

EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS ECONOMICOS

**“La Eficiencia Productiva de los Hogares Rurales Mexicanos
en la Producción de Maíz, 2002”**

Tesina que presenta

Miriam Juárez Torres

Para obtener el grado de Maestra en Economía

Tutores

Antonio Yunez-Naude

Fernando Barceinas Paredes

2005

Agradezco a CONACYT por el apoyo económico que me otorgó durante la realización de este trabajo, como parte del proyecto de investigación "Investigaciones sobre el desarrollo rural de México y un modelo de formación de recursos humanos y desarrollo institucional"

A mi Alma Matter, la UNAM, por forjarme como ser humano y al Colegio de México, por enseñarme el significado de la disciplina y la constancia

Al Dr. Antonio Yunez-Naude por creer en mí, por su apoyo y su valiosa amistad

Al Dr. Fernando Barceinas Paredes por su apoyo

Al Dr. José María Caballero, por la confianza que depositó en mí

A todos mis colegas del PRECESAM, pero en especial a Ángeles Chávez, Marlen Martínez, Pilar Lugo, Hazael Cerón y Jorge Mora

A mi compañero, Jesús Antonio López Cabrera por todo su apoyo, paciencia, amor y su fe en mí

A mi querida familia, mis padres Guadalupe y Raúl y a mis hermanas Alejandra y Silvia, por su apoyo

A mis amigos de la infancia, compañeros de la escuela y a toda la gente que creyendo en mí depositaron su confianza

Pero sobretodo, a DIOS por todo el gozo y bendiciones que he recibido

Resumen

La producción de maíz en México posee características muy particulares derivadas de su arraigado origen cultural y económico. En el país siguen coexistiendo formas de producción muy heterogéneas entre la Producción comercial a gran escala con moderna tecnología y las formas rudimentarias de producción en pequeños volúmenes con tecnología rudimentaria y destinada al autoconsumo. Las numerosas reformas en materia económica, de política comercial y agropecuaria de dos décadas atrás y la caída del precio del maíz derivada de éstas, no se tradujeron en un cambio significativo en la producción de este cultivo a nivel nacional. Por el contrario, desde finales de los ochenta, el incremento en la producción de este cultivo ha sido sostenido.

Esta investigación documenta la lógica productiva del maíz y los factores que afectan su producción. A partir de los datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM), se empleó un enfoque econométrico denominado función de frontera estocástica que admite que no todos los productores se sitúan en la frontera, es decir, producen con algún grado de ineficiencia. Este método calcula la eficiencia individual de cada productor basada en su distancia a la frontera de producción estimada, donde además del término de error aleatorio de modelo de regresión típico, se deriva una variable aleatoria no observable asociada con la ineficiencia técnica de la producción para cada productor individual. Una vez estimado este indicador se estudian sus factores determinantes en tres grupos de variables. Primero, las características propias de la producción; segundo, las particularidades de los hogares productores y, tercero, los rasgos de la comunidad rural de los productores.

Este estudio profundiza en el análisis mediante la distinción de los hogares que producen maíz para la comercialización y aquellos que lo destinan al consumo familiar. Las condiciones de producción entre un grupo y otro difieren sustancialmente, enriqueciendo con este tratamiento los resultados.

La eficiencia productiva de los hogares rurales mexicanos en la producción de maíz, 2002

Resumen	2
Introducción	4
Capítulo I	
Condiciones de la producción agrícola en México	5
Capítulo II	
El método econométrico	12
Capítulo III	
Características de los productores y condiciones de producción del maíz en las comunidades rurales de México	16
Estimaciones y resultados	
Análisis de la producción de maíz de los hogares rurales	
Análisis para la producción de maíz orientada hacia el mercado	
Análisis de la producción de maíz para autoconsumo	
Conclusiones y consideraciones finales	32
Anexos	
Anexo estadístico A.....	34
Anexo metodológico B	
Apartado I	39
Metodología para la estandarización del valor de las tierras agrícolas de la ENHRUM	
Apartado II	
Modelo de autoselección para producción comercial y de autoconsumo de maíz.....	41
Bibliografía	45

Introducción

La producción del maíz en México tiene orígenes culturales y económicos profundos y representa un componente importante en la dieta de la población mexicana. No obstante, pronósticos como el de Levy y Wijnbergen (1992), a raíz de las reformas en materia de política agropecuaria de la década pasada y la consecuente caída en el precio del maíz, señalaron que la producción nacional del grano caería. Pese a ello, las tendencias en la oferta nacional del grano desde los ochenta mostraron un aumento sostenido del cultivo.

En la explicación de estos fenómenos, un aspecto fundamental es entender el funcionamiento del sector maicero mexicano. De ahí se deriva la importancia del análisis del patrón de producción del maíz de los hogares rurales y los factores que determinan su ineficiencia productiva. Estos son los objetivos de la presente investigación.

El estudio usa datos de la Encuesta Nacional a Hogares Rurales de México (ENHRUM)¹ y se basa en un enfoque econométrico que asocia la proximidad a la frontera de producción estimada con el grado de eficiencia con el cual los productores logran su objetivo de producción. Por ende, esta metodología admite que no todos los productores producen sobre la frontera y algunos son relativamente más eficientes que otros. De este modo, se calcula la eficiencia productiva a través de la estimación de las fronteras estocásticas de producción que involucran, además del término de error aleatorio de modelo de regresión típico, una variable aleatoria no observable asociada con la ineficiencia técnica de la producción para cada productor individual. Una vez estimada la eficiencia relativa con la que se produce el maíz en México, se estudian los factores que podrían determinarla (por ejemplo, las características sociodemográficas de los hogares productores del grano y la infraestructura y los servicios a los que tienen acceso las comunidades en donde residen). Debido a que las condiciones de producción del maíz y el destino del cultivo difieren sustancialmente entre hogares, se realizaron estimaciones independientes para hogares que producen maíz para la comercialización y aquellos que lo destinan al consumo familiar.

La presente investigación está dividida en tres capítulos y las conclusiones. El primer capítulo se presentan algunos antecedentes de estudios sobre la producción del maíz. En el segundo capítulo se describe la metodología econométrica sobre modelos de frontera estocástica de producción empleado en el análisis. En el tercer capítulo se presenta un examen de las estadísticas descriptivas de producción de maíz y los rasgos de los hogares que lo producen, además del análisis de los resultados de las estimaciones de frontera estocástica y el análisis de eficiencia para el total de productores, el sector comercial y el sector de autoconsumo. Con lo anterior se capturan las particularidades de cada conjunto y los factores que determinan tal ineficiencia. Finalmente se presentan las conclusiones y una serie de consideraciones finales.

¹ La encuesta se realizó en el Programa de Estudios del Cambio Económico y la Sustentabilidad del Agro Mexicano (PRECESAM) (<http://www.precesam.colmex.mx>), cuya unidad de análisis es el hogar y contiene información económica y sociodemográfica con representatividad nacional y de las cinco regiones rurales en las que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) divide al país.

Capítulo I

Condiciones de la producción agrícola en México

La estructura productiva agrícola del país posee gran variedad, así como también en sus formas y condiciones de producción.² Durante la década de los cuarenta y hasta los cincuenta, el sector agrícola desempeñó un papel fundamental en el crecimiento económico de México. Entre 1946 y 1958 el producto agropecuario aumentó a una tasa promedio anual de 7.7%. A partir de 1959, el sector sufrió una contracción y creció a un ritmo promedio de 3.2% anual entre 1963 y 1971. La reasignación de recursos públicos a actividades prioritarias del nuevo sector industrial disminuyó la inversión federal y mermó paulatinamente la capacidad productiva del campo (Cárdenas, 1994).

Paralelamente, el Estado controlaba el sector agrícola a través de mecanismos directos como las políticas de precios y el financiamiento, e indirectos como el control del mercado de los insumos³ y el control del uso del agua. Entre los principales mecanismos de intervención directa, la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), desde su creación en 1965 y hasta el principio de su proceso de desmantelamiento en 1988, fijó los precios al productor de los llamados cultivos básicos (maíz, frijol, trigo, cebada, sorgo, arroz, soya y otras oleaginosas, girasol; y a partir de 1971 en cártamo, algodón, sésamo y copra).

La intervención del Estado mexicano a través de CONASUPO incluyó diferentes etapas de la cadena productiva, desde la compra directa a los productores, los precios de garantía,⁴ el control de las importaciones a partir de permisos, transferencias del gobierno para cubrir pérdidas, hasta la elaboración de productos procesados como las pastas de trigo y los subsidios al consumo. El sistema consistió en apoyar a los productores con precios más altos que el mercado internacional (situación frecuente a principios de los noventa) al tiempo que mantenía los precios al consumidor por debajo de los precios al productor y ofrecía un mercado para productores de distintas regiones con costos de producción diferentes. No obstante, durante los ochenta debido a los desajustes de los movimientos cambiarios, las condiciones macro y las políticas contra la inflación, los precios de garantía llegaron a ser más bajos que los precios internacionales. Por otro lado, la caída de precios en el sector y la eliminación paulatina de los incentivos a la inversión, en irrigación principalmente, redujeron drásticamente los rendimientos haciendo necesaria la importación de granos (Cárdenas, 1994).

Otros factores que contribuyeron al deterioro de la actividad fueron el desarrollo precario del mercado de créditos y las estructuras de incentivos a la producción. Por un lado, el gobierno era el único agente que otorgaba créditos a los productores agrícolas a través de cinco instituciones: el Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL), el Fideicomiso Instituido en Relación a la Agricultura (FIRA), Banco Mexicano de Comercio Exterior (BANCOMEXT), Compañía Financiera

² El ejido, como unidad social de producción, ha desempeñado un papel de suma importancia en la producción agrícola.

³ Por ejemplo, el Estado poseía Fertilizantes Mexicanos (Fertimex) y financiaba el Programa Nacional de Semilla (Pronase).

⁴ El gabinete agropecuario decidía los productos que tendrían precios de garantía, que eran los precios que pagaría CONASUPO al momento de la cosecha y que podrían ser ajustados por el gobierno de manera discrecional. Éstos se aplicaban a nivel nacional y cubrían el promedio ponderado de los costos de producción de una muestra representativa de zonas y tecnologías.

Nacional Azucarera (FINA) y Nacional Financiera (NAFIN). En 1980 el 38% de los créditos fueron otorgados por BANRURAL, 35% por la Financiera Nacional Azucarera S.N.C. (FINA), 24% por FIRA, y BANCOMEXT 3%. Por el otro, la estructura de incentivos se enfocaba en incentivar la producción de cultivos poco redituables pero necesarios bajo el criterio del Sistema Alimentario Mexicano (SAM), instrumentado a principios de la década de los ochenta y cuyo objetivo fue el logro de la autosuficiencia alimentaria (en especial la producción de maíz y trigo) (OCDE, 1997).

A partir de 1989, el crédito de la banca de desarrollo para la producción agrícola se estancó, en particular Banrural,⁵ quien atendía a productores de maíz y agricultura de temporal. Ante la apertura comercial, la principal fuente de crédito agrícola pasó de los bancos de desarrollo a los bancos comerciales sin que los campesinos ejidatarios pudieran acceder al crédito por la falta de colateral. Lo anterior redujo su capacidad de respuesta al mercado, que exigía una conversión productiva de cultivos de baja rentabilidad a otros de mayor valor agregado.

A raíz de la crisis de 1982 el gobierno inició el camino hacia las reformas económicas y la liberalización comercial. La apertura comercial inició formalmente en 1986 con la incorporación de México al Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT). Al mismo tiempo emprendió un ajuste económico mediante una combinación de medidas generales y sectoriales que facilitarían el proceso de liberalización interna y comercial que se concretó a finales de 1993, con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

En materia agrícola, el gobierno adoptó políticas que habrían de afectar las tendencias de la producción y el mercado nacional de los cultivos. A partir de 1988, el Gabinete Agropecuario fijó los precios al maíz y el frijol que debían ser ratificados por el Pacto de Solidaridad Económica (Pacto).⁶ Hacia finales de los años 80 y principios de los años 90 se eliminaron los precios de garantía del trigo, cebada, sorgo, arroz, soya, y otras oleaginosas; se abolieron las licencias a la importación de productos agropecuarios; hubo un desplazamiento de las políticas de apoyos a políticas de precios y de medidas comerciales hacia pagos directos de los productores, al tiempo que se modificaron los derechos del agua, lo cual creó un mercado de compra-venta del líquido (véase a Yúnez, 2003).

Asimismo, en febrero de 1992, el Congreso aprobó una modificación al Artículo 27 constitucional que marcó el fin del reparto agrario y de los controles al uso y propiedad de la tierra ejidal. Esta reforma estableció los derechos de propiedad plena para los poseedores de los derechos de usufructo bajo el sistema ejidal y permitió cualquier forma de empresas comerciales rurales.⁷ De manera complementaria, en 1993 se instrumentó un programa de regularización de la tierra con el Programa Nacional de Certificación de Derechos Ejidales y Solares Urbanos (PROCEDE) (Banco Mundial, 2001).

En materia comercial agrícola, México suscribió el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en términos diferentes para Canadá y para los Estados Unidos. En estos acuerdos, el maíz

⁵ Banrural era la única institución que otorgaba crédito a los productores que no contaban con colateral.

⁶ El Pacto consistió en un acuerdo entre el gobierno y los principales representantes de los sectores privado y social para la implementación de políticas de reducción a la inflación.

⁷ Con la reforma, los ejidatarios pueden convertirse en propietarios de sus parcelas o permanecer en el sistema ejidal; pueden comprar tierra ejidal, rentar sus parcelas, contratar mano de obra para trabajar su tierra o asociarse con otros productores o terceras personas y celebrar contratos o acuerdos con socios nacionales o extranjeros. La propiedad privada se limitó legalmente a un tamaño máximo de 100 hectáreas de tierra de riego o el equivalente de tierra de temporal.

quedó sujeto a una liberalización gradual que terminaría en 2008. En principio se introdujo un novedoso mecanismo de cuota-arancel que consistió en un arancel libre de cuota y un arancel fijo por encima de la cuota de importación. La cuota inicial se basó en los volúmenes de maíz comerciados entre Canadá y EUA entre 1989 y 1991. En 1994 la cuota se estableció en 2.5 millones de toneladas métricas para EUA y 1,000 toneladas métricas para Canadá. El arancel por encima de la cuota se estableció en 215% (equivalente a 206.4 dólares por tonelada métrica). Cada año la cuota se incrementaría y los aranceles se reducirían hasta eliminarse en 2008. Hasta 1999 la cuota de maíz fue asignada a CONASUPO para abastecimiento y el remanente para ganaderos y procesadores del grano. A partir de la abolición de CONASUPO, el gobierno mexicano asignó la cuota al sector privado. Cabe agregar que el gobierno de México no ha cobrado aranceles por arriba de la cuota cuando ésta ha excedido lo acordado con los EUA en el TLCAN (Yúnez y Barceñas, 2004).

Al mismo tiempo del proceso de liberalización comercial agrícola operó una reducción de la actividad de CONASUPO desde principios de los noventa, lo que originó la sustitución del precio de garantía del grano por el precio de concertación,⁸ vinculado al precio internacional (Yúnez, 2003). Estos cambios en la configuración comercializadora del sector agrícola, aunados a las sucesivas crisis económicas, reforzaron la tendencia de los hogares rurales a la producción para el autoconsumo y también hacia la diversificación de sus actividades económicas, principalmente la emigración a las zonas urbanas y a los Estados Unidos. En estas circunstancias, las condiciones productivas del sector empeoraron y la agricultura continuó con su proceso de estancamiento. No obstante, hasta la segunda mitad de los noventa, los productores comerciales del maíz siguieron beneficiándose del precio de garantía, lo cual muy probablemente aumentó la rentabilidad y relativamente disminuyó el riesgo de este cultivo. Entre 1990 y 1994, la producción del maíz aumentó a una tasa media anual de 7% (Warman, 2001).

En este contexto, el gobierno instrumentó programas cuyos objetivos fueron: apoyar la comercialización de cultivos básicos de las regiones con excedentes a los centros de demanda y apoyar el ingreso de los agricultores afectados por la eliminación de CONASUPO y por la apertura comercial. También se creó un programa de apoyo a la reconversión productiva del campo mexicano: de una agricultura de baja productividad a una de elevada productividad con base en el crecimiento de la competitividad.

