 \quad (\text{F}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial S} &= (\beta_{J+2} \alpha_{J+2}) \prod_{j=1}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2} - 1} * \\ & T^{H(\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3})} T^{L^{\alpha_{J+4}}} - \lambda P_S = 0 \quad (\text{G}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T^H} &= (\alpha_{J+3} + \beta_{J+3} \alpha_{J+2}) \prod_{j=1}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2} *} \\ & T^{H(\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3} - 1)} T^{L^{\alpha_{J+4}}} - \lambda w = 0 \quad (\text{H}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T^L} &= \alpha_{J+4} \prod_{j=1}^J F_j^{\alpha_j - \beta_j \alpha_{J+2}} C^{\alpha_{J+1} + \beta_{J+1} \alpha_{J+2}} S^{\beta_{J+2} \alpha_{J+2} *} \\ & T^{H(\alpha_{J+3} + \alpha_{J+2} \beta_{J+3})} T^{L^{\alpha_{J+4} - 1}} - \lambda w = 0 \quad (\text{I}) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T^L} = \bar{Y} + w\bar{T} - C - \sum_{j=1}^J P_j F_j - P_S S - w(T^H + T^L) = 0 \quad (\text{J})$$

Finally, there are J slackness complementary conditions:

$$\gamma_j \geq 0, \quad F_j \geq 0, \quad \gamma_j F_j \geq 0 \quad (\text{K})$$

There are 2^J cases but there is one case with interior solution and is when all γ 's are zero. Applying many algebraic manipulations we obtain the solution such as equations (2.36) to (2.42)

Apéndice 2: Estática Comparativa del Modelo del capítulo 3

En la sección donde se describe el modelo teórico se propuso para las funciones de producción una especificación Cobb Douglas y un sistema lineal de gasto para la función de utilidad, las cuales se observan a continuación

$$\ln Z_A = \ln A + \beta_1 \ln T_A + \beta_2 \ln F_A + \beta_3 \ln K_A + \beta_4 \ln TI \quad (\text{A})$$

$$\ln Z_G = \ln B + \alpha_1 \ln T_G + \alpha_2 \ln F_G + \alpha_3 \ln K_G \quad (\text{B})$$

$$U = \gamma_A \ln (C_A - d_A) + \gamma_G \ln (C_G - d_G) + \gamma_M \ln (C_M - d_M) + \gamma_L \ln (L - d_L) \quad (\text{C})$$

Si utilizamos las condiciones de optimalidad del valor de productividad de los factores y su precio, se puede encontrar, para la función agríola que existe una relación entre el tiempo dedicado (o la cantidad del otro insumo) a la actividad agrícola y su producción:

$$T_A = \beta_1 \frac{P_A Z_A}{W^*} \quad (\text{D})$$

$$F_A = \beta_2 \frac{P_A Z_A}{q_A} \quad (\text{E})$$

Estas relaciones sirven para hallar la oferta y demanda laboral agrícola y el efecto de un cambio en el salario sombra en ellas. Además, a partir de estas podemos obtener la producción agrícola descrita en (3.28). El mismo procedimiento aplica para la ganadería, la cual se describe en la (3.29).

La demanda de trabajo agrícola se obtiene al tomar logaritmos a la ecuación (3.28) y obtener la derivada del cambio en la producción por un cambio en el salario sombra:

$$\frac{\partial Z_A}{\partial W^*} = \frac{-Z_A}{W^*} \left(\frac{\beta_1}{1 - \beta_1\beta_2} \right) \quad (\text{F})$$

A partir de (F) y la condición de optimalidad $P_A f_1^A(T_A, F_A; K_A, T) - W^* \leq 0$ se llega a la igualdad $P_A \beta_1 Z_A = T_A W^*$ y con algunos arreglos algebraicos obtenemos la demanda de trabajo agrícola la cual tiene pendiente negativa.

$$\frac{\partial L_D^{AG}}{\partial W^*} = - \left(\frac{1 - \beta_2}{1 - \beta_1 - \beta_2} \right) \frac{T_A}{W^*} < 0 \quad (\text{G})$$

$$\frac{\partial L_S}{\partial W^*} = \frac{(1 - \gamma_L)(L - d_L)}{W^*} > 0 \quad (\text{H})$$