El primero de estos programas fue el de Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) que se estableció en 1991, después de la supresión de los permisos de importación y la liberalización comercial del sorgo, la soya y otras oleaginosas con el objetivo de desarrollar y modernizar los canales de comercialización agrícola. A finales de 1993 se instrumentó el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) con la finalidad de transitar de un esquema de apoyo en los precios de los cultivos hacia otro de apoyo al ingreso agrícola. En un principio, este programa intentó alinear progresivamente los precios de garantía de maíz y frijol a los precios internacionales y otorgar ayuda a los productores a través de pagos por hectárea como una compensación de las pérdidas estimadas del ingreso. Alianza para el Campo es otro programa que inició en 1996 e incluyó una serie de medidas cuyo objetivo es la transferencia tecnológica y la promoción de la inversión en infraestructura y la competitividad de los productores comerciales. Posteriormente para los pequeños

⁸ El gobierno fijó precios de concertación en acuerdo con los productores y los compradores, como un mecanismo para superar los problemas de comercialización que surgieron como resultado de la eliminación de los precios de garantía y de los centros de acopio y bodegas de CONASUPO, que evidenció el escaso grado de desarrollo de las redes privadas de distribución

productores sin recursos de tierra de temporal se impulsó el programa “Crédito a la palabra” que incluyó un esquema de financiamiento compensatorio de pérdidas ocasionadas por cambios en precios, con tasas de interés bajas y sin colateral (véase cuadro Anexo Estadístico A, cuadro A.1). Sin embargo, a la fecha no hay evidencia de que estos programas estén impulsando un incremento en la inversión de los pequeños propietarios para la reorientación de este sector (Banco Mundial, 2001).

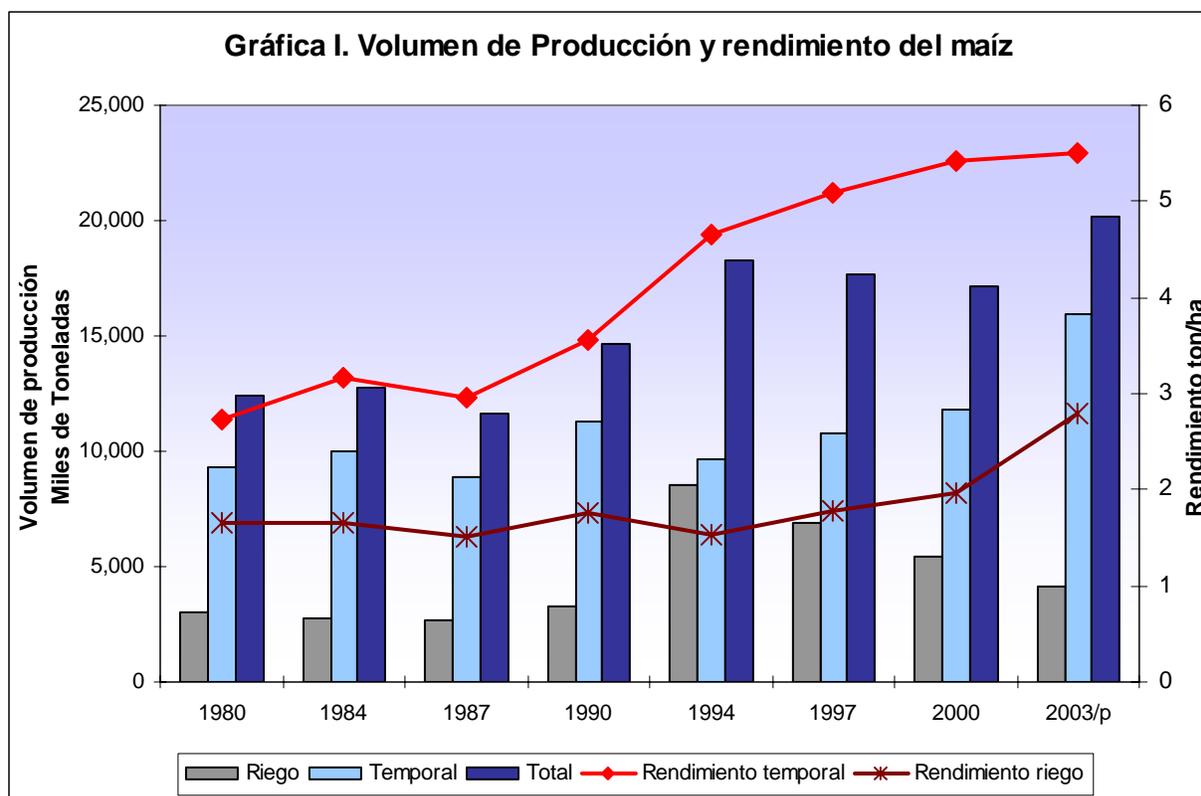
Pese los profundos procesos de liberalización, en México subsiste la heterogeneidad productiva agropecuaria de la permanencia de explotaciones tradicionales en contraste con las comerciales. En general y en términos de unidades productivas, la primera es la forma de producción más dominante en el país que cuenta con recursos limitados; la tecnología que utiliza es muy simple y su productividad es baja. Además, la mayor parte de la producción de maíz que cultiva el componente tradicional de la agricultura mexicana se destina al autoconsumo. A diferencia, las explotaciones comerciales en general situadas en el norte del país tienden a ser intensivas en capital, con fuerte inversión tecnológica que se refleja en sus sistemas de riego y en sus insumos como maquinaria, semillas y fertilizantes (OCDE, 1997).

Estudios sobre la producción de maíz en México

El maíz es un cultivo de suma importancia para nuestro país. Desde los ochenta, el rendimiento promedio del maíz ha mostrado una tendencia a la alza; aunque también muestra fuertes variaciones regionales que dependen del clima, del uso de insumos agrícolas y de la calidad del suelo. En 2003 el grano representó el 74.9% de la superficie nacional cultivada de un total de 13.7 millones de hectáreas. Los rendimientos promedio fueron muy heterogéneos, pues alcanzaron las 8.66 toneladas por hectárea en las zonas de riego del estado de Sinaloa, mientras que los agricultores en las tierras de temporal de otros estados fluctuaron en 2.07 toneladas por hectárea durante el mismo año.⁹

Alrededor del 95% del maíz producido en México es blanco y alrededor del 42% de los agricultores no comercializan su cosecha. El maíz amarillo es importado y utilizado en la producción de almidón y como alimento del ganado.

⁹ Información de la Secretaría de Agricultura, ganadería y Pesca, http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.htm



Fuente: SAGAR (2004), *Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera* y Presidencia de la República (2004), *4º informe de Gobierno, VFQ*.

Como lo muestra la gráfica I, con base en información de la Secretaría de Agricultura (SAGAR) la producción de maíz en nuestro país se mantuvo e incluso aumentó. El rendimiento por hectárea en la producción de temporal aumentó pese a los cambios de las políticas agrícolas gubernamentales de finales de los ochenta.

En seguida se comentan algunos estudios relacionados con la problemática de la presente investigación. Levy y Wijnbergen (1992), poco antes de la firma del Tratado, publicaron un estudio sobre las perspectivas de la agricultura en México ante el Tratado de Libre Comercio. Bajo su análisis, el esquema de liberalización del maíz en México reduciría la heterogeneidad productiva. Sin embargo, su estructura creaba problemas de incentivos. En el corto plazo, un programa de transferencias a los productores de maíz proporcionaría los incentivos necesarios para que los campesinos menos productivos (más vulnerables) buscaran actividades más rentables. En el mediano plazo sólo quedarían en el mercado los productores más eficientes, aumentando la rentabilidad del sector y la producción.¹⁰ Pero por otro lado, la liberalización del maíz tendría un impacto sustancial en los mercados de trabajo rurales y, por ende, en la migración sobre todo para los agricultores de subsistencia porque traería aparejada la reducción del valor de su tierra.

Levy y Wijnbergen (1992) concluyen que la liberalización traería ganancias en eficiencia, además de efectos distributivos de un mejor y mayor acceso a los mercados estadounidenses de frutas y

¹⁰ Un programa de transferencia de ingreso de esta naturaleza incrementaría la productividad, a través de inversiones y mejoras en la tierra.

verduras. Las ganancias agregadas en eficiencia harían que los sectores ganadores compensaran a los perdedores. De esta manera, el sector ganador de las frutas y verduras (en su mayoría de tierras de riego) intensivo en trabajo incrementaría la demanda por trabajo rural y el salario agrícola, con lo que se reduciría la migración. Las mejoras reflejadas en precios más altos para el sector ganador sobrepasarían las pérdidas de los productores de tierras de temporal que evidenciarían menores beneficios y salarios mayores que debían pagar.

Otros autores como Dyer y Yunez (2003) pronosticaron que la producción interna de maíz en áreas de temporal no se desplomaría, tal como ocurrió. En general, solo las áreas irrigadas experimentaron una disminución en su producción asociado con el aumento de las importaciones. La hipótesis de los autores señala que las condiciones heterogéneas en el cultivo del maíz y sus variados usos han evitado que la producción interna caiga, lo cual se debe a dos factores: la mayor productividad de las áreas de riego y el aumento en la superficie de temporal cultivada. La hipótesis que Dyer y Yunez (2003) sugiere que es el sector productor de maíz en tierras de temporal se ha reestructurado a partir de los cambios en los precios. Los productores de subsistencia, en contraste con los productores comerciales, continuaron sembrando maíz pese a su caída en el precio.¹¹

Por su parte, de Janvry (1995) señaló que los agricultores mexicanos no han dejado de cultivar maíz, porque para los agricultores de subsistencia es más rentable sembrar su propio maíz que comprarlo en el mercado.

En otra investigación, a partir de un enfoque microeconómico de equilibrio general y de un estudio de caso en la Sierra Norte de Puebla, Dyer y Taylor (2003) señalan que los campesinos reaccionan de manera heterogénea ante los cambios en precios. Dentro de una comunidad rural, el resultado neto de una reducción en el precio del maíz podría ser que la superficie sembrada no disminuya e incluso aumente. En el plano microeconómico y ante cambios exógenos provocados por la liberalización, hay diversidad en las decisiones de producción entre los hogares. La estabilidad en la producción del maíz no es la respuesta de los campesinos ante *shocks* exógenos, sino la consecuencia de un largo camino de elecciones y deseos de los agricultores. “La dinámica de las familias rurales es diferente, no compran ni venden en mercados anónimos. Sus relaciones laborales y comerciales tienen una gran diversidad, la mayoría compra y vende en el mercado, pero algunos ejercen su poder sobre los mercados, contratando, rentado tierra y trabajo y vendiendo su producto”.¹²

Dyer y Taylor (2003), generalizan el estudio de equilibrio general en la Sierra Norte de Puebla y concluyen que la liberalización del sector del maíz provocó una caída del ingreso en la agricultura comercial de la región. La reforma en los derechos de propiedad de la tierra no promovió la esperada consolidación de la producción a gran escala. En vez de eso, la agricultura comercial de la región se transformó en un gran sector de subsistencia y dañó el comercio local, exactamente lo opuesto a los pronósticos de Levy y Wijnbergen, la heterogeneidad aumentó. Lo anterior significa que el sector agrícola de tierras de temporal ante la liberalización intensificó la producción para el autoconsumo, como lo corrobora la tendencia que muestra la gráfica I. Los productores que inicialmente producían para la comercialización, ante factores como la baja de los precios del maíz y el aumento de las importaciones, decidieron rentar sus tierras a campesinos de subsistencia que producen para

¹¹ La persistencia de la producción de maíz en tierras de temporal sugiere que el precio de mercado para el maíz no refleja completamente el valor de la actividad para los agricultores. La diferencia entre el precio de mercado y su valor para el productor (precio sombra) debe atribuirse a otros factores: la producción del grano representa un seguro de empleo para los miembros de la familia, además de otras cuestiones de índole cultural.

¹² Dyer, George y J. E. Taylor (2003), Página 19 (traducción de la autora).

consumo de sus familias, de tal suerte que surgió un proceso de recampanización. (ver datos adicionales en Anexo Estadístico A, cuadro A.2) (Dyer y Taylor, 2003).

Por su parte, Zahniser y Coyle (2004) realizan una evaluación de la evolución del comercio del maíz entre México y EUA. Encuentran que en México la producción del maíz blanco para consumo humano domina, mientras que las exportaciones de maíz amarillo de EUA a México han sido principalmente para la alimentación de animales, la producción de fructuosa y la manufactura de etanol. Realizan un análisis comparativo de los apoyos gubernamentales a la producción de ambos países y señalan que en EUA el tamaño promedio de la superficie cultivada es de 270 hectáreas, mientras que en México el promedio es de 10 hectáreas. Ambos gobiernos otorgan pagos directos: en México por superficie sembrada y en EUA por tonelada producida (íntimamente relacionado con la superficie cultivada). Estos autores argumentan que el gobierno mexicano subsidia al campesino con 37% del valor de la producción y el gobierno americano “sólo” con 26%, lo cual consideran desventajoso para EUA. Sin embargo, no mencionan cifras absolutas para tener un fondo de comparación más claro, dadas las diferencias entre las economías de escala de la producción en ambos países. Finalmente, sugieren que el maíz amarillo dentado es apropiado para la alimentación animal con un alto contenido en almidón, apuntando a que no existe un grado importante de sustituibilidad entre las diferentes variedades que México produce y el amarillo dentado en que se especializan los productores de EUA.¹³ Por tanto, la perspectiva de los productores estadounidenses es seguir aumentando sus exportaciones de maíz amarillo para apoyar al creciente sector ganadero de México, mientras que la perspectiva para la exportación de maíz blanco es incierta dado el apoyo del gobierno mexicano para este cultivo.

En este contexto es claro que analizar las condiciones de la producción de maíz en México es de prioritaria importancia, por ello la presente investigación aborda este problema a través de un análisis de eficiencia.

¹³ Los programas de apoyo de Estados Unidos a las exportaciones de maíz se concentran en el *Export Credit Guarantee Program* en vigor desde 1979. Para 1990 alrededor del 42% de las exportaciones agrícolas de EUA a México se beneficiaron de este sistema de subsidios. El total anual de crédito garantizado a los productores estadounidenses de maíz aumentó de 38 millones en 1982 a 1.1 miles de millones de dólares en 1989. Cámara de Diputados, LVII Legislatura, *¿Cuánta liberalización aguanta la Agricultura?*

Capítulo II

El método econométrico

La noción de eficiencia económica o técnica se refiere a la habilidad para evitar el desperdicio de recursos productivos y minimizar el nivel de insumos utilizados en el proceso de producción de un vector de producto dado. O bien, la pericia del productor para situarse en su frontera de producción caracterizada por el mínimo volumen de insumos necesarios para producir varios productos. También el máximo producto que se puede producir con varios volúmenes de insumos y una tecnología dada. Los productores que operan sobre su frontera de producción se llaman “tecnológicamente eficientes” y aquellos operando por debajo son “tecnológicamente ineficientes”.¹⁴

Originalmente las estimaciones de funciones de producción de costos y de beneficios partían del supuesto de que los productores operaban en la frontera independientemente de la perturbación estocástica.¹⁵ Sin embargo, no todos los productores son técnicamente eficientes, incluso si son técnicamente eficientes, desde el punto de vista de la minimización de costos y dados los precios de los insumos, puede ser que no todos asignen eficientemente los insumos. Por ende, como lo sugirió Farrell (1957) es posible analizar la eficiencia técnica en términos de las desviaciones respecto a una frontera de producción que implica la tasa de producción óptima.

De los supuestos de la estimación de funciones de producción, el término de error se distribuye simétricamente con media cero, lo cual implica resultados poco acertados cuando se trata del análisis de la conducta del productor. Bajo este supuesto dos cosas podrían ser igualmente posibles: uno, que el productor termine por debajo de su frontera de producción, ingreso o beneficio estimado (o por encima de una frontera de costos estimada) debido a un entorno de operación desfavorable y dos, que el productor se sitúe *por encima* de su frontera de producción, ingreso o beneficio estimado (o por debajo de una frontera de costos estimada) debido a un inusual entorno favorable de operación o una falla en el proceso de maximización.