Para la oferta laboral agrícola se minimiza el ingreso total del hogar sujeto a un nivel de utilidad constante y a partir de la restricción de tiempo del hogar, se obtiene. Se observa que tiene pendiente positiva. Por último, podemos observar que un aumento del precio del insumo agrícola (como el fertilizante) reduce la demanda laboral agrícola.

$$\left. \frac{\partial T_A}{\partial q_A} \right|_{dW^*=0} = - \frac{\beta_2}{1 - \beta_1 - \beta_2} \left(\frac{T_A}{q_A} \right) < 0 \quad (\text{I})$$

Lo que nos arroja la ecuación (I) es que al aumentar el precio del fertilizante esto aumenta el costo de producir el bien agrícola por lo que el hogar reducirá su producción, al existir una productividad marginal positiva del fertilizante, lo que tiene un efecto negativo en la demanda de trabajo agrícola.

Apéndice 3: Tratamiento de los Datos de la ENHRUM II

Para desarrollar esta investigación, se utilizó la base de datos de la ENHRUM 2007. Para estimar las dos funciones de producción (la agrícola y la ganadera) así como las ecuaciones de selección, se necesitó construir las variables correspondientes a la producción (agrícola y ganadera), las relacionadas con los insumos así como las correspondientes a mano de obra. Por estos motivos, nos enfrentamos a una serie de retos especialmente en la valoración *per se* de los cultivos y del ganado.

Para la actividad agrícola en la ENHRUM los hogares rurales reportaron la producción de maíz, frijol, sorgo, trigo, cebada y avena, tabaco, flores, hortalizas, legumbres, floricultura, cacahuate, otras legumbres, semillas no oleaginosas y otros cultivos. Para conocer el valor de los cultivos se requieren los datos de cantidad producida y valor unitario o precio. Cuando todos los hogares participan en el mercado se puede utilizar el precio de mercado como el valor unitario del cultivo (kilos, toneladas o alguna medida estándar) y el valor total del cultivo se obtendría simplemente multiplicando el precio por la cantidad producida. Sin embargo, aproximadamente el 70% de los hogares no vende su producción por lo que no se conoce el precio de los cultivos para aquellos hogares que no venden al menos una parte de su producción. De los cultivos descritos, los que son comerciales presentan precios de venta, es decir, hortalizas, flores, legumbres, floricultura, semillas y tabaco. Para estos cultivos se utilizó el precio reportado por los hogares. Además, no se podía calcular precio alguno de legumbres, floricultura, otras legumbres, semillas porque no se sabe qué cultivos específicos son, por lo que fue un hecho afortunado que se cuenten con los precios de estos.

La situación que resulta complicada era encontrar precios para maíz, frijol, sorgo, trigo, cebada y avena porque la mayoría de los productores no vendió su producto. Para el caso del maíz, Arslan y Taylor (2009) encuentran que el valor sombra que otorga a éste el hogar es más alto que el precio de mercado; para el caso de los otros cultivos mencionados aquí no se cuenta con evidencia de que el valor otorgado por el hogar sea mayor o menor al precio de mercado.

Debido a que la mayoría de los hogares no reportan precio para estos cultivos, hacer imputaciones para obtener datos de venta para los hogares que no venden su cultivo podría sesgar los resultados de manera considerable ya que con una pequeña parte de los datos se completaría los datos para la mayoría que no tiene. No se intentaron hacer estimaciones de valor sombra de los cultivos mencionados debido a que el interés de esta investigación es obtener el salario sombra del trabajo familiar, por lo que incluir otras estimaciones sombra complicaría demasiado las estimaciones y podría no obtenerse una solución analítica al problema. Fafchamps, de Janvry y Sadoulet (1991) recomiendan, en casos de varias fallas de mercado, estimar modelos de equilibrio general computable, un tópico que no es de interés en la presente investigación.

Una manera de resolver el problema de una manera práctica y con información objetiva fue utilizar los datos anuales de precio promedio por tonelada de la base de datos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), que es una base de datos agrícolas, pecuarios y pesqueros de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Pesqueros (SAGARPA). Los datos del SIACON abarcan desde 1980 al presente. Sus datos son precio medio rural por tonelada a nivel municipal, diferenciando por régimen hídrico, es decir, por cultivo de riego o temporal.