Aigner, Novell y Schmith (1977) señalaron que las funciones de producción de frontera son estocásticas debido a variaciones aleatorias en el entorno de operación y a otras desviaciones de la frontera. Dichas funciones se distribuyen asimétricamente debido a los diferentes tipos de ineficiencia. En consecuencia, los componentes de error también se distribuyen asimétricamente, y están diseñados para capturar los efectos de la ineficiencia. Estos términos de perturbación tienen dos partes: por un lado, un componente tradicional de ruido aleatorio simétricamente distribuido y, por otro, un nuevo elemento de ineficiencia con una distribución no negativa que se supone proviene de una distribución normal trunca. Este último componente de error no simétrico tiene una

¹⁴ Una frontera de costos dual caracteriza el mínimo gasto requerido para producir un nivel de producto, dados los precios de los insumos y dada la tecnología en el lugar. Los productores que operan en su frontera de costos son costo-eficientes. Similarmente, una frontera de ingreso dual es aquella que se deriva del máximo ingreso obtenible dado un volumen de insumos, los precios del bien producido y una tecnología. Los productores operando en la frontera de ingreso son ingreso-eficientes y los que operan por debajo son ingreso-ineficientes. Finalmente, la frontera de beneficio dual es aquella definida por el máximo beneficio obtenible de la actividad de producción, dados los precios de los insumos usados y una tecnología. Los productores que operan en su frontera de beneficio son beneficio-eficientes.

¹⁵ Los primeros trabajos al respecto fueron de Cobb y Douglas (1928), Arrow et al. (1971) y Nerlove (1963), entre otros.

media distinta de cero porque es sesgado positivamente en el caso de las fronteras de producción, ingreso y beneficio (negativo en el caso de las fronteras de costo).

Así, el enfoque econométrico utilizado en el presente trabajo se basa en la construcción de la frontera de producción y la medida de ineficiencia respecto a ésta, es decir, aísla los efectos de la perturbación aleatoria estándar de los correspondientes a la ineficiencia. Posteriormente, a partir de las estimaciones de la ineficiencia para cada productor se encuentran sus determinantes.

La frontera de producción estocástica se determina por su estructura tecnológica y por un componente de las desviaciones observadas de la función de producción, cuyo origen puede ser de dos tipos: 1) efectos específicos del productor que pueden ser de cualquier signo y; 2) la ineficiencia productiva.

El presente estudio se basa en la siguiente función de producción:

$$\ln Y_i = B_0 + \sum_{m=1}^n B_m \ln X_{mi} + e_i \quad (1)$$

$$\ln Y_i = B_0 + \sum_{m=1}^n B_m \ln X_{mi} + v_i - u_i \quad (2)$$

donde el vector de insumos X , $m=1, \dots, n$ pertenece a R^n ; el vector de producto Y pertenece a R^+ ; B es el vector de parámetros de tecnología a estimar; $i=1, \dots, I$ es el número de productores.¹⁶ En este modelo de error compuesto, v_i es el término de perturbación aleatorio simétrico, idéntico e independientemente distribuido (iid) como $N(0, \sigma_v^2)$ que captura los efectos de la perturbación estocástica, y u_i es el componente no negativo atribuible a la ineficiencia técnica, distribuido independientemente de v_i .

Dado que $u_i \geq 0$, $e_i = v_i - u_i$ es asimétrico. Bajo el supuesto de que v_i y u_i se distribuyen independientemente de X_i , la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) proporciona estimadores consistentes de B_n , a excepción del intercepto B_0 , debido a que $E(e_i) = -E(u_i) \leq 0$. Sin embargo, bajo los siguientes supuestos de la distribución de u_i y v_i , el Método de Máxima Verosimilitud es más eficaz.

- i) $v_i \sim iid N(0, \sigma_v^2)$
- ii) $u_i \sim iid N^+(0, \sigma_u^2)$ como una media normal no negativa (normal truncada)¹⁷
- iii) $v_i, u_i \sim$ independientemente una de otra y de los regresores X_n .

Dado que $e_i = v_i - u_i$, la función de densidad conjunta de u_i y e_i es

$$f(u, e) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \cdot \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad (3)$$

¹⁶ La formulación para el caso del problema de función dual de costos es:

$$\ln C_i = B_0 + B_q \ln q_i + \sum B_n \ln P_{ni} + v_i + u_i$$

¹⁷ $f(u) = \frac{2}{\sigma_u(2\pi)^{1/2}} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right) \quad u \geq 0$

y la función de densidad marginal de e_i resultante de integrar u_i sobre $f(u,e)$ es

$$f(e) = \int_0^{\infty} f(u,e) du = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left[\left\{ 1 - \Phi \left(\frac{e\lambda}{\sigma} \right) \right\} \exp \left\{ -\frac{e^2}{2\sigma^2} \right\} \right] = \frac{2}{\sigma} \phi \left(\frac{e}{\sigma} \right) \Phi \left(-\frac{e\lambda}{\sigma} \right) \quad (4)$$

Donde $\sigma = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2}$, $\lambda = (\sigma_u/\sigma_v)$, y $\Phi(\cdot)$ y $\phi(\cdot)$ son las funciones de distribución de una normal estándar y la función de densidad normal, respectivamente.

Utilizando la expresión (4), la función de máxima verosimilitud para una muestra de I productores es:

$$\ln L = cte - I \ln \sigma + \sum_i \ln \Phi \left(-\frac{e_i \lambda}{\sigma} \right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_i e_i^2 \quad (5)$$

La maximización de esta función proporciona estimadores consistentes de máxima verosimilitud de todos los parámetros cuando $I \rightarrow \infty$.

El siguiente paso consiste en obtener las estimaciones de eficiencia técnica para cada productor bajo la siguiente idea. Dado que $e_i = v_i - u_i$, entonces:

- a) si $e_i > 0$, u_i no es suficientemente grande (dado que $E(v_i) = 0$), lo cual implica que el productor es relativamente eficiente,
- b) en el caso contrario (cuando $e_i < 0$), el productor es relativamente ineficiente.

Para extraer la información de u_i a partir de e_i ; Jondrow, Novell, Materov y Schmidt (1982) especificaron una forma funcional de la ineficiencia a partir de la distribución condicional de u_i dado e_i . Así, si u_i se distribuye $N^+(0, \sigma_u^2)$ entonces

$$f(u | e) = \frac{f(u,e)}{f(e)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^*} \cdot \exp \left\{ -\frac{(u - \mu^*)^2}{2\sigma^{2*}} \right\} / \left[1 - \Phi \left(-\frac{\mu^*}{\sigma^*} \right) \right] \quad (6)$$

Donde $\mu^* = -e\sigma_u^2/\sigma^2$ y $\sigma^{2*} = \sigma_u^2\sigma_v^2/\sigma^2$. Dado que $f(u | e)$ se distribuye como $N^+(\mu, \sigma^{2*})$, la media y la moda sirven como un estimador puntual para estimar la ineficiencia técnica u_i de cada productor:

$$E(u_i | e_i) = \mu^*_i + \sigma^* \left[\frac{\phi(-\mu^*_i/\sigma^*)}{1 - \Phi(-\mu^*_i/\sigma^*)} \right] = \sigma^* \left[\frac{\phi(e_i \lambda / \sigma)}{1 - \Phi(e_i \lambda / \sigma)} - \left(\frac{e_i \lambda}{\sigma} \right) \right] \quad (7)$$

$$M(u_i | e_i) = \begin{cases} -e_i \left(\frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} \right) & \text{si } e_i \leq 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (8)$$

A partir de las estimaciones de la ineficiencia técnica u_i , se obtiene un estimador puntual para la eficiencia técnica (ET):

$ET = \exp\{-\hat{u}_i\}$ donde \hat{u}_i , es $M(u_i | e_i)$ o $E(u_i | e_i)$

Cabe mencionar que Battese y Coelli (1988) propusieron un estimador puntual alternativo para la eficiencia técnica:

$$ET = E(\exp\{-u_i\} | e_i) = \left[\frac{1 - \Phi(\sigma^* - \mu_i^* / \sigma^*)}{1 - \Phi(-\mu_i^* / \sigma^*)} \right] \cdot \exp\left\{ -\mu_i^* + \frac{1}{2}\sigma^{2*} \right\} \quad (9)$$

Debido a que los datos están en logaritmos, el término de error no simétrico u_i es una medida del porcentaje por el cual la observación particular no consigue situarse en la frontera, es decir, en la tasa de producción ideal.

Sin embargo, en estudios de corte transversal, como el presente, independientemente del tipo de estimador utilizado, las estimaciones de la eficiencia técnica son inconsistentes (su varianza no disminuye cuando aumenta el tamaño de la muestra) debido a que la variación asociada con la distribución de $(u_i | e_i)$ es independiente de i .

Si la heterocedasticidad aparece en ambos componentes del error (v y u) y las consecuencias sobre la inferencia de los parámetros de tecnología y de eficiencia técnica podrían diferir. Si la heterocedasticidad aparece en el componente de error simétrico v , podemos obtener estimadores insesgados de todos los parámetros que describen la estructura de la función de producción, excepto para el intercepto, porque $E(u)$ no es cero. No obstante, un supuesto incorrecto de homocedasticidad causaría un sesgo hacia la baja en $M(u_i | e_i)$ para los productores relativamente más pequeños y un sesgo hacia el alza en $M(u_i | e_i)$ para los productores más grandes. Es decir, que los estimadores de la eficiencia técnica son sesgados hacia arriba para los pequeños productores y sesgados hacia la baja para los productores grandes.

Si la heterocedasticidad en u varía directamente con el tamaño del productor y no se considera, este problema podría causar un sesgo hacia la alza en la estimación de $M(u_i | e_i)$ para los productores relativamente pequeños y un sesgo hacia la baja en $M(u_i | e_i)$ para los productores relativamente grandes.

El efecto de heterocedasticidad en u va en la dirección contraria de este efecto en v . Por lo tanto, i) si no se modela la heterocedasticidad en v esto no conduce a un sesgo en los estimadores de los parámetros que describen la estructura de la frontera de producción, pero sí a un sesgo en los estimadores de la eficiencia técnica; ii) ignorar la heterocedasticidad en u tiene consecuencias más serias porque causa un sesgo en los estimadores de los parámetros que describen la estructura de la frontera de producción y en los estimados de la eficiencia técnica; y iii) la heterocedasticidad no modelada en ambos términos de error (u y v) causa sesgos en direcciones opuestas, por lo que si ésta ocurre en ambos componentes del error, es posible que el sesgo total sea pequeño. Además, el modelar la heterocedasticidad crea el problema potencial en las que la estimación podría ser sensible a los argumentos y a las formas funcionales de las dos especificaciones de heterocedasticidad y en un modelo de corte transversal no hay forma de superar este problema (Kumbahakar, 2001).

Capítulo III

Características de los productores y condiciones de producción del maíz en las comunidades rurales de México

Las comunidades rurales en México tienen características especiales propias de un sector no incorporado completamente al mercado. En estas localidades los productores de maíz son hogares, que toman simultáneamente decisiones de consumo y producción. Asimismo, estos hogares asignan el trabajo y otros insumos (frecuentemente familiares) para la producción, al tiempo que distribuyen el ingreso de los beneficios agrícolas y de la venta de trabajo al consumo de bienes y servicios.

Esta investigación toma como base la información para el 2002 de los hogares rurales, captada por la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM). Ésta encuesta tiene representatividad nacional y regional con la distinción de cinco regiones. La región 1 es la Sur-sureste; la región 2 es el Centro; la 3 es el Centro-occidente; la 4 es el Noroeste; y la región 5 es la Noreste (véase gráfica II).¹⁸

Gráfica II

**ENCUESTA NACIONAL A HOGARES RURALES DE MÉXICO (ENHRUM), 2003
REGIONES Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE COMUNIDADES ENCUESTADAS**



Fuente: Elaborado en el Laboratorio de Análisis Espacial, Coordinación de Servicios de Cómputo, El Colegio de México con base en datos de la ENHRUM, 2003.

El estudio concentra 775 observaciones sobre la producción de maíz que realizaron 565 hogares provenientes de las cinco regiones.¹⁹ El número de observaciones es mayor que el número de

¹⁸ La región sur-sureste comprende los estados de Oaxaca, Veracruz y Yucatán; la región centro comprende el Estado de México y Puebla; la región centro-occidente incluye Guanajuato, Nayarit y Zacatecas; la región noreste contempla Baja California, Sonora y Sinaloa y la región Noroeste incluye Chihuahua, Durango y Tamaulipas.

¹⁹ Para efectos de no crear sesgos en la estimación se excluyeron las observaciones que reportaron pérdida total como resultado de fenómenos de naturaleza climática, fuera del control de los agricultores.

hogares porque algunos de estos últimos poseían más de una parcela o sembraron maíz en más de un ciclo.

Cuadro I. Estadísticas de la producción maicera de hogares rurales, México 2002

Variable	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Nacional
Media muestral						
Rendimiento por hectárea, toneladas	0.923	1.226	4.716	7.051	0.880	1.759
Superficie cultivada en hectáreas	1.457	0.897	2.556	6.425	5.692	1.773
Valor de la superficie por hectárea, pesos de 2002*	10,099.1	119,672.9	17,973.5	14,989.8	1,039.2	48,576.9
Mano de obra en jornales por región	67.0	40.0	42.2	69.9	27.1	52.0
Maquinaria, horas tractor usadas en ciclo productivo	4.0	8.2	30.9	62.6	49.6	13.3
Valor en pesos de insumos, incluye semilla, abono y plaguicida	367.6	969.8	902.0	3572.8	1730.4	806.9
Porcentaje de la muestra						
Parcelas de riego	11.45	14.29	15.25	85.00	7.69	14.71
Uso de Abono	66.87	68.42	44.07	90.00	69.23	64.65
Uso de plaguicida	52.41	42.86	31.36	75.00	33.33	45.55
Uso de semilla mejorada	6.93	7.14	19.49	80.00	20.51	11.48
Sembraron maíz amarillo	32.23	7.52	1.69	0.00	2.56	16.77
Sembraron maíz blanco	69.88	75.94	11.02	10.00	7.69	58.32
Sembraron más de una variedad	37.95	30.45	15.25	0.00	0.00	29.03
Producción comercial	32.23	22.56	28.81	85.00	20.51	29.16

Fuente: Enhrum, 2003.

Nota: La muestra consta de un total de 775 observaciones provenientes de 565 hogares productores diferentes de las cinco regiones.

Se excluyeron las observaciones que experimentaron pérdida total.

*/ valores captados por la encuesta para 2002 y estandarizados por el método que se explica en el Anexo I.

Como se puede observar en el cuadro I,²⁰ la zona Noroeste es la principal productora con un rendimiento por hectárea muy superior al resto de las regiones; no obstante que no posee la superficie de mayor valor por hectárea. En contraste, la productividad de la región sur-sureste y centro es, por mucho, la más baja y es también donde el autoconsumo es el principal destino de la producción. No obstante, estas regiones (en particular las entidades de Estado de México, Puebla y Veracruz) conservan la mayor diversidad genética del país.

Del cuadro I, se desprende que la región 4 (Noroeste) tiene el mayor rendimiento de maíz por hectárea (7.05 ton/ha frente a 0.88 ton/ha de la región 5); es también la zona que utiliza mayor cantidad de horas tractor en la producción (62.6 horas frente a 4 horas en la región 1), así como una mayor cantidad de insumos. Asimismo, esta región cuenta con una mayor cantidad de parcelas de riego y mayor orientación comercial.

²⁰ La variable de mano de obra en jornales por región significa el número de jornales de ocho horas durante todo el ciclo que comprende tres actividades (actividades antes de siembra; actividades entre siembra y cosecha y actividades de cosecha).