La información sobre cultivos anuales reportados en la ENHRUM especifica el cultivo y su régimen hídrico. Sin embargo, en algunos casos, la información detallada en la encuesta no era lo suficientemente explícita; por ejemplo, en el caso del maíz, el SIACON detalla precio medio rural para maíz en grano y forrajero; dado que en la ENHRUM sólo se menciona maíz, para obtener el precio municipal para un municipio determinado⁹ se obtenía un promedio ponderado entre los dos tipos de maíz y el resultado se tomó como el

⁹Tomando en cuenta el régimen hídrico

precio del maíz para ese municipio. Si el precio del maíz grano por tonelada era de 2,000 pesos y su producción representaba el 10 % del maíz total y la del forrajero representaba el 90 % en producción y un precio de 300 pesos, entonces el precio para este municipio fue de 470 pesos. En la mayoría de los casos se encontró que el precio del maíz forrajero era mucho más bajo que el de grano, pero este último representaba poco de la producción total.

El caso del sorgo fue análogo al maíz, la mayor producción fue del tipo forrajero respecto al de grano, pero este último presentaba precios más altos que el de tipo forrajero.

El caso de la cebada y avena resultó más complejo para el cálculo de sus precios; esto se debió a que en la ENHRUM se pregunta como opción de cultivo a la cebada y avena de manera conjunta, por lo que se tuvo que construir el precio de estos como el promedio ponderado de la cebada (grano y forrajera) y de la avena (grano y forrajera).

En la mayoría de los casos se obtuvieron precios municipales por cultivo, diferenciando por régimen hídrico. No obstante, hubieron algunos casos en los cuales se reportaba un determinado cultivo con su régimen hídrico correspondiente, pero no se contó con información en el SIACON a nivel municipal. En esos casos, se procedió a incluir la información estatal del cultivo determinado y su régimen hídrico correspondiente¹⁰.

Para el caso de los cultivos etiquetados como *otros cultivos*, se encontró que la mitad de estos (30 observaciones) eran comercializados. Sólo para este caso imputamos con la media de los que cultivos que si tenían precio a aquellos que no contaban con este.

Una alternativa cuando no se cuenta con precios de cultivos debido a que el hogar no lo vende, sería preguntar a los hogares en cuánto valoran sus cultivos, lo que no está exento de problemas en el auto-reporte.

Otro reto que presentó el tratamiento de los datos para cultivos combinados o de milpa que presenta la ENHRUM. Algunos hogares declaran varios cultivos en una

¹⁰Por ejemplo, en el municipio oaxaqueño de Santiago Jocotepec no se encontró precio para maíz de riego, por esto se reemplazó con el dato estatal

misma parcela. La encuesta separa para estos casos la producción de cada uno pero no los insumos ni la mano de obra (familiar o contratada). Para obtener insumos y mano de obra por cada cultivo se procedió otorgando el costo para cada cultivo ponderado por el volumen de producción, de manera que si un hogar reporta, en una misma parcela, maíz y frijol y este último representa un 10 % del volumen de producción, se le asigna sólo el 10 % de los insumos y la mano de obra. Se procedió de esta manera para contar con una valoración individual de cada cultivo y sus insumos.

A partir de que se tuvieron los datos de cultivos en términos monetarios, tanto en su producción como en sus insumos, se pudo sintetizar la base a nivel hogar.

Para la ganadería se tenía el valor auto-reportado del ganado vivo, el cual se utilizó para valorar la producción ganadera. Para los productos derivados como la leche, huevo, miel y lana se usaron los datos del SIACON a nivel municipal. Para el valor del queso se usaron sus precios de venta, los cuales si estaban presentes en la ENHRUM.