Cuadro II. Estadísticas de los hogares rurales productores de maíz, México 2002

Variable	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Nacional
Media muestral						
Número de integrantes de la familia	5	6	6	5	4	5
Edad del jefe del hogar	48.2	51.6	56.2	53.3	51.0	50.8
Años de escolaridad del jefe del hogar	3.7	3.5	3.6	6.3	4.9	3.7
Disponibilidad de mano de obra familiar*	0.69	0.74	0.75	0.77	0.73	0.72
Financiamiento de otras fuentes** (\$)	5,073.3	15,459.1	18,981.7	-785.2	18,331.2	11,271.6
Porcentaje de la muestra						
Sexo femenino del jefe del hogar	9.6	8.7	6.8	10.0	2.6	8.5
Lengua	73.2	27.8	1.7	10.0	10.3	41.9
Reciben remesas	29.2	43.2	61.0	10.0	18.0	37.8
Reciben ayuda de Procampo	41.3	48.1	50.0	50.0	82.1	49.4
Reciben ayuda de Progresá	64.5	53.8	49.2	0.0	5.1	53.8

Fuente: Enhrum, 2003.

Nota: La muestra consta de un total de 775 observaciones provenientes de 565 hogares productores diferentes de las cinco regiones.

Se excluyeron las observaciones que experimentaron pérdida total.

Nota: */ proporción de miembros en edad de trabajar (15-65 años) en el número total de integrantes de la familia

**/ es el financiamiento promedio anual neto de otras fuentes de financiamiento del hogar como ayuda de programas gubernamentales, remesas y préstamos netos (préstamos menos pagos de interés) y debido a este último factor podría ser negativo.

Las características sociodemográficas de estos hogares productores (cuadro II), denotan que el tamaño de las familias es mayor en la región Centro, Centro-occidente y Sur-sureste respecto a la región noreste. La edad promedio de los jefes de los hogares productores está por encima de los 48 años, aunque la región Centro ostenta el promedio mayor. Asimismo, la disponibilidad de la mano de obra familiar es mayor para la región 4 (Noroeste), la zona más comercial, esto puede deberse a la migración que reduce la disponibilidad de mano de obra en las otras zonas. Las situaciones de hogares donde el jefe de familia es una mujer son más frecuentes en la región 1, Sur-sureste al igual que los casos donde el jefe habla una lengua o dialecto indígena además del castellano.

La diversificación de las actividades económicas de los hogares rurales en México ha sido un factor crucial para hacer frente a las sucesivas crisis económicas y al rezago del sector. De los hogares que producen maíz, en promedio el 38% reciben remesas y en particular los ubicados en la zona Centro y Centro occidental. Asimismo, las transferencias del gobierno son una importante fuente de ingreso para estos hogares; Procampo se concentra en mayor medida en las zonas más productivas mientras Progresá en las regiones Sur-sureste, Centro y Centro-occidental.

Cuadro III. Estadísticas de Comunidades rurales donde residen los hogares productores, México 2002

Variable	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5	Nacional
Media muestral						
Índice de servicios*	43.9	28.7	38.0	32.7	53.3	38.0
Porcentaje de la muestra						
Existencia de organizaciones agrícolas	0.0	13.5	16.1	75.0	2.6	9.2
Realizaron inversión en infraestructura en los últimos 12 años	43.7	39.9	75.4	75.0	82.1	49.9
Cuentan con infraestructura para la comercialización	37.7	29.0	57.6	85.0	5.1	37.3

Fuente: ENRUM, 2003.

Nota: La muestra consta de un total de 775 observaciones provenientes de 565 hogares productores diferentes de las cinco regiones. Se excluyeron las observaciones que experimentaron pérdida total.

Nota: */ índice que contabiliza la existencia de los servicios de entre un total del 15: caseta telefónica, telégrafo, transporte de carga, Internet, banco comercial, unión de crédito, caja de ahorro, transporte de personas, oficina de correos, instalaciones de educación de nivel básico (preescolar y primarias), de nivel medio superior (secundaria y bachillerato), agua entubada y luz, clínicas de salud y farmacias

En el Cuadro III se presentan las características de la comunidad y la infraestructura donde se ubican los hogares productores de maíz. La región 1, Sur-sureste, se encuentra en una situación

desfavorable, con una inversión y mejoras en su infraestructura menores al resto de las regiones y sin organizaciones de productores agrícolas. En contraste, la mayor parte de las comunidades de la región 4, Noroeste, cuentan con inversiones en infraestructura y organizaciones agrícolas.

Estimaciones y resultados

Análisis de la producción de maíz de los hogares rurales

Con base en la metodología expuesta, el análisis econométrico consta de dos etapas: en la primera se estima la función de frontera estocástica de producción y, en la segunda, los factores que podían explicar la ineficiencia contenida.

La variable dependiente de la función de producción es el logaritmo del producto en kilogramos (\lnprod),²¹ y las variables explicativas son los insumos para la producción. La variable que representa al factor tierra es el logaritmo del valor estandarizado en pesos de la superficie cultivada (\lnsupvxha), calculado a partir de los valores declarados de las parcelas en 2002 y cuya metodología de estimación se explica en el Anexo Metodológico B, Apartado I. El factor capital se divide en dos partes: uno, el uso de maquinaria en la producción (\lnmaq) en términos de las horas-tractor²² empleadas durante los tres períodos de labores (actividades antes de la siembra, entre siembra y cosecha y cosecha). Dos, el valor de los insumos utilizados para la producción (\lninsumtot), que incluye el uso o gasto en semilla, abono y plaguicidas. Retomando el supuesto común de este tipo de hogares, que señala que el trabajo familiar y el contratado son sustitutos, el trabajo se evalúa en términos de los jornales empleados (\lnmotot) en las tres actividades. Para efectos de la estimación todos los insumos están en forma logarítmica (véase Anexo Estadístico, cuadro A.3.).

El cuadro IV presenta estadísticas descriptivas de las variables de la estimación de frontera estocástica, donde la producción es la variable con el coeficiente de variación más alto, es decir, la mayor dispersión respecto a su valor esperado.

Cuadro IV. Estadísticas de las variables para el Modelo de Frontera Estocástica

Variable	Muestral		
	Media	Desv. Est.	Coef. Var.
Producción (kgs)	2,725.6	12,264.5	4.50
Valor estandarizado de la tierra * (\$)	34,643.4	92,041.3	2.66
Maquinaria (Horas-tractor)	13.3	26.6	1.99
Insumos, incluye fertilizantes y plaguicidas (\$)	806.9	3,018.3	3.74
Mano de obra en jornales	52.0	55.5	1.07

Fuente: ENHRUM, 2003.

Nota: La muestra consta de un total de 775 observaciones provenientes de 565 hogares productores diferentes de las cinco regiones.

Usando la especificación Cobb-Douglas y una regresión lineal simple, el modelo adoptado es el siguiente:

$$\lnprod_i = B_0 + B_1 \lnsupvxha_i + B_2 \lnmaq_i + B_3 \lninsumtot_i + B_4 \lnmotot_i + e_i \quad (1)$$

donde i se refiere a cada cultivo de maíz como observación

²¹ Se refiere a logaritmo natural.

²² Las horas-tractor de maquinaria se calcularon con base en una equivalencia entre yunta y tractor, a partir de la cantidad de horas en que cada instrumento se emplea para trabajar una hectárea. El resultado fue 7 horas de yunta equivalentes a 1 hora tractor.

Cuadro V. Función de Producción de Maíz

Modelo de Regresión Lineal especificación Cobb-Douglas						
Source	SS	df	MS		Number of obs	775
Model	589.291	4	147.323		F(4, 770)	100.240
Residual	1131.708	770	1.470		Prob > F	0.000
Total	1720.999	774	2.224		R-squared	0.342
					Adj R-squared	0.339
					Root MSE	1.212
Inprod	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
Insupvxa	0.15908	0.0276	5.77	0.000	0.104918	0.213240
Inmaq	0.05347	0.0141	3.79	0.000	0.025777	0.081154
Inmo	0.16243	0.0483	3.37	0.001	0.067705	0.257155
Insumtot	0.39590	0.0321	12.32	0.000	0.332809	0.458998
_cons	2.27319	0.2891	7.86	0.000	1.705721	2.840656

Ho: Rendimientos constantes a escala

F(1, 770) = 17.48

Prob > F = 0.0000

La prueba correspondiente indica que no existen rendimientos constantes a escala. Nótese que bajo esta forma funcional todos los parámetros resultan significativos, al igual que la regresión en su conjunto, a un nivel de significancia de 0.05 y la R^2 es de 0.34. La elasticidad de producción respecto al valor estandarizado de la superficie sembrada (*Insupvxa*) es 0.16, en tanto que la elasticidad para el uso de maquinaria (*Inmaq*) es de 0.05, la elasticidad producto de la mano de obra (*Inmotot*) es 0.16 y, finalmente, la elasticidad producto de los insumos agrícolas (*Insumtot*) es 0.40.

Alternativamente, se realizó una estimación considerando el factor de expansión que ajusta los datos para darle representatividad nacional a la muestra, y los resultados no difieren significativamente. Además, se realizó una prueba estadística sobre la variabilidad de los coeficientes bajo las dos estimaciones, donde la H_0 : los coeficientes no varían entre una estimación y otra no se rechazó a un nivel de confianza de 95% (ver cuadro A.4, Anexo Estadístico A).

Para la estimación de la frontera de producción estocástica, además de la distribución media normal para el término de la ineficiencia, se estimó el modelo con una especificación exponencial. Sin embargo, en vista de que los resultados sólo diferían marginalmente, se decidió usar los resultados de la primera:

$$\ln \text{prod}_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \text{supvxa}_i + \alpha_2 \ln \text{maq}_i + \alpha_3 \ln \text{sumtot}_i + \alpha_4 \ln \text{motot}_i + v_i - u_i \quad (2)$$

Cuadro VI. Modelo de Frontera Estocástica de Producción de Maíz, especificación Cobb-Douglas

Stoc. Frontier normal/half model						
Log likelihood	-1238.6				Number of obs	775
					Wald chi2(4)	439.11
					Prob > chi2	0.00
Inprod	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
lnsupvxha	0.1617	0.0276	5.86	0.000	0.10757	0.21576
lnmaq	0.0543	0.0136	3.99	0.000	0.02764	0.08097
lnmo	0.1433	0.0466	3.08	0.002	0.05208	0.23461
lninsumtot	0.4161	0.0315	13.23	0.000	0.35445	0.47775
_cons	3.1790	0.2949	10.78	0.000	2.60100	3.75698
/lnsig2v	-0.1053	0.1163	-0.91	0.365	-0.33324	0.12255
/lnsig2u	0.4096	0.2012	2.04	0.042	0.01514	0.80399
sigma_v	0.9487	0.0552			0.84652	1.06319
sigma_u	1.2273	0.1235			1.00760	1.49481
sigma2	2.4062	0.2344			1.94671	2.86564
lambda	1.2936	0.1690			0.96235	1.62492

Likelihood-ratio test of sigma_u=0: chibar2(01) = 15.59 Prob>=chibar2 = 0.000

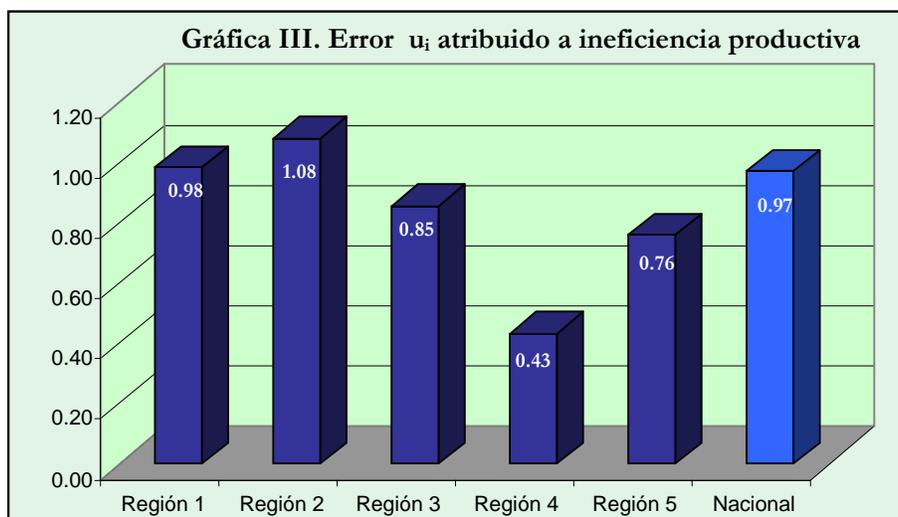
Ho: $\sigma_u = 0$, la producción de maíz es eficiente.

El Modelo de Frontera Estocástica captura las elasticidades frontera, es decir, las correspondientes a la mejor práctica de producción respecto al insumo involucrado (véase ecuación (2)). Los resultados en el cuadro VI difieren poco respecto a la primera estimación para el caso del valor estandarizado de la superficie cultivada (*lnsupvxha*) y la maquinaria (*lnmaq*). Empero, no ocurre así en el caso de la mano de obra y los insumos. La elasticidad producto potencial de la mano de obra (*lnmo*) es menor (0.14 frente a 0.16) y en el caso de los insumos (*lninsumtot*) la elasticidad potencial es mayor (0.42 frente a 0.40).

Recordemos que el residuo del modelo de frontera estocástica es $e_i = v_i - u_i$, donde v_i es la parte del error que se distribuye simétrica y normal y u_i es la parte del mismo que *se atribuye a la ineficiencia*, distribuido como una media-normal. Si efectivamente hay ineficiencia, la función de distribución de e_i , $f(e)$ es sesgada con media y moda negativas. Por lo tanto, la prueba estadística que aparece en la parte inferior del cuadro VI plantea en su hipótesis nula que la producción de maíz es eficiente, es decir, afirma que la varianza del error u_i es cero y que se distribuye simétricamente. En este caso, la hipótesis nula se rechaza a un nivel de confianza de 95%, con lo cual hay evidencia de que la producción de maíz en México es ineficiente.

Cuadro VII. Término de error u_i de la estimación de frontera estocástica de la producción de maíz atribuido a ineficiencia productiva

Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
Región 1	332	0.98	0.50264	0.29602	4.18039
Región 2	266	1.08	0.49279	0.40316	4.40948
Región 3	118	0.85	0.37024	0.37904	2.22864
Región 4	20	0.43	0.25002	0.23233	1.13561
Región 5	39	0.76	0.41154	0.28544	2.13375
Nacional	775	0.97	0.48756	0.23233	4.40948



El término de ineficiencia u_i es una variable aleatoria logarítmica y una medida del porcentaje por el cual cada observación particular no logra situarse en la frontera de producción, es decir, el nivel de producción ideal. Como se evidencia en el cuadro VII y en la gráfica III, en promedio, la región más ineficiente en la producción de maíz es la 2 (Centro); la cual tendría que aumentar su producción en 108% para estar en la frontera de producción. Por su parte, la región 1 (Sur-sureste) es, en promedio, ineficiente en 98%; la región 3 (Centro-Occidente) en 85%; y la región 5 (Noroeste) en 76%. La región más eficiente es la 4 (Noreste), que tendría que aumentar su producción en promedio 43% para situarse en la frontera. Es notable que desviación estándar es mayor en las regiones que producen maíz de manera menos eficiente.

A partir de los residuos u_i atribuidos a la ineficiencia, de la primera etapa de estimación, se procede a la segunda fase. Se estima un modelo de regresión lineal estándar con residuos robustos para identificar los factores determinantes de la ineficiencia productiva del maíz. Estos elementos se agrupan en tres grandes categorías: características propias de la producción, rasgos sociodemográficos del hogar productor y particularidades de la comunidad rural a la que pertenece el hogar productor.

Cuadro VIII. Casos de siniestro en los cultivos de maíz durante 2002

Problema	Total	Región 1	Región 2	Región 3	Región 4	Región 5
Casos de pérdida total	105	32	31	14	6	22
Helada	10	2	0	6	0	2
Huracán	35	30	5	0	0	0
Lluvias	19	10	5	4	0	0
Plaga	13	7	3	3	0	0
Sequía	183	17	79	37	6	44
Total	365	98	123	64	12	68

Fuente: Enhrum, 2003.

En el primer grupo, todas las variables que se enlistan son *dummies*. La variable *dproblem* otorga un valor de 1 cuando el cultivo del maíz presentó algún problema de índole climático y 0 en otro caso.

El cuadro VIII presenta información detallada al respecto, donde son notorias las consecuencias del huracán que azotó la Península de Yucatán ese año y la sequía que asoló la región 2.²³

La diversidad genética de los cultivos de maíz en México es muy amplia, en la encuesta se detectaron al menos 5 tipos de maíz: el blanco, amarillo, rojo, azul y pinto. Aunque una buena proporción de hogares cultivaron más de una especie, el maíz blanco y amarillo son los tipos más predominantes en la producción de los hogares rurales, las otras especies del grano señalan una tendencia más bien regional. Para describir esta variedad genética en la producción del maíz se construyeron tres variables *dummies*, dos de ellas indican el cultivo de los tipos más comunes de maíz. La variable *dummy blanco* vale 1 cuando el productor sembró maíz blanco y 0 en caso de otra especie el maíz azul, rojo, amarillo, etc; *amarillo* es otra una variable *dummy* que vale 1 en los cultivos donde se sembró maíz amarillo y vale 0 si se cultivó cualquier otra especie. Estas dos variables son no excluyentes y en consecuencia consideran el hecho de que los hogares también cultiven otras especies de maíz como el rojo, azul y el pinto. La tercera variable *dummy masde1var* denota los hogares que cultivan más de una sola variedad de maíz, incluyendo el maíz rojo, azul y el pinto. La variable *dummy dsemejorada* vale 1 para los cultivos en los que se utilizó semilla mejorada y 0 en otro caso. Finalmente, *tama* es una variable que asigna el valor de 1 cuando la superficie sembrada del cultivo es igual o mayor a una hectárea y 0 cuando es menor a una hectárea.

El segundo grupo de variables se centra en las características sociodemográficas y económicas del hogar productor. La variable *escolarid* contabiliza los años de educación del jefe del hogar productor; *dsexo* es una variable *dummy* que otorga un valor de 1 cuando el jefe de hogar es mujer y 0 si es varón *Edad* es una variable que señala la edad del jefe de hogar; *dlengua* es una variable *dummy* que captura los hogares donde el jefe habla una lengua o dialecto indígena, además del castellano, situación en la que asigna 1 y 0 en otro caso. La variable *dispmo* es la proporción de mano de obra disponible familiar, es decir, el número de miembros entre 15 y 65 años en edad de trabajar. La variable *dummy dcomerc* asigna un valor de 1 cuando el hogar comercializa maíz y 0 cuando sólo produce para autoconsumo; *dprocampo*, *dprogrsa* y *dremesas* son variables *dummy* que otorgan un valor de 1 cuando el hogar recibe una transferencia de los programas PROCAMPO, PROGRESA o de remesas de miembros de la familia fuera de la comunidad, respectivamente, y 0 en otro caso. Finalmente, *financianeto* es una variable que indica el financiamiento neto complementario a las actividades económicas del hogar en términos netos y en pesos, incluye: las remesas de EUA, remesas del interior de México, ingresos de progrsa, procampo y otros programas y los prestamos netos formales e informales (negativos en el caso que el hogar reciba prestamos y/o pago de intereses y positivos si el hogar otorga prestamos).²⁴

El tercer grupo de variables propuestas que explica la ineficiencia corresponde a características de las comunidades a las que pertenecen los hogares productores. La variable *dummy dfinanotro* captura si en la comunidad de referencia existe acceso a fuentes de financiamiento como bancos comerciales, cooperativas, etc., en cuyo caso vale 1 y 0 en otro caso; *dcomercia* es una variable *dummy* que otorga un valor de 1 cuando en la comunidad existen centros de comercialización y distribución como plazas, tianguis, centrales de abasto, etc, y 0 en otro caso; la variable *dummy dinfraesinv* es una variable que asigna 1 en caso de que en los últimos 12 años se hayan hecho mejoras en infraestructura tales como

²³ Los casos de pérdida total del cultivo no se incluyeron en la estimación porque se consideró que tal situación fue resultado de factores naturales fuera del alcance del productor y ajenos a cuestiones de eficiencia productiva.

²⁴ No se consideraron los ingresos por otras actividades económicas por trabajo en el sector industria o servicios.

alcantarillado, caminos, electrificación, pavimentación, y 0 en caso contrario. Las variables *dummies* r_1 , r_2 , r_3 , r_4 y r_5 valen 1 cuando la comunidad en cuestión pertenece a la región de referencia y 0 en otro caso. Finalmente, la variable *indiservi* cuantifica el grado de servicios con que cuenta una comunidad y está construida como la proporción de servicios existentes de un total de 15: caseta telefónica, telégrafo, transporte de carga, Internet, banco comercial, unión de crédito, caja de ahorro, transporte de personas, oficina de correos, instalaciones de educación de nivel básico (preescolar y primarias), de nivel medio superior (secundaria y bachillerato), agua entubada y luz, clínicas de salud y farmacias (ver Anexo Estadístico A, cuadro A.3).

Con esta serie de variables se procedió a la segunda etapa de la estimación, que corresponde a un modelo de regresión lineal simple con errores robustos bajo la siguiente especificación:

$$\text{inefprod}_i = b_0 + b_1 \text{dproblem}_i + b_2 \text{dsemejorada}_i + b_3 \text{blanco}_i + b_4 \text{amarillo}_i + b_5 \text{masde1var}_i + b_6 \text{escolarid}_i + b_7 \text{dsexo}_i + b_8 \text{edad}_i + b_9 \text{dlengua}_i + b_{10} \text{dcomerc}_i + b_{11} \text{tama}_i + b_{12} \text{dfinanotro}_i + b_{13} \text{dcomercia}_i + b_{14} \text{dindiservi}_i + b_{15} \text{dinfraesinv}_i + b_{16} \text{dfinancianeto}_i + b_{17} r_{2i} + b_{18} r_{3i} + b_{19} r_{4i} + b_{20} r_{5i} + e_i \quad (3)$$

Cuadro IX. Modelo de Regresión para explicar ineficiencia productiva de los productores de maíz

Regression with robust standard errors						
					Number of obs	775
					F(19, 755)	13.76
					Prob > F	0.000
					R-squared	0.2902
					Root MSE	0.4162
Robust						
inefprod	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
dproblem	0.36657	0.05254	6.98	0.000	0.263421	0.469710
dsemejorada	0.01292	0.06024	0.21	0.830	-0.105335	0.131176
blanco	-0.01401	0.03715	-0.38	0.706	-0.086943	0.058921
amarillo	-0.12435	0.06169	-2.02	0.044	-0.245464	-0.003238
masde1var	0.16571	0.05336	3.11	0.002	0.060947	0.270470
escolarid	-0.00123	0.00495	-0.25	0.805	-0.010945	0.008494
dsexo	-0.02203	0.06463	-0.34	0.733	-0.148909	0.104857
edad	0.00157	0.00114	1.38	0.169	-0.000669	0.003799
dlengua	0.12150	0.04087	2.97	0.003	0.041273	0.201723
dcomerc	-0.16581	0.03559	-4.66	0.000	-0.235679	-0.095941
dfinanotro	0.17679	0.04407	4.01	0.000	0.090283	0.263298
dcomercia	-0.16340	0.02988	-5.47	0.000	-0.222063	-0.104743
indiservi	0.00558	0.00181	3.08	0.002	0.002027	0.009129
dinfraesinv	-0.06443	0.03371	-1.91	0.056	-0.130596	0.001744
financianeto	0.00000	0.00000	1.47	0.142	0.000000	0.000003
tama	-0.11539	0.03279	-3.52	0.000	-0.179765	-0.051025
r1	-0.03486	0.03811	-0.91	0.361	-0.109678	0.039958
r3	-0.22485	0.05225	-4.3	0.000	-0.327423	-0.122269
r4	-0.29840	0.08554	-3.49	0.001	-0.466335	-0.130471
r5	-0.47839	0.08379	-5.71	0.000	-0.642883	-0.313906
_cons	0.73677	0.10282	7.17	0.000	0.534919	0.938618

Los resultados del modelo (Cuadro IX) señalan que la variable *dummy* *dproblem* es significativa al 95% de confianza y su elevado coeficiente indica que los productores que experimentaron algún problema en el cultivo durante el ciclo son más ineficientes respecto a aquellos que no. De manera similar, la variable *dummy* *masde1var* es significativa con un coeficiente elevado, esto implica que donde se sembró más de una variedad de maíz la ineficiencia es mayor. En contraste, la variable *dummy* *amarillo* tiene un coeficiente significativo y negativo, lo cual indica que las unidades donde se sembró esta variedad de maíz son menos ineficientes respecto a otras variedades como el blanco, cuya variable *dummy* resultó no significativa.

Dentro de las características del jefe de familia que resultaron significativas, la *dummy dlengua* indica que las unidades productivas donde el jefe del hogar habla lengua o dialecto indígena, además del castellano, son más ineficientes respecto a los que sólo hablan español. Asimismo, la variable *dummy dcomerc* que capta los cultivos comerciales resultó significativa, por lo que las explotaciones con orientación comercial son más eficientes respecto a las abocadas al autoconsumo. De la misma forma, los hogares productores de maíz que pertenecen a comunidades que tienen acceso a otras fuentes de financiamiento como bancos, cajas de ahorro, prestamistas, etc. son más ineficientes respecto a los cultivos de productores cuyas comunidades no tienen acceso a estas fuentes de financiamiento.

Además, tanto los hogares que venden su maíz (*dcomerc*), como los que están en comunidades que cuentan con infraestructura de comercialización (*dcomercia*) son menos ineficientes respecto a aquellos que usan el maíz para el consumo familiar y/o cuyas comunidades no tienen acceso a esta infraestructura. Algo similar ocurre con la variable *dummy dinfraesimv* que captura las comunidades donde se han realizado obras de mejoramiento de la infraestructura en los últimos 12 años. La variable *dummy tama* también es significativa, por lo que los cultivos cuya superficie sembrada es igual o mayor a una hectárea son más eficientes respecto a aquellas que tienen una superficie menor. Finalmente, las regiones 5, 4 y 3, en ese orden, son menos ineficientes respecto a la región 2.

Las variables no significativas que no explican la ineficiencia en la producción de maíz son las que siguen: el uso de semilla mejorada (*dsemejorada*); tres variables sobre las características del jefe de hogar productor (*edad*, sexo (*dsexo*) y escolaridad (*escolarid*)). El financiamiento neto (*finacianeto*); la disponibilidad de mano de obra familiar (*dispmo*); y las *dummies* que indican si el hogar recibió transferencias de (PROCAMPO (*dprocampo*), PROGRESA (*dprogres*) y remesas (*dremesa*)).

Cabe mencionar que las estimaciones previas sobre ineficiencia en la producción de maíz no toman en cuenta la heterogeneidad prevaleciente dentro de los productores del grano (véase a Dyer y Taylor, 2003). En la presente investigación las comunidades rurales se caracterizan por contar con hogares que producen maíz para comercialización y otros cuya producción se dedica al consumo familiar. Los datos de la ENHRUM permiten hacer tal diferencia para estimar distintas funciones de producción y definir variables que explican la ineficiencia de los hogares que producen maíz para el mercado y aquellos de autoconsumo.

No obstante, una separación arbitraria de la muestra de acuerdo a su destino de la producción, sin hacer los ajustes necesarios, traería consigo problemas de autoselección, es decir, sesgos en la estimación. La división arbitraria de los datos y la estimación por submuestras violaría el supuesto de que los datos provienen de una muestra aleatoria independiente e idénticamente distribuida. Lo anterior atribuiría una causalidad errónea con estimadores sesgados, como ocurre ante la presencia de una variable omitida. Por tanto, el modelo debe especificar un tratamiento adecuado a estas estimaciones con diferentes ecuaciones para distintos sectores de la muestra. Por consiguiente, el modelo de autoselección incluyó tratamientos diferentes para los productores de maíz que comercian y para aquellos que sólo lo consumen. Esta corrección de autoselección se llevó a cabo por medio del método en dos etapas de Heckman (1976) (véase el Anexo Metodológico B, apartado II, donde se presenta el marco teórico y los resultados del Modelo de Selección para estos dos tipos de producción).²⁵

²⁵ Se optó por no modelar la heterocedasticidad, ya que este problema existe en ambos componentes del término de error, (véase Capítulo II y Anexo Estadístico, cuadro A.5.). Estos dos efectos se contraponen, de tal forma que el

Análisis para la producción de maíz orientada hacia el mercado

En esta estimación de frontera estocástica con especificación Cobb-Douglas para la producción comercial, la inversa de Mills (*mill*), que corrige el sesgo de selección, es significativa a un nivel de confianza del 95%. Los coeficientes de los factores de la producción (las elasticidades producto) son significativos al 95% de confianza y casi todos difieren marginalmente respecto a la estimación con la muestra total, excepto en el caso de la elasticidad del valor estandarizado de la superficie cosechada²⁶ (ver cuadros VI y X).

Cuadro X. Modelo de Frontera Estocástica de Producción de Maíz para hogares con orientación comercial, especificación Cobb-Douglas

Stoc. Frontier normal/half model						
Log likelihood	-343.66395				Number of obs	226
					Wald chi2(5)	238.12
					Prob > chi2	0.000
Inprod	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
lnsupvsha	0.132038	0.053794	2.45	0.014	0.026605	0.237471
lnmaq	0.079382	0.023558	3.37	0.001	0.033209	0.125554
lnmo	0.148557	0.075348	1.97	0.049	0.000877	0.296237
lninsumtot	0.422180	0.061213	6.9	0.000	0.302205	0.542155
mill1	-1.495344	0.261788	-5.71	0.000	-2.008440	-0.982249
_cons	5.705300	0.786257	7.26	0.000	4.164265	7.246335
/lnsig2v	-0.615791	0.258381	-2.38	0.017	-1.122208	-0.109374
/lnsig2u	0.693648	0.242713	2.86	0.004	0.217940	1.169355
sigma_v	0.734992	0.094954			0.570579	0.946781
sigma_u	1.414567	0.171667			1.115129	1.794412
sigma2	2.541214	0.399739			1.757741	3.324688
lambda	1.924602	0.247921			1.438686	2.410518
Likelihood-ratio test of sigma_u=0: chibar2(01) = 11.02 Prob>=chibar2 = 0.000						

La producción comercial de maíz posee rendimientos decrecientes. La elasticidad producto del valor de la superficie sembrada (*lnsupvsha*) es menor respecto a la estimación total: 0.13 frente a 0.16. Por otro lado, la elasticidad de la maquinaria (*lnmaq*) es mayor: 0.07 frente a 0.05; al igual que la elasticidad producto de los insumos (*lninsumtot*) con un aumento más marcado de 0.42 frente a 0.41 de la estimación total. En tanto que la elasticidad producto de la mano de obra (*lnmoto*) es 0.15 frente a 0.14. La prueba estadística de la estimación de frontera estocástica señala que se rechaza la hipótesis nula de que el maíz se produce eficientemente, es decir, los productores comerciales del grano no operan a una tasa ideal.

sesgo final podría ser pequeño, además de que se corre el riesgo de que la especificación resultante pudiera ser sensible a las formas funcionales bajo las que se modela la heterocedasticidad en ambos componentes de error.

²⁶ En adelante llamada estimación total.