Referencias

- Abdulai, Awudu and Puniad Regmi (2000). *Estimating labor supply of farm households under nonseparability: Empirical evidence From Nepal*. Agricultural Economics, No. 22, pp. 309-320.
- Amacher, G. S., W. F. Hyde, and K. R. Kan (1996). "Household Fuelwood Demand and Supply in Nepal's Tarai and Mid-Hills: Choice Between Cash Outlays and Labor Opportunity." World Development 24 (11): 1725- 36.
- Argandoña, Antonio, C. Gámez y F. Mochón (1997). *Macroeconomía avanzada, fluctuaciones cíclicas y crecimiento económico*. McGraw-Hill.
- Arslan, Aslihan and Eduard Taylor (2009). *Farmers' Subjective Valuation of Subsistence Crops: The Case of Traditional Maize in Mexico*. American Journal of Agricultural Economic. Vol. 91, No. 4, pp. 956-972.
- Ashenfelter, Orley and James Heckman (1974). *The Estimation of Income and Substitution Effects in a Model of Family Labor Supply*. Econometrica, Vol. 42, No. 1, pp. 73-85.
- Balakrishnan, K., et al. 2004. "Indoor Air Pollution with Associated with Household Fuel Use in India", ESMAP- World Bank.
- Bardhan, Pranab and Christopher Udry (1999). *Development Microeconomics*. Oxford University Press.
- Barrett, Crhistopher, S. Sherlund and A. Adesima (2008). *Shadow wages, allocative inefficiency, and labor supply in smallholder agriculture*. Agricultural Economics, No.38, pp. 21-34.
- Becker, Gary (1965). *Theory of the Allocation of Time*. The Economic Journal, Vol. 75, No. 299, pp. 493-517.
- Boy, Erick, Nigel Bruce, and Hernán Delgado. 2002. "Birth Weight and Exposure to Kitchen Wood Smoke During Pregnancy in Rural Guatemala". Environmental Health Perspectives. Guatemala, January, Vol. 110, No. 1.
- Boy, Erick, Nigel Bruce, Kirk R. Smith, and Rubén Hernández. 2000. "Fuel Efficiency of an Improved Wood-Burning Stove in Rural Guatemala: Implications for Health, Environment, and Development". Energy for Sustainable Development. Berkeley, September, Vol. IV, No. 2.
- Braun, Frauke G., 2010. "Determinants of households' space heating type: A discrete choice analysis for German households," Energy Policy, Elsevier, vol. 38(10), pages 5493-5503, October
- Brown III, S.; J. Pagán and E. Bastida (2005). *The impact of diabetes on employment: genetic IVs in a bivariate probit*. Health Economics, Vol. 14, pp537-544.

Cai, Lixin (2010). *The relationship between health and labour force participation: Evidence from a panel data simultaneous equation model*. Labour Economics, Vol. 17, pp. 77–90

Cameron, C. and P. Trivedi. 2005. *“Microeconometrics: Methods and Applications”*. First Edition. Cambridge University Press.

Cameron, C. and P. Trivedi. 2008. *“Microeconometrics using Stata”*. First Edition. Stata Press.

Cappellari, L. and S. Jenkins (2003). *Multivariate probit regression using simulated maximum likelihood*. The Stata Journal 3, Number 3, pp. 278–294

Cappellari, L. and S. Jenkins (2006). *Calculation of multivariate normal probabilities by simulation, with applications to maximum simulated likelihood estimation*. The Stata Journal 6, 6, Number 2, pp. 156–189.

Cerón, Hazael y Antonio Yunez-Naude (2014). *Diversificación en la economía rural hacia actividades no agropecuarias y sus impactos en pobreza y desigualdad*. En “Yúnez Naude, A., F. Rivera Ramírez, A. Chávez Alvarado, J. Mora Rivera y J. Edward Taylor “La economía del campo mexicano: tendencias y retos para su desarrollo”, El Colegio de México, en prensa.

Chatterji, P.; M. Alegría and D. Takeuchi (2011). *Psychiatric disorders and labor market outcomes: Evidence from the National Comorbidity Survey-Replication*. Journal of Health Economics, Vol. 30, pp. 858-868.

Chaudhuri, S. and Pfaff, S., 2003. *Fuel-choice and indoor air quality: a household-level perspective on economic growth and the environment*. Mimeo.

Chen, Le & Heerink, Nico & van den Berg, Marrit, 2006. *“Energy consumption in rural China: A household model for three villages in Jiangxi Province,”* Ecological Economics, vol. 58(2), pages 407-420, June

Coffey, Bentley. 2003. *“A Reexamination of Air Pollution's Effects on Infant Health: Does Mobility Matter”* Durham, N.C.: Duke University. Unpublished.

Couture S., Garcia S., Reynaud A. (2012). *“Household energy choices and fuelwood consumption: An econometric approach from French data”*, Energy Economics, 34(6), 1972-1981.

Currie, Janet & Madrian, Brigitte C., 1999. *“Health, health insurance and the labor market,”* Handbook of Labor Economics, in: O. Ashenfelter & D. Card (ed.), Handbook of Labor Economics, edition 1, volume 3, chapter 50, pages 3309-3416

Dasgupta S, Huq M, Khaliqzaman M, Pandey K, Wheeler D. ,2004. *“Indoor air quality for poor families: new evidence?”.* World Bank Policy Research, Paper 3393, September 2004."

Dasgupta S, Huq M, Khaliqzaman M, Pandey K, Wheeler D. ,2004. *“Who suffers from indoor air pollution? Evidence from Bangladesh”*. World Bank Policy Research, Paper 3428, October 2004.

- Davis, M., 1998. "Rural household energy consumption: The effects of access to electricity". *Energy Policy* 26(3):207-217.
- Deaton, A. and J. Muellbauer (1980a). *Economics and Consumer Behavior*. Cambridge University Press.
- Deaton, A. and J. Muellbauer (1980b). "An Almost Ideal Demand System". *The American Economic Review*, Vol. 70, No. 3, pp. 312-326.
- De Janvry, Alain; M. Fafchamps and E. Sadoulet (1991). *Peasant Household Behaviour with Missing Markets: Some Paradoxes Explained*. *The Economic Journal* Vol. 101, No. 409, pp. 1400-1417.
- Dyer, G., J.E Taylor and S. Boucher. 2006. *Subsistence response to market shocks*. *American Journal of Agricultural Economics* 88(2):279-291.
- Dyer, George, J. E. Taylor and Antonio Yunez-Naude, "Disaggregated Rural Economy-wide Models for Policy Analysis" *World Development*, Vol. 33, No. 10, pp. 1671-1688, 2005.
- Duflo, E.; M. Greenstone and R. Hanna (2007). *Indoor Air Pollution, Health and Economic Well-being*. Mimeo.
- Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., Vander Hoorn, S., and Murray, C. J. (2002). *Comparative Risk Assessment Collaborating Group. Selected major risk factors and global and regional burden of disease*. *Lancet* 2(360):1347–1360.
- Fernández, J. e Iván Islas. 2005. "Patrones de Demanda Doméstica de Combustibles para cocinar en México". México D.F.: Dirección General de Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología.
- Fisher, M.; G. E. Shively and S. Buccola (2005). "Activity Choice, Labor Allocation, and Forest Use in Malawi". *Land Economics*, Vol. 81, No. 4, pp. 503-517.
- Gameren, Edwin van (2008), "Labor Force Participation of Mexican Elderly: The Importance of Health", *Estudios Económicos*, vol. 23 (1), p. 89-127.
- Gameren, Edwin van and Ingrid Ooms (2009). *Childcare and labor force participation in the Netherlands: the importance of attitudes and opinions*. *Review of Economy Household*, No. 7, pp. 395-421.
- García, B. y De Oliveira, O. (2006). *Las familias en el México metropolitano: visiones femeninas y masculinas*. Ciudad de México, México: El Colegio de México.
- García, Jaume (2013). *Econometrics of Cross-Section Data with Applications*. Curso impartido en el Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México.
- Gourieroux, Christian & Monfort, Alain, 1996. "Simulation-based Econometric Methods," OUP Catalogue, Oxford University Press.