Cuadro XI. Modelo de Regresión Lineal para explicar ineficiencia productiva en la producción comercial del maíz

Regression with robust standard errors						
					Number of obs	226
					F(21, 204)	8.680
					Prob > F	0.000
					R-squared	0.365
					Root MSE	0.572
	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
dproblem	0.380237	0.168248	2.26	0.025	0.049	0.711986
amarillo	-0.516531	0.121713	-4.24	0.000	-0.756500	-0.276562
blanco	0.048163	0.091018	0.53	0.597	-0.131289	0.227614
masde1var	0.189351	0.120261	1.57	0.117	-0.047756	0.426458
escolarid	0.041541	0.014152	2.94	0.004	0.013639	0.069444
edad	0.005319	0.003581	1.49	0.139	-0.001742	0.012380
dlengua	0.003702	0.143428	0.03	0.979	-0.279081	0.286484
dsexo	0.058153	0.119881	0.49	0.628	-0.178205	0.294510
finacianeto	-0.000002	0.000001	-2.14	0.033	-0.000004	0.000000
dcomercia	-0.117465	0.102579	-1.15	0.253	-0.319710	0.084780
dorgagric	0.194063	0.140772	1.38	0.170	-0.083483	0.471610
indiservi	0.003008	0.006812	0.44	0.659	-0.010423	0.016439
dremesas	0.225750	0.108293	2.08	0.038	0.012240	0.439260
dprocampo	0.194132	0.119990	1.62	0.107	-0.042440	0.430704
dprogesa	0.174260	0.087906	1.98	0.049	0.000945	0.347575
tama	-0.375368	0.095746	-3.92	0.000	-0.564141	-0.186594
r1	-0.000935	0.146659	-0.01	0.995	-0.290088	0.288218
r3	-0.283934	0.143048	-1.98	0.048	-0.565967	-0.001901
r4	-0.467210	0.229169	-2.04	0.043	-0.919041	-0.015380
r5	-0.679583	0.214065	-3.17	0.002	-1.101634	-0.257531
_cons	0.578543	0.338176	1.71	0.089	-0.088206	1.245292

El cuadro XI presenta los resultados del modelo que explica la ineficiencia productiva.²⁷ La variable de problemas en el cultivo (*dproblem*) es significativa con un coeficiente muy elevado y es la que en mayor medida contribuye a la explicación de la ineficiencia productiva. La variable *dummy amarillo* es significativa al 95% de confianza, lo cual implica que los hogares que cultivan esta variedad son más eficientes respecto a los que siembran otras variedades. El resultado no se aplica al maíz blanco, ni a los hogares que cultivan más de una variedad de maíz, ya que son variables que resultan no significativas. *Tama* es una variable significativa al 95% de confianza, lo cual implica que las explotaciones con una superficie de al menos una hectárea son más eficientes respecto a las que tienen una superficie menor.

La escolaridad del jefe del hogar (*escolarid*) que cultiva maíz comercial es una variable significativa con un inesperado signo positivo pero bajo. Sin embargo, hay que tomar en consideración que el promedio de años de escolaridad de los jefes de hogar es en general bajo y podría estar reflejando el hecho de que entre mayor sea el nivel educativo del jefe, los hogares tienen una tendencia mayor a buscar actividades más remunerativas. Otras variables como el sexo, la edad y la lengua del jefe del hogar productor no contribuyen a la explicación de la ineficiencia en la producción de maíz, es decir, no son significativas.

La variable *dummy dcomercia* no es significativa. En contraste, la variable de financiamiento neto (*finacianeto*, que incluye el ingreso de estos hogares por otras fuentes distintas a las actividades del hogar), contribuye significativamente a reducir la ineficiencia de los productores comerciales de maíz (el resultado contrasta con el obtenido cuando se toman a todos los productores del grano, ya que en

²⁷ En el análisis de determinantes de la ineficiencia las variables que se utilizaran son, en general, las que se describieron en la sección anterior. No obstante, entre el análisis de ineficiencia para la producción comercial y la producción para autoconsumo pueden existir pequeñas diferencias con respecto a las variables utilizadas.

este caso no es significativo, véase Cuadro IX). Por otra parte, las variables *dprogrsa* y *dremesas* son significativas, mientras *dprocampo* no lo es. Esto es, los hogares que reciben remesas y pagos a través de Progresas son más ineficientes respecto a los que no lo reciben. Para el caso de Progresas, la explicación puede residir en el hecho de que los hogares más pobres y que comercializan su producto son los que tienen más posibilidad de recibir este tipo de apoyos, y son los más ineficientes.

Finalmente, las *dummies* de las regiones 5, 4 y 3 son significativas, y en ese orden de importancia son más eficientes respecto a la más ineficiente, la región 2 Centro (la no significancia para la región Sur-Sureste o 1 indica que esta región también es más ineficiente que las regiones 5, 4 y 3).

Análisis de la producción de maíz para autoconsumo

En la producción de maíz para el autoconsumo (cuadro XII) la tasa inversa de Mills es significativa, esto es, se efectuó la corrección que existía por sesgo de selección. Por otra parte, cabe evidenciar la presencia de rendimientos decrecientes a escala.

Cuadro XII. Modelo de Frontera Estocástica de la producción de Maíz para Autoconsumo, especificación Cobb-Douglas

Stoc. Frontier normal/half model						
Log likelihood	-825.31157			Number of obs		549
				Wald chi2(5)		229.5
				Prob > chi2		0
Inprod	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
<i>lnsupvxha</i>	0.104568	0.029092	3.59	0.000	0.047548	0.161588
<i>lnmaq</i>	0.059970	0.014764	4.06	0.000	0.031033	0.088906
<i>lnmo</i>	0.175578	0.050238	3.49	0.000	0.077113	0.274044
<i>lninsumtot</i>	0.285734	0.033602	8.5	0.000	0.219876	0.351592
<i>mill1</i>	-0.598519	0.192921	-3.1	0.002	-0.976637	-0.220401
<i>_cons</i>	4.807207	0.418460	11.49	0.000	3.987041	5.627372
<i>/lnsig2v</i>	-0.460927	0.139094	-3.31	0.001	-0.733546	-0.188308
<i>/lnsig2u</i>	0.464632	0.174844	2.66	0.008	0.121943	0.807320
<i>sigma_v</i>	0.794165	0.055232			0.692967	0.910143
<i>sigma_u</i>	1.261518	0.110285			1.062869	1.497295
<i>sigma2</i>	2.222127	0.227194			1.776835	2.667418
<i>lambda</i>	1.588483	0.153537			1.287556	1.889409
Likelihood-ratio test of <i>sigma_u=0</i> : <i>chibar2(01) = 22.00 Prob>=chibar2 = 0.000</i>						

La elasticidad producto del valor estandarizado de la superficie cultivada (*lnsupvxha*) es sensiblemente menor a la de la estimación total (0.10 frente a 0.16); la elasticidad producto del uso de maquinaria agrícola (*lnmaq*) aumenta de manera marginal (0.059 frente a 0.058). En cambio, la elasticidad producto de la mano de obra (*lnmoto*) es mayor que en la estimación inicial (0.18 frente a 0.14). No obstante, el cambio más notable es la elasticidad producto de los insumos (*lninsumtot*) que disminuye de manera importante: de 0.41 para la estimación total a 0.29 para la producción de autoconsumo. Asimismo, la prueba estadística correspondiente señala que la hipótesis nula de eficiencia productiva se rechaza, es decir, hay evidencia de que la producción de maíz para el autoconsumo es ineficiente.

En cuanto al análisis explicativo de la ineficiencia de la producción para autoconsumo (cuadro XIII), la variable que denota la existencia de problemas climáticos durante el ciclo productivo (*dproblem*) es

significativa y con un coeficiente elevado (0.45), lo cual indica que los cultivos de maíz que presentan problemas son más ineficientes que aquellos que no experimentaron siniestros. Asimismo, la variable de uso de semillas de maíz blanco es significativa, al igual que la variable que indica el uso de más de una variedad sembrada (*masde1var*). No obstante, sus signos son opuestos: los productores que siembran maíz blanco son menos ineficientes que los que usan otras variedades y los productores que incluyen más de una variedad de maíz son más ineficientes que aquellos que sólo cultivan una.

Cuadro XIII. Modelo de Regresión para explicar ineficiencia productiva en la producción para el Autoconsumo

Regression with robust standard errors							
						Number of obs	549
						F(22, 526)	8.280
						Prob > F	0.000
						R-squared	0.288
						Root MSE	0.488
inefselautc	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]		
dproblem	0.449029	0.067132	6.69	0.000	0.317150	0.580909	
amarillo	-0.132061	0.085940	-1.54	0.125	-0.300890	0.036767	
blanco	-0.152336	0.049212	-3.1	0.002	-0.249011	-0.055660	
masde1var	0.235456	0.074641	3.15	0.002	0.088826	0.382086	
escolarid	-0.003547	0.007393	-0.48	0.632	-0.018072	0.010977	
edad	0.000420	0.001716	0.24	0.807	-0.002950	0.003790	
dlengua	0.089940	0.048639	1.85	0.065	-0.005610	0.185490	
dsexo	0.024157	0.087974	0.27	0.784	-0.148667	0.196981	
finacianeto	0.000003	0.000002	1.97	0.049	0.000000	0.000007	
dcompra	0.119070	0.044886	2.65	0.008	0.030893	0.207247	
dcomercia	-0.119985	0.048478	-2.48	0.014	-0.215220	-0.024751	
dorgagric	0.268754	0.084067	3.2	0.001	0.103606	0.433903	
indiservi	0.010801	0.002268	4.76	0.000	0.006346	0.015257	
dinfraesinv	-0.129938	0.046208	-2.81	0.005	-0.220714	-0.039163	
dremesas	-0.047163	0.047412	-0.99	0.320	-0.140302	0.045977	
dprocampo	-0.035933	0.053643	-0.67	0.503	-0.141314	0.069448	
dprogesa	-0.143342	0.045374	-3.16	0.002	-0.232478	-0.054206	
tama	-0.124546	0.047873	-2.6	0.010	-0.218592	-0.030501	
r1	-0.007302	0.050663	-0.14	0.885	-0.106829	0.092225	
r3	-0.137869	0.069953	-1.97	0.049	-0.275290	-0.000449	
r4	-0.630439	0.444291	-1.42	0.156	-1.503241	0.242363	
r5	-0.621619	0.114205	-5.44	0.000	-0.845973	-0.397265	
_cons	0.686937	0.130572	5.26	0.000	0.430431	0.943444	

La escolaridad del jefe de familia (*escolarid*) resultó no significativa, al igual que la edad y el sexo. Por otro lado, el coeficiente asociado a *dlengua* resultó positivo y significativo, lo que implica que el jefe del hogar productor que habla otra lengua aparte del castellano es más ineficiente, respecto al resto.

El índice de servicios (*indiserv*) resultó significativo, aunque con un coeficiente bajo y signo positivo. Esto podría reflejar que los hogares productores que viven en comunidades donde hay una dotación mayor de servicios tienden a cambiar de actividades agrícolas a otras actividades que generan más valor agregado, o a diversificar sus actividades económicas fuera de la producción del maíz. La variable *dinfraesinv* es significativa con un coeficiente negativo, lo que implica que los productores situados en comunidades con mejoras en infraestructura son menos ineficientes respecto a las que no las presentan.

El financiamiento neto (*finacianeto*) es significativo con un coeficiente positivo pero bajo, es decir, los hogares productores que reciben este ingreso adicional son más ineficientes respecto a los que no.

De acuerdo con las dos estimaciones previas, la estimación del coeficiente del tamaño de la superficie cultivada (*tama*) indica que los cultivos con al menos una hectárea sembrada son más eficientes respecto a los que tienen menos de una hectárea. Otra variable significativa con un valor elevado (0.143) y con signo negativo es la *dummy dprogrsa*. El resultado implica que los hogares que reciben este apoyo gubernamental de combate a la pobreza son menos ineficientes respecto a los no beneficiarios del programa.

Por último, las regiones 5 y 3, en ese orden, son más eficientes respecto a la región 2.

Capítulo IV

Conclusiones y consideraciones finales

La presente investigación constituye un examen riguroso y detallado de las formas de producción predominantes del maíz en México, es una caracterización de las condiciones desiguales en las que los agricultores de maíz de las cinco regiones del país efectúan la producción. El estudio incorpora un análisis de ineficiencia que identifica los factores que influyen en el proceso productivo. La encuesta utilizada (Enhrum), única por el grado de desagregación de su información y su representatividad, incluye datos que por su riqueza permitieron realizar estimaciones por destino de la producción (comercialización o autoconsumo). De igual manera, el método econométrico hizo posible el análisis de ineficiencia mediante la desagregación del término de error típico resultante de una función de producción en componentes de ruido blanco e ineficiencia.

La estimación se realizó en dos niveles producción total y producción por destino (comercialización y autoconsumo). En todos los niveles (para todo el país, para productores que lo comercializan y para los que lo destinan al consumo familiar) se observan rendimientos decrecientes a escala. No obstante, las condiciones de producción difieren de un grupo de estimación a otro, siendo evidente que la producción comercial goza de una situación más favorable debido a sus circunstancias productivas comparativamente más ventajosas.

En general, en las estimaciones de producción comercial y de autoconsumo, la elasticidad producto de los implementos agrícolas (gasto en semilla, plaguicida y abono) es elevada; mientras la correspondiente al uso de maquinaria es baja. Esto pone de manifiesto que la incorporación del primer tipo de insumos en la producción tiene un mayor impacto potencial para incrementar la producción del maíz.

En particular, la estimación de la producción comercial del maíz presenta elasticidades-producto mayores, principalmente en el uso de implementos agrícolas y de la superficie sembrada, lo que no es más que un reflejo de la mejor calidad de estos factores. El uso de implementos agrícolas (semillas, fertilizantes y plaguicidas) en la producción de tipo comercial aumenta su productividad. En contraste, en el caso de la producción para autoconsumo las elasticidades menores en el valor de la superficie y en el uso de implementos agrícolas, así como la elasticidad mayor de la mano de obra confirman un sector agrícola rudimentario con escasa o nula tecnología, cuyo principal factor productivo es la mano de obra.

Desde la perspectiva geográfica, la región 2 Centro y la 1, Sur-sureste son, sin duda, las más ineficientes en la producción de maíz, y se caracterizan por un tipo de agricultura tradicional, donde opera una agricultura de pequeña escala cuya productividad y rendimientos son bajos; el empleo de aditamentos tecnológicos es escaso o nulo y donde el tamaño de la superficie sembrada es menor, en promedio 0.9 hectáreas. No obstante, estas zonas concentran una mayor diversidad en las variedades de maíz, en particular de maíz blanco con el que los agricultores de autoconsumo disminuyen su ineficiencia. En contraste, en orden descendente, las zonas más eficientes: la región 4, Noroeste; la 5, la Noreste y la 3 Centro-occidente cuentan con uso de semillas mejoradas y de implementos agrícolas, orientación comercial de la producción y producen en mayor escala el maíz amarillo, con lo cual reducen su ineficiencia (véase cuadro I).

Lo anterior sugiere que es difícil que, como señalan Dyer y Yúnez (2003), en primera instancia existan sinergias entre los esfuerzos tendientes a aumentar la eficiencia y productividad en la producción de maíz y aquellos encaminados hacia la conservación de la biodiversidad genética de este cultivo en México.

Respecto al análisis de eficiencia, en general, los problemas climáticos explican en gran medida la ineficiencia de los productores de maíz. No obstante, la producción orientada hacia el autoconsumo refleja una mayor vulnerabilidad, ya que su propensión a la ineficiencia es mayor cuando estos problemas se presentan. Por otro lado, el tamaño del predio es un factor explicativo a cualquier nivel de análisis: los cultivos con al menos una hectárea cultivada son más eficientes que los cultivos con una extensión menor. Con todo, este coeficiente, mayor en la estimación para la producción comercial, refleja la existencia de mayores rendimientos a escala en este tipo de producción.

En cuanto a las características del hogar, la estimación para todos los productores de maíz señala que la producción de maíz es más ineficiente cuando los jefes de hogar hablan alguna lengua o dialecto además del español. El resultado parece robusto a la luz de las estimaciones de la producción maicera para el autoconsumo. Respecto a la educación, sólo en la estimación para la producción comercial los jefes de familia con mayor escolaridad son más ineficientes respecto a los que tienen un menor nivel. Esto podría señalar la tendencia de los productores comerciales con mayor educación a diversificar sus actividades económicas hacia otras que generan mayor valor agregado.

Asimismo, respecto a las variables que denotan ingreso adicional proveniente de PROGRESA y remesas para los hogares productores, existen resultados contrastantes. Los hogares productores de autoconsumo, pero que también son los más pobres y quienes por ende reciben en mayor medida PROGRESA pueden estar financiando su producción de maíz (generalmente a pequeña escala) con estos recursos, aumentando de esta manera su productividad y eficiencia. Por el contrario, los hogares productores comerciales más pobres que reciben PROGRESA e ingreso por remesas tienden a ser más ineficientes, lo cual podría reflejar su propensión a utilizar estos recursos para incursionar en otras actividades económicas de mayor remuneración.