- Greene, W. (2008). *“Econometric Analysis”*. Sixth Edition, Prentice Hall.
- Gronau, Reuben (1977). *Leisure, Home Production and Work-The Theory of Allocation Of time Revisited*. Journal of Political Economy. Vol. 85, No. 6, pp. 1099-1123.
- Gronau, Reuben (1980). *Home Production –A Forgotten Industry*. The Review of Economics and Statistics, Vol. 62, No. 3, pp. 408-416.
- Gronau, Reuben (1997). *The Theory of Home Production: The Past Ten Years*. Journal of Labor Economics, Vol. 15, No. 2, pp. 197-205.
- Grossman, Michael (1972). *On the Concept of Health Capital and the Demand for Health*, Journal of Political Economy, 80 (2), 223-255.
- Grossman, Michael (1999). *“The Human Capital Model of the Demand for Health,”* NBER Working Papers 7078, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Gupta, G. and G. Köhlin (2006), *“Preferences for domestic fuel: Analysis with socio-economics factors and rankings in Kolkata, India”*, Ecological Economics, 57/1: 107-121.
- Hajivassiliou, Vassilis (2000). *Some Practical issues in maximum simulated likelihood*. In *“Simulation-Based Inference in Econometrics: Methods and Applications”*, Eds: R. Mariano, T.Schuermann and M. Weeks.
- Heckman, James (1974). *Shadow Prices, Market Wages, and Labor Supply*. Econometrica, Vol. 42, No. 4, pp 679-694.
- Heckman, James (1976). *The common Structure of Statistical Models of Truncation, Sample Selection and Limited Dependent Variables and a Simple Estimator for Such Models*. Annals of Economic and Social Measurement, Vol. 5, No.4, pp.475-492.
- Heckman, James (1978). *Dummy Endogenous Variables in a Simultaneous Equation System*. Econometrica, Vol. 46, N. 4, pp. 931-959.
- Heckman, James (1979). *Simple Selection Bias as a Specification Error*. Econometrica, Vol. 47, No. 1, pp. 153-161.
- Heltberg R, 2005. *“Factor deterring household fuel choice in Guatemala”*. Environment and Development Economics 10(3):337-361.
- Heltberg, R.; T. Channing and N. Udaya, (2000). *Fuelwood Consumption and Forest Degradation: A Household Model for Domestic Energy Substitution in Rural India*. Land Economics, Vol. 76, No. 2 (May, 2000), pp. 213-232
- Hoejer, M.; A. Guevara; O. Stabridis, and S. Mentzel, 2005. *“An Economic Valuation of Damages to Air and Water Resources in Mexico”*. Report for World Bank (forthcoming).
- Hughes, G. and Dunleavy M. (2000). *“Why do babies and young children die in India? The role of the household environment”*. Washington, DC, South Asia Office, World Bank.

- Inada, Mitsuo and Hiromi Yamamoto (2010). *Analysis of Migration Decisions of Chinese Japonica Rice Farmers: Estimation of Internal Wage on Output Supply Using Agricultural Household Model*. Discussion Paper Series. No. 145. Graduate School of Economics, Kyoto University.
- Israel, D., 2002. Fuel Choice in Developing Countries: Evidence from Bolivia. *Economic Development and Cultural Change*, vol. 50, pp. 865-890.
- Jacoby, Hanan (1992). *Productivity of men and women and the sexual division of labor in peasant agriculture of the Peruvian Sierra*. *Journal of Development economics*. No. 37, pp. 265-287.
- Jacoby, Hanan (1993). *Shadow Wages and Peasant Family Labour Supply: An Econometric Application to the Peruvian Sierra*. *Review of Economic Studies*, No. 60, pp. 903-921.
- Juárez, Miriam (2005). "La eficiencia productiva de los hogares rurales mexicanos en la producción de maíz: 2002" Maestría en Economía, CEE-COLMEX, Promoción 2001-2003. Junio 2005.
- Jumbe, B. and A. Angelsen, 2011. *Modeling choice of fuelwood source among rural household in Malawi: A multinomial probit analysis*. *Energy Economics*, 33, pp. 732-738.
- Kidd, M., P. Sloane and I. Ferko (2000). *Disability and the labour market: an analysis of British males*. *Journal of Health Economics*, Vol. 19, pp. 961-981.
- Kishore, A. and D. Spears (2012). *Clean Cooking Fuel, Women's Intrahousehold Status, and Son Preference in Rural India*. Mimeo
- Krueger, A., y Ashenfelter, O. (1994). *Estimates of the economic return to schooling from a new sample of twins*, *The American Economic Review*, Vol. 84, N. 5, pp. 1157-1173.
- Leach G, 1992. "The energy transition". *Energy Policy* 20(2):116-123.
- Linde-Rahr, M. (2001). *Rural Shadow Wages, Labour Supply and Agricultural Production under Imperfect Markets: Empirical Evidence from Viet Nam*. In *Selected Paper, American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Chicago, IL, August* (pp. 5-8).
- Lopez, R. E. (1984). *Estimating labor supply and production decisions of self-employed farm producers*. *European Economic Review*, 24(1), 61-82.
- Maddala, G. S (1983). *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge, Econometric Society Monographs.
- Maddala, G. S. & Lung-Fei Lee, 1976. "Recursive Models with Qualitative Endogenous Variables," NBER Chapters, in: *Annals of Economic and Social Measurement*, Volume 5, number 4, pages 525-545 National Bureau of Economic Research.
- Manski, C. F. and D. McFadden (1981). *Structural analysis of discrete data and econometric applications*. Cambridge, The MIT Press.