En cuanto a las condiciones de las comunidades a las que pertenecen los hogares productores de maíz, cabe resaltar que en las localidades donde existe mayor infraestructura y centros de comercialización, y donde se han efectuado mejoras en infraestructura, la eficiencia aumenta de manera notable.

Finalmente, una consideración que es importante enfatizar es la vulnerabilidad extrema de la producción agrícola en México ante siniestros como los huracanes, las plagas, la sequía, etc. que menguan de manera importante los activos de los hogares productores rurales y afectan su patrimonio, empeorando su condición de pobreza. Bajo esta lógica, es trascendental que el gobierno fomente el seguro agrícola contra siniestros; medida que tendría un impacto, sin duda, significativo en la reducción de la pobreza rural.

Anexo Estadístico A

Cuadro A.1. Principales programas de apoyo a la actividad agrícola implementados por el gobierno mexicano	
PROCEDE	Su propósito es resolver los conflictos vecinales, regularizar la tenencia de la tierra y la emisión de los certificados de derechos de propiedad. El proceso es como sigue: previamente se inicia una campaña de información masiva y presentación del programa en la asamblea ejidal general, el mayor órgano de toma de decisión en el ejido. Los miembros pueden unirse al proceso durante un periodo de 12 a 18 meses, permitiéndole a los ejidatarios elegir sus derechos de régimen de propiedad. El programa incluye el deslinde de los límites del ejido, la medición de las parcelas individuales y eventualmente la emisión del certificado de propiedad individual de la parcela, comunalmente y a cada individuo propietario.
PROCAMPO	Se puso en marcha el otoño-invierno 93-94 y tendrá una duración de 15 años que finalizará hacia el 2008. Su objetivo fue compensar a los agricultores por la pérdida de ingreso a causa de la liberalización agrícola del comercio y la eliminación de los precios de garantía para el sector de los granos. Inicialmente, el pago era condicional al registro de la siembra de alguno de los siguientes cultivos: maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, algodón, cártamo, soya y avena. La idea es parcialmente desvincular el apoyo de las decisiones de los productores mediante el pago de montos fijos por hectárea cultivada. El programa fue reestructurado y ahora los productores con menos de 5 hectáreas pueden obtener los pagos sin la necesidad de plantar alguno de estos cultivos. El límite superior es para los productores con más de 100 hectáreas.
ASERCA	Se estableció en 1991 con el objetivo de desarrollar y modernizar los canales de comercialización agrícola, en particular los mercados de granos. Los subsidios a la comercialización de este programa debían cubrir la diferencia entre un precio de referencia establecido durante un año previo y el precio de mercado actual.
A LA PALABRA	Este programa se instrumentó desde principios de los noventa principalmente en Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Guanajuato. El programa está dirigido a los productores de temporal y tiene la opción de que el agricultor no pague el crédito en caso de pérdida total de la cosecha y compensa a los productores las variaciones en precios.
Fuente: Elaboración propia.	

Cuadro A.2.
ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE GRANO DE MAIZ EN MEXICO POR AÑO AGRICOLA
1980-2003

Nacional	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Riego												
Superficie Sembrada (Ha.)	1,159,414	1,028,686	1,119,184	1,005,866	989,653	1,006,515	1,055,986	967,064	1,009,071	962,993	958,802	1,207,460
Superficie Cosechada (Ha.)	1,115,492	980,593	1,009,058	951,421	883,060	978,190	973,765	913,794	918,438	931,439	930,857	1,154,508
Superficie Siniestrada (Ha.)	43,922	48,093	110,126	54,445	106,593	28,325	82,221	53,270	90,633	31,554	27,945	52,952
Volumen Producción (Ton.)	3,041,759	2,999,531	2,926,226	2,725,019	2,798,398	3,285,768	3,091,197	2,708,343	2,815,400	2,723,773	3,308,531	4,272,790
Valor Producción (Miles de \$)	14,825	19,932	27,501	51,132	88,632	164,225	276,069	602,415	1,030,420	1,257,553	1,905,400	2,935,086
Rendimiento (Ton. / Ha.)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	5	7	9	19	32	50	89	222	366	462	576	687
Temporal												
Superficie Sembrada (Ha.)	6,437,837	7,671,263	7,342,508	7,442,642	6,941,976	7,359,442	7,029,599	7,319,402	7,001,869	6,601,270	6,958,716	6,522,578
Superficie Cosechada (Ha.)	5,650,987	6,688,099	4,620,491	6,469,896	6,009,622	6,611,347	5,496,736	5,890,480	5,584,236	5,538,263	6,408,015	5,792,323
Superficie Siniestrada (Ha.)	786,850	983,164	2,722,017	972,746	932,354	748,095	1,532,863	1,428,922	1,417,633	1,063,007	550,701	730,255
Volumen Producción (Ton.)	9,332,641	10,988,543	7,193,439	10,462,981	9,990,411	10,817,686	8,818,511	8,898,602	7,776,891	8,229,074	11,326,908	9,978,710
Valor Producción (Miles de \$)	47,282	76,022	70,183	195,375	342,935	577,444	835,059	2,272,506	2,921,441	3,869,623	7,014,431	7,145,117
Rendimiento (Ton. / Ha.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	5	7	10	19	34	53	95	255	376	470	619	716
Riego + Temporal												
Superficie Sembrada (Ha.)	7,597,251	8,699,949	8,461,692	8,448,508	7,931,629	8,365,957	8,085,585	8,286,466	8,010,940	7,564,263	7,917,518	7,730,038
Superficie Cosechada (Ha.)	6,766,479	7,668,692	5,629,549	7,421,317	6,892,682	7,589,537	6,470,501	6,804,274	6,502,674	6,469,702	7,338,872	6,946,831
Superficie Siniestrada (Ha.)	830,772	1,031,257	2,832,143	1,027,191	1,038,947	776,420	1,615,084	1,482,192	1,508,266	1,094,561	578,646	783,207
Volumen Producción (Ton.)	12,374,400	13,988,074	10,119,665	13,188,000	12,788,809	14,103,454	11,909,708	11,606,945	10,592,291	10,952,847	14,635,439	14,251,500
Valor Producción (Miles de \$)	62,107	95,954	97,684	246,507	431,567	741,669	1,111,128	2,874,921	3,951,861	5,127,176	8,919,831	10,080,202
Rendimiento (Ton. / Ha.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	5	7	10	19	34	53	93	248	373	468	609	707
Nacional												
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002/p	2003/p
Riego												
Superficie Sembrada (Ha.)	1,388,020	1,718,987	1,897,048	1,456,917	1,229,012	1,384,207	1,225,157	1,029,170	1,015,773	703,036	652,992	567,920
Superficie Cosechada (Ha.)	1,311,056	1,664,090	1,842,858	1,427,635	1,208,664	1,358,532	1,174,108	1,001,977	999,528	695,586	643,732	543,439
Superficie Siniestrada (Ha.)	76,964	54,897	54,190	29,282	20,348	25,675	51,049	27,194	16,245	7,450	9,260	24,481
Volumen Producción (Ton.)	5,400,869	7,703,658	8,575,389	6,282,634	5,708,856	6,922,452	6,104,277	5,065,098	5,417,318	3,230,377	2,998,430	2,528,256
Valor Producción (Miles de \$)	4,060,282	5,807,997	5,546,675	5,803,910	8,535,961	9,578,210	8,445,374	7,080,537	8,155,765	4,834,162	4,580,198	4,018,360
Rendimiento (Ton. / Ha.)	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	752	754	647	924	1,495	1,384	1,384	1,398	1,506	1,496	1,528	1,589
Temporal												
Superficie Sembrada (Ha.)	6,614,655	6,528,620	7,299,430	7,622,719	7,409,723	7,748,867	7,295,483	7,466,705	7,267,395	6,919,134	5,824,712	5,002,545
Superficie Cosechada (Ha.)	5,908,296	5,764,135	6,351,110	6,592,757	6,842,267	6,047,529	6,702,711	6,160,726	6,017,027	6,373,188	4,980,003	4,695,776
Superficie Siniestrada (Ha.)	706,359	764,485	948,320	1,029,962	567,456	1,701,338	592,771	1,305,980	1,250,368	545,946	844,709	306,769
Volumen Producción (Ton.)	11,528,473	10,421,605	9,660,437	12,070,222	12,314,770	10,733,806	12,350,434	12,641,277	11,773,755	12,741,011	10,019,422	9,658,046
Valor Producción (Miles de \$)	8,826,775	8,107,266	6,420,013	14,229,481	17,322,815	14,323,995	18,243,374	18,672,954	17,905,061	19,366,494	15,693,043	16,105,885
Rendimiento (Ton. / Ha.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	766	778	665	1,179	1,407	1,334	1,477	1,477	1,521	1,520	1,566	1,668
Riego + Temporal												
Superficie Sembrada (Ha.)	8,002,675	8,247,607	9,196,478	9,079,636	8,638,735	9,133,074	8,520,639	8,495,876	8,283,167	7,622,170	6,477,704	5,570,465
Superficie Cosechada (Ha.)	7,219,352	7,428,225	8,193,968	8,020,392	8,050,931	7,406,061	7,876,819	7,162,702	7,016,555	7,068,774	5,623,735	5,239,216
Superficie Siniestrada (Ha.)	783,323	819,382	1,002,510	1,059,244	587,804	1,727,013	643,820	1,333,173	1,266,613	553,396	853,969	331,250
Volumen Producción (Ton.)	16,929,342	18,125,263	18,235,826	18,352,856	18,023,626	17,656,258	18,454,710	17,706,376	17,191,073	15,971,388	13,017,851	12,186,302
Valor Producción (Miles de \$)	12,887,057	13,915,262	11,966,688	20,033,391	25,858,776	23,902,206	26,688,749	25,753,491	26,060,826	24,200,657	20,273,241	20,124,244
Rendimiento (Ton. / Ha.)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Precio Medio Rural (\$ / Ton.)	761	768	656	1,092	1,435	1,354	1,446	1,454	1,516	1,515	1,557	1,651

Fuente: Servicio de Información y Estadísticas Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

Nota: Aunque estas son cifras oficiales, se consideran preliminares porque no coinciden con la información de Presidencia de la República, (2004), 4° Informe de Gobierno, VFQ.

**Cuadro A.3.
Índice de Variables**

Etapa I	
Inprod	logaritmo natural del volumen de la producción agrícola de los hogares en kilogramos
Insupvxha	logaritmo natural del valor estandarizado de la superficie sembrada
Inmaq	logaritmo natural de las horas factor usadas en la actividad en términos de horas-tractor
Ininsumtot	logaritmo natural del gasto en pesos en semilla, fertilizante y plaguicida
Inmotot	logaritmo natural del número de jornales empleados durante las tres actividades del proceso productivo
Etapa II	
Características de la producción	
dcomerc	<i>dummy</i> que vale 1 si el hogar comercializa la producción de maíz y 0 si solo produce para autoconsumo..
dproblem	<i>dummy</i> otorga un valor de 1 para los cultivos que presentaron algún problema de índole climático como: helada, huracán, lluvias, plaga y sequía y 0 en otro caso.
dsemejorada	<i>dummy</i> , vale 1 para los cultivos en los que se utilizo semilla mejorada y 0 en otro caso.
blanco	<i>dummy</i> que captura los cultivos en lo que se sembró maíz blanco, por lo que vale 1 en este caso y 0 en otro caso
amarillo	<i>dummy</i> que captura los cultivos donde se siembra maíz amarillo, vele 1 en ese caso y 0 en cualquier otro caso
dmasde1var	<i>dummy</i> que asigna valor de 1 cuando se cultivo más de una variedad de maíz entre blanco, amarillo, azul, rojo, criollo y vale 0 en otro caso
tama	<i>dummy</i> que asigna el valor de 1 cuando el cultivo tiene una superficie igual o mayor a una hectárea y 0 en otro caso
Rasgos sociodemográficos de los hogares productores	
escolarid	años de educación formal del jefe del hogar
dsexo	<i>dummy</i> que otorga un valor de 1 cuando el jefe de hogar es mujer y 0 en el caso que el jefe sea varón
dlengua	<i>dummy</i> asigna 1 a los hogares donde el jefe habla una lengua o dialecto indígena además del castellano cuando y 0 en otro caso
edad	número de años del jefe del hogar productor
dprocampo	<i>dummy</i> que otorga un valor de 1 cuando el hogar recibe ayuda de este programa y 0 cuando no es así
dprogresas	<i>dummy</i> que vale 1 cuando el hogar recibe ayuda de este programa y 0 en caso negativo.
dremesas	<i>dummy</i> que vale 1 si el hogar productor en cuestión fue receptor de remesas durante el alo y 0 en otro caso
finacianeto	en términos netos y en pesos mide el acceso a financiamiento complementario provenientes de las remesas de miembros de la familia; ayudas de programas como Procampo y Progresas y el acceso a financiamiento informal y formal dentro de la comunidad
dcomerc	<i>dummy</i> asigna un valor de 1 cuando el hogar produce para el mercado y 0 cuando sólo produce para autoconsumo
dcompra	Dummy que asigna valor de 1 a los hogares que compraron maíz durante el ciclo y vale 0 si no compraron.

Entorno económico y de infraestructura de la comunidad productora	
<i>d</i>finanotro	<i>dummy</i> que vale 1 si en la comunidad de referencia existe acceso a fuentes de financiamiento como bancos comerciales, cooperativas, etc., y 0 en otro caso vale 0.
<i>d</i>comercia	<i>dummy</i> que otorga un valor de 1 cuando en la comunidad existen centros de comercialización y distribución como plazas, tianguis, centrales de abasto, etc, y 0 en otro caso
<i>d</i>infraesinv	<i>dummy</i> asigna 1 en el caso de que en los últimos 12 años se han hecho mejoras en infraestructura como alcantarillado, caminos, electrificación pavimentación inauguración de caminos que faciliten la comercialización del producto
<i>indiservi</i>	una variable que cuantifica el grado de servicios con los que cuenta una comunidad de un total de 15: caseta telefónica, telégrafo, transporte de carga, Internet, banco comercial, unión de crédito, caja de ahorro, transporte de personas, oficina de correos, instalaciones de educación de nivel básico (preescolar y primarias), de nivel medio superior (secundaria y bachillerato), agua entubada y luz, clínicas de salud y farmacias
<i>d</i>orgagric	Variable <i>dummy</i> que denota la existencia de organizaciones agrícolas o campesinas al interior de la comunidad productora
<i>r</i>1	región 1, Sur-sureste
<i>r</i>2	región 2, Centro
<i>r</i>3	región 3, Centro-occidente
<i>r</i>4	región 4, Noroeste
<i>r</i>5	región 5, Noreste

**Cuadro A.4. Modelo de Regresión Lineal,
Función de Producción Cobb-Douglas con factores de expansión**

Regression with robust standard errors						
					Number of obs	775
					F(4, 770)	74.61
					Prob > F	0
					R-squared	0.2886
					Root MSE	1.16
Inprod	Coef.	Robust Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Insupvxha	0.1670504	0.029415	5.68	0.000	0.1093072	0.2247935
Inmaq	0.042927	0.0154862	2.77	0.006	0.0125267	0.0733272
Inmo	0.2023933	0.0562538	3.6	0.000	0.0919644	0.3128222
Ininsumtot	0.3374355	0.0377963	8.93	0.000	0.2632394	0.4116315
_cons	2.324498	0.3151893	7.37	0.000	1.705766	2.94323

(1) **Insupvxha = .15908**

F(1, 770) = 0.08

Prob > F = 0.7727

(1) **Inmaq = .05347**

F(1, 770) = 0.56

Prob > F = 0.4552

(1) **Inmo = .16243**

F(1, 770) = 0.69

Prob > F = 0.4078

(1) **Ininsumtot = .39590**

F(1, 770) = 3.31

Prob > F = 0.0693

**Cuadro A.5. Función de Producción de Maíz especificación
Cobb-Douglas Prueba de Heterocedasticidad de White**

Source	SS	df	MS			
				Number of obs	775	
				F(4, 770)	100.240	
Model	589.291	4	147.323	Prob > F	0.000	
Residual	1131.708	770	1.470	R-squared	0.342	
Total	1720.999	774	2.224	Adj R-squared	0.339	
				Root MSE	1.212	
Inprod	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]	
Insupvxha	0.15908	0.0276	5.77	0.000	0.104918	0.213240
Inmaq	0.05347	0.0141	3.79	0.000	0.025777	0.081154
Inmo	0.16243	0.0483	3.37	0.001	0.067705	0.257155
Ininsumtot	0.39590	0.0321	12.32	0.000	0.332809	0.458998
_cons	2.27319	0.2891	7.86	0.000	1.705721	2.840656

Ho: Errores homocedásticos.