- Margulis, S., 1992. "*Back-of-the-Envelope Estimates of Environmental Damage Costs in Mexico*". The World Bank WPS 824.
- Maruyama, Yoshihiro and T. Sonoda (2011). *A Theory of the Producer-Consumer Household, The New Keynesian Perspective on Self-Employment*. Palgrave Macmillan.
- Masera O, B. Saatkamp and D. Kammen, 2000. "*From Linear Fuel Switching to Multiple Cooking Strategies: A Critique and Alternative to the Energy Ladder Model*". World Development 28(12) 2083-2103.
- Mazumdar, D. (1965). *Size of farm and productivity: A problem of Indian peasant agriculture*. *Economica*, 161-173.
- McCracken, John P. and Kirk R. Smith, (1998), "*Emissions and Efficiency of Improved Woodburning Cookstoves in Highland Guatemala*". Environmental International. EUA: Pergamon, March, Vol. 24, No. 7.
- McFadden, D. (1974). "*Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*" in P. Zarembka (ed.) , *Frontiers in Econometrics*. New York: Academic.
- Mroz, T. A. (1987): *The Sensitivity of an Empirical Model of Married Women's Hours of Work to Economics and Statistical Assumptions*, *Econometrica*, 55(4), 765-799.
- Naeher, L.; K. Smith; B. Leaderer; L. Neufeld and D. Mage (2001) "*Carbon monoxide as a tracer for assessing exposures to particulate matter in wood and gas cookstove households of highland Guatemala*". *Environmental Science and Technology* 35(3): 575-581.
- Ouedraogo, B., 2006. *Household energy preferences for cooking in urban Ouagadougou, Burkina Faso*. *Energy Policy* (34)3787-3795.
- Parker, Susan (1999). "*Elderly Health and Salaries in the Mexican Labor Market*," Research Department Publications 3051, Inter-American Development Bank, Research Department.
- Pearl, J. (2000). *Causality: models, reasoning and inference* (Vol. 29). Cambridge: MIT press.
- Peña, Daniel, *Análisis de Datos Multivariantes*, Mc Graw-Hill, 2002.
- Pitt, M., M. Rosenzweig y Nazmul Hassan, 1990. "*Productivity, Health and Inequality in the Intrahousehold Distribution of Food in Low-Income Countries*". *The American Economic Review*, Vol. 80, No. 5, (Dec. 1990), pp. 1139-1156. (a)
- Pitt, M., M. Rosenzweig y Nazmul Hassan, 2006. "*Sharing the Burden of Disease: Gender, the Household Division of Labor and the Health Effects of Indoor Air Pollution in Bangladesh and India*". Mimeo.
- Pitt, Mark M. y Mark R. Rosenzweig, 1990. "*Estimating the Intrahousehold Incidence of Illness: Child Health and Gender-Inequality in the Allocation Time*". *International Economic Review*, Vol. 31, No. 4, (Nov. 1990), pp. 969-989. (b)

- Pokhrel, A., K. Smith, A. Khalakdina, A. Deuja, and M. Bates, 2005. "Case-control study of indoor cooking smoke exposure and cataract in Nepal and India". *International Journal of Epidemiology*, 34:702-708.
- Pundo, M. and G. Fraser (2003). *Multinomial Logit Analysis of Household Cooking Fuel in Rural Kenya: A Case of Kisumu District*. 41st Annual Conference of the Agricultural Economics Association of South Africa, CSIR conference center, Pretoria, 2 October 2003.
- Ramírez, Eduardo y William Foster (2003). *Análisis de la oferta de mano de obra familiar en la agricultura campesina de Chile*. Cuadernos de Economía, Año 40, No. 119, pp. 89-110.
- Rivera, Fabiola y Arturo Contreras (2014). *Cambios en las características sociodemográficas y económicas de los hogares rurales de México: 2002-2007*. En En "Yúnez Naude, A., F. Rivera Ramírez, A. Chávez Alvarado, J. Mora Rivera y J. Edward Taylor "La economía del campo mexicano: tendencias y retos para su desarrollo", El Colegio de México, en prensa.
- Rubalcava, L. and G. Teruel (2006). "User's Guide for the Mexican Family Life Survey First Wave"
- Sadoulet, Elisabeth and A. de Janvry (1995). *Quantitative Development Policy Analysis*. The Johns Hopkins University Press.
- Sadoulet, Elisabeth; A. de Janvry and C. Benjamin (1998). *Household Behavior with Imperfect Labor Markets*. *Industrial Relations*, Vol. 37, No. 1, pp. 85-108.
- Salgado, Cecilia (2014). "Estrategias familiares de vida en un contexto de pobreza rural: el caso de una familia inmigrante". Tesis para optar el grado de Doctor en Sociología, El Colegio de México. Tesis en elaboración.
- Schultz, P. and A. Tansel (1997). *Wage and labor supply effects of illness in Côte d'Ivoire and Ghana: instrumental variable estimates for days disabled*. *Journal of Development Economics*, Vol. 53 (1997) 251-286.
- Shapiro, Carl and Joseph Stiglitz (1984). *Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline Device*. *The American Economic Review*, Vol. 74, No. 3, pp. 433-444.
- Shively G. and Monica Fisher (2004). "Smallholder Labor and Deforestation: A systems Approach". *American Journal Agriculture Economics*, No. 5, pp. 1361-1366.
- Skoufias, Emmanuel (1994). *Using Shadow Wages to Estimate Labor Supply of Agricultural Households*. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 76, No. 2, pp. 215-227.
- Smith, K., J. Rogers y S. Cowlin (2005) "Households fuels and ill-health in developing countries: What improvements can be brought by LP Gas?". World LP Gas Association.
- Solow, R. M. (1980). *Another possible source of wage stickiness*. *Journal of macroeconomics*, 1(1), 79-82.