White's general test statistic : 29.83247 Chi-sq(14) P-value = .008

Ho: Rendimientos constantes a escala

F(1, 770) = 17.48

Prob > F = 0.0000

Anexo metodológico B

Apartado I

Metodología para la estandarización del valor de las tierras agrícolas de la ENHRUM

El ejercicio de estandarización del valor de la tierra tiene como objetivo evaluar las tierras de cultivo de las cinco regiones bajo un mismo patrón de valor. Esta homogeneización se realizó mediante el cálculo de sus valores hedónicos, con base en las diversas características que reporta la encuesta. Dado que el valor estandarizado no es directamente observable, a partir del valor declarado de las parcelas, se construyeron variables utilizando las características de las parcelas como: humedad, inclinación, cercanía a la comunidad, acceso en auto, región y número de veces que se puede sembrar al año. La siguiente es la especificación del modelo estimado.

$$\ln \text{valor} x_{ha}^{28} = b_0 + b_1 \text{dplano}_i + b_2 \text{dinclina}_i + b_3 \text{dcalidb}_i + b_4 \text{dtpie1}_i + b_5 \text{dtauto}_i + b_6 \text{dprocede}_i + b_7 \text{driego}_i + b_8 \text{r1}_i + b_9 \text{r3}_i + b_{10} \text{r4}_i + b_{11} \text{r5}_i + b_{12} \text{uso2}_i + e_i$$

lnvalorxha_i	es logaritmo del valor en pesos de la tierra por hectárea;
dplano_i	variable <i>dummy</i> , denota la inclinación del suelo, asigna 1 si es plano y 0 otro caso;
dcalidb_i	variable <i>dummy</i> , denota la calidad de la tierra, asigna 1 si es buena y 0 otro caso;
dinclina_i	variable <i>dummy</i> , denota inclinación del suelo, vale 1 si es inclinado y 0 otro caso;
driego_i	variable <i>dummy</i> , caracteriza la humedad de la tierra, asigna 1 si es riego y 0 si es temporal;
dtauto_i	variable <i>dummy</i> , asigna 1 si la parcela tiene acceso en auto y 0 en otro caso;
dtpie1_i	variable <i>dummy</i> que asigna 1 si a la parcela se llega a pie de 0 a 30 minutos desde el centro de la comunidad y 0 en otro caso;
dprocede_i	variable <i>dummy</i> que asigna valor de 1 si el dueño de la parcela con el certificado parcelario procede y 0 en otro caso;
tpp_i	variable <i>dummy</i> , asigna 1 si el tipo de tenencia de la tierra es privado y 0 otro caso;
r1_i, r2_i, r3_i, r4_i, r5_i	variables <i>dummy</i> que denotan a qué región pertenece la parcela;

²⁸ En este modelo, el subíndice *i* se refiere a las diferentes parcelas que podría poseer cada hogar.

Cuadro B.I.1. Modelo de Regresión para la Estandarización del valor de Tierras Agrícolas de la ENHRUM

Source	SS	df	MS	Number of obs		
Model	583.48369	11	53.044	F(11, 853)	40.720	
Residual	1111.07446	853	1.30255	Prob > F	0.000	
				R-squared	0.344	
Total	1694.55815	864	1.96129	Adj R-squared	0.336	
				Root MSE	1.141	

Invalorxha	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf.	Interval]
dplano	0.55960	0.20024	2.79	0.005	0.16657	0.95262
dinclina	0.34613	0.19521	1.77	0.077	-0.03701	0.72928
dcalidb	0.14489	0.08321	1.74	0.082	-0.01842	0.30820
dtpie1	0.31247	0.08166	3.83	0.000	0.15219	0.47275
dtauto	0.21765	0.11424	1.91	0.057	-0.00657	0.44187
dprocede	-0.26622	0.08066	-3.3	0.001	-0.42453	-0.10791
driego	0.94264	0.10775	8.75	0.000	0.73115	1.15414
r1	-1.07242	0.10565	-10.15	0.000	-1.27978	-0.86507
r3	-0.87190	0.11819	-7.38	0.000	-1.10387	-0.63993
r4	-1.15970	0.17505	-6.62	0.000	-1.50328	-0.81612
r5	-1.95037	0.13062	-14.93	0.000	-2.20674	-1.69400
_cons	9.38338	0.20386	46.03	0.000	8.98326	9.78350

Del cuadro B.I.1, en términos de valor, entre menor es la pendiente, el valor de la tierra por hectárea es mayor; de manera semejante a la calidad de la tierra (*dcalib*), si es buena su valor aumenta, al igual si existe acceso en auto (*dtauto*) y si la parcela se encuentra a una distancia menor de 30 minutos desde del centro de la comunidad (*dtpie1*). Si la tierra tiene un sistema de riego (*driego*), esto incrementa su valor considerablemente. La región 2 posee las tierras con mayor valor, tal vez por su proximidad a los centros urbanos más grandes del país, por lo que cualquier *dummy* de región indica que su valor es menor respecto a la región 2. Finalmente, la existencia del certificado de propiedad *Procede* tiene una influencia negativa sobre el valor de la tierra. No obstante, la variable con mayor peso sobre el valor de la tierra es la existencia de sistemas de riego.

Una vez calculados los valores hedónicos por hectárea se procede a sacar el ponderador para la estandarización en dos pasos. Primero, se calcula el valor declarado promedio de las tierras para toda la muestra; segundo, se estima el valor de las tierras para toda la muestra a partir de los coeficientes de la regresión; y tercero, se dividen los valores estimados (del paso 2) entre el valor promedio de la muestra (paso 1) para cada parcela *i*. Finalmente este ponderador se multiplica por el valor declarado, con lo cual la nueva variable del valor estandarizado de la tierra tendrá una varianza menor, mejorando la estimación.

Apartado II

Modelo de autoselección para la producción comercial y de autoconsumo de maíz

La selectividad se refiere a la presencia de algunas características del grupo tratamiento (o grupo control) que se asocian a la recepción de un tratamiento y a resultados que contribuyen erróneamente a establecer una causalidad. La forma general de estos modelos supone la existencia de una población representada por un vector aleatorio (X, Y, Z) , donde X es el vector de variables explicativas, Y es la variable escalar respuesta y Z es un vector de instrumentos. Z y X podrían incluir variables en común y en algunas situaciones son idénticos; el tratamiento general permite que X este correlacionado con e .²⁹ Partiendo de esta ecuación

$$Y_i = X_i B + e_{0i} \quad \text{ecuación de regresión (1)}$$

El tratamiento de la heterogeneidad reside en el reconocimiento de diferentes ecuaciones para distintos sectores de la muestra; de acuerdo al tratamiento usamos sólo los datos que satisfagan ciertas condiciones. Sea s un indicador selección binario que determina un conjunto aleatorio de la población, por definición $s=1$ si se observan estos datos en la estimación y $s=0$ cuando algunos elementos de (X, Y, Z) no son observados debido al diseño muestral, la no respuesta o truncación incidental. En este caso, en vez de obtener una muestra aleatoria, se tiene una muestra representativa de la población.

$$Y_i = s_i y_{1i} + (1 - s_i) y_{2i} \quad (2)$$

$$s_i = 1(Z_i \gamma + e_{0i} > 0) \quad \text{ecuación de selección (3)}$$

Esta *ecuación de selección* incluye variables Z_i que determinan que la variable dependiente se observe o no, esto es: se observará si $Z_i \gamma > e_{0i}$.

$$Y_{1i} = X_{1i} B_1 + e_{1i}$$
$$Y_{2i} = X_{2i} B_2 + e_{2i}$$

De esta forma Y_1 y Y_2 describen la relación entre el resultado y la covarianza, es decir, si el individuo recibe o no el tratamiento. No obstante, el problema de selectividad surge cuando se toma la esperanza condicional de la ecuación (1) sobre la muestra seleccionada

$$E[Y_i | X_i, s_i = 1] = X_i B + E[e_{1i} | e_{0i} > Z \gamma] \quad (4)$$

Si e_0 y e_1 son conjunta y normalmente distribuidas

²⁹ El que los instrumentos sean variables exógenas sobrepasa la condición necesaria; cuando se usa una muestra aleatoria de la población es suficiente con $E(Z'e_1) = 0$. El supuesto clave fundamental de la validez de los métodos de dos etapas es $E(e_1 | Z, s) = E(e_1) = 0$.

Donde

$$\begin{aligned} \text{corr}(v_i, e_{0i}) &= 0; \\ \sigma_{0,1} &= \text{cov}(e_{0i}, e_{1i}); \\ \sigma_0^2 &= \text{var}(e_{0i}); \end{aligned} \quad (5)$$

reescribiendo:

$$E[e_{1i} | e_{0i} > -Z\gamma] = \frac{\sigma_{0,1}}{\sigma_0} E\left[\frac{e_{0i}}{\sigma_0} \mid \frac{e_{0i}}{\sigma_0} > \frac{-Z_i\gamma}{\sigma_0}\right] \quad (6)$$

$$= \frac{\sigma_{0,1}}{\sigma_0} \frac{\phi(Z_i\gamma / \sigma_0)}{\Phi(Z_i\gamma / \sigma_0)} \quad (7)$$

Donde $\phi(\cdot)$ es la densidad normal estándar y $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución acumulativa, esto ocasiona que los estimadores de MCO sean sesgados. En particular, la última esperanza de la ecuación (4) podría no ser cero. En consecuencia, el sesgo de selección ocurre cuando σ_{01} no es cero.

Heckman se dio cuenta que el problema de usar mínimos cuadrados para la ecuación (1) es que B estimado es generalmente sesgado como en la presencia de una variable omitida, donde esta variable omitida, es la llamada *tasa inversa de Mills*:

$$\frac{\phi(Z_i\gamma / \sigma_0)}{\Phi(Z_i\gamma / \sigma_0)} \quad (8)$$

Esta variable aleatoria debe incluirse en la regresión de MCO

$$Y_i = X_i B + \frac{\phi(Z_i\gamma / \sigma_0)}{\Phi(Z_i\gamma / \sigma_0)} \sigma^* \quad (9)$$

Donde $\sigma^* = \sigma_{0,1} / \sigma_0$ y los estimadores de MCO en dos etapas son consistentes bajo el sesgo de selección, es decir, los estimadores B son consistentes y asintóticamente normales bajo la muestra seleccionada. Si $E(u^2 | Z, X) = \sigma^2$ la varianza asintótica de un estimador de MCO en dos etapas es válido.³⁰

En nuestro caso de estudio, se desea corregir el sesgo por selección que pudieran tener dos funciones de producción diferentes para dos sectores distintos de la muestra: la producción de maíz comercial y la producción maicera para el autoconsumo. Sin embargo, la especificación difiere un poco debido a que la variable dependiente de la ecuación de regresión no está censurada, sino que otra variable binaria (la variable dependiente en la ecuación de selección) identifica las observaciones para las cuales la variable dependiente de la ecuación de regresión es observada o seleccionada. Por tanto, la especificación es

³⁰ Los errores estándar merecen mayor consideración porque el modelo resultante es heterocedástico y usa los valores estimados. Sin embargo, el simple ajuste de los errores estándar por heterocedasticidad, en general, no es adecuado porque tal corrección no toma en cuenta la pérdida de precisión resultante de usar los estimados de la tasa inversa de Mills en vez de los valores actuales.

*Ecuación de regresión*³¹

$$\text{Inprod}_i = B_0 + B_1 \text{lnsupvxha}_i + B_2 \text{lnmaq}_i + B_3 \text{lninsumtot}_i + B_4 \text{lnmotot}_i + e_{1i}$$

Ecuación de selección

$$\text{dcomerc}_i = \gamma_1 + \text{dcomercia}_i \gamma_2 + \text{dorgagri}_i \gamma_3 + \text{indiservi}_i \gamma_4 + \text{driego}_i \gamma_5 + e_{0i} > 0$$

Donde *dcomerc* es una variable *dummy* que vale 1 si se comercializó la producción y 0 en otro caso; *dcomercia* es una *dummy* que vale 1 cuando existe infraestructura para la comercialización como mercados, centrales de abasto, plazas, etc en la comunidad donde residen los hogares productores; *dorgagri* es otra *dummy* que vale 1 cuando existen organizaciones agrícolas en la comunidad de los productores que brindan asesoría en la producción, comercialización entre otros servicios y 0 en otro caso; *driego* es una *dummy* que vale 1 para los cultivos que cuentan con sistema de irrigación y 0 en otro caso. Finalmente *indiservi* es una variable que cuantifica el grado de servicios con los que cuenta la comunidad del productor, como una proporción de 15 servicios existentes: caseta telefónica, telégrafo, transporte de carga, Internet, banco comercial, unión de crédito, caja de ahorro, transporte de personas, oficina de correos, instalaciones de educación de nivel básico (preescolar y primarias), de nivel medio superior (secundaria y bachillerato), agua entubada y luz, clínicas de salud y farmacias.

Cuadro B.II.1 Modelo de Autoselección para la producción comercial de maíz y la producción de maíz para autoconsumo

Heckman selection model						
(regression model with sample)		Number of obs		775		
		Censored obs		549		
		Uncensored obs		226		
		Wald chi2(4)		117.62		
Log likelihood = -774.1292		Prob > chi2		0.00		
	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]	
Inprod						
lnsupvxha	0.126747	0.054292	2.33	0.020	0.020337	0.233157
lnmaq	0.075983	0.023184	3.28	0.001	0.030543	0.121423
lnmo	0.148947	0.075908	1.96	0.050	0.000170	0.297724
lninsumtot	0.396226	0.062959	6.29	0.000	0.272829	0.519623
_cons	4.776749	0.686946	6.95	0.000	3.430359	6.123139
dcomerc						
dcomercia	0.399944	0.095263	4.2	0.000	0.213233	0.586655
dorgagric	0.654927	0.132878	4.93	0.000	0.394491	0.915363
driego	0.521489	0.120442	4.33	0.000	0.285427	0.757551
indiservi	0.011976	0.003533	3.39	0.001	0.005051	0.018901
_cons	-1.325149	0.153864	-8.61	0.000	-1.626717	-1.023580
/athrho	-1.408856	0.207439	-6.79	0.000	-1.815428	-1.002284
/lnsigma	0.511453	0.081904	6.24	0.000	0.350924	0.671982
rho	-0.887251	0.044140			-0.948381	-0.762552
sigma	1.667713	0.136592			1.420379	1.958114
lambda	-1.479680	0.185823			-1.843886	-1.115473
LR test of indep. eqns. (rho = 0): chi2(1) = 32.71 Prob > chi2 = 0.0000						

³¹ Estas variables son las mismas que las usadas en la estimación de la función de producción por MCO y de la estimación de frontera estocástica, (cuadros VI y IX).

En primera instancia, los coeficientes de la ecuación de regresión o función de producción para las observaciones seleccionadas (226) que agrupa a la producción para la comercialización son todos significativos a un nivel del 95% de confianza, excepto en el caso de la mano de obra que es significativo al 90%. Similarmente, en la ecuación de selección todos los coeficientes son significativos a un nivel del 95% de confianza. Como se aprecia en el cuadro, se rechaza la hipótesis nula de que la $\text{corr}(e_{0i}, e_{1i}) = \rho = 0$, por lo tanto, se corrobora que existe un sesgo por selección en el modelo.

Asimismo, $\sigma_{0,1}$ es diferente de cero, por lo tanto $\lambda = \rho\sigma$ es también diferente de cero. Estos resultados claramente justifican el uso de la ecuación de selección para estos datos. También derivado del modelo, se generó la tasa inversa