- Sonoda, T. and Y. Maruyama (1999). *Effects of the Internal Wage on Output Supply: A Structural Estimation for Japanese Rice Farmers*. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 81, No. 1, pp. 131-143.
- Strauss, John (1986). *The Theory and Comparative Statics of Agricultural Household Models: A General Approach*. En Singh, Squire y Strauss (1986) *Agricultural Household Models*. World Bank and Johns Hopkins University Press.
- Strauss, John and Duncan Thomas, (1998). *Health, Nutrition, and Economic Development*, Journal of Economic Literature, vol. 36(2), 766-817.
- Sundaram, Rangarajan (1996). *A First Course in Optimization Theory*. Cambridge University Press.
- Taylor, Edward and Irma Adelman (2003). *Agricultural Household Models: Genesis, Evolution and Extensions*. Review of Economics of the Household, No. 1, pp. 33-58.
- Taylor, J.E., A. Yúnez, M. Castelhanao y J. Kagin (2010). “*Drivers of Structural Change and Smallholder Efficiency in Mexican Agriculture*”, Informe final del proyecto sobre México, *Smallholders in Transition*, FAO, Nov. 2010.
- Train, Kenneth (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, second edition.
- Tsafack, R. and C. Zamo. (2010). *Fertility, Health and Female Labour Force Participation in Urban Cameroon*. International Business Research, Vol. 3, No. 2, pp. 136-156.
- Urzúa, C. M. (Ed.). (2012). *Microsimulation Models for Latin America*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Wilde, Joachim (2000). *Identification of multiple equation probit models with endogenous dummy regressors*. Economic Letters, Volume 69, Issue 3, December 2000, Pages 309–312.
- William R., Shadish, Cook, T. D., y Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Wadsworth Cengage learning.
- Wooldridge, Jeffrey (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press
- World Health Organization (2002) *The World health report 2002: Reducing risks, promoting healthy life*.
- World Health Organization (2006). “Fuel for life”.
- Yellen, J. L. (1984). *Efficiency wage models of unemployment*. The American Economic Review, 200-205.
- Yúnez *et al* 2005. *Evaluación del Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas*, Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL-México).

Yúnez-Naude, Antonio and J. Edward Taylor (2001) *The Determinants of Nonfarm Activities and Incomes of Rural Household in Mexico, with emphasis on Education*. World Development Vol. 29, No. 3, pp. 561-572.

Yúnez, Antonio (2010). "*Las políticas públicas dirigidas al sector rural: el carácter de las reformas para el cambio estructural*", en A. Yúnez (compilador) *Economía Rural*, El Colegio de México, 2010, pp. 23-62.

Yúnez Naude A., A. Cisneros y P. Meza (2014). "La agricultura familiar en México", en Scheneider, S. (coordinador), *La agricultura Familiar en América Latina*, FAO/FIDA, 2013 (en prensa).

Zhang, X.; X. Zhao and A. Harris A (2009). *Chronic diseases and labour force participation in Australia*, Journal of Health Economics 28(1), 91-108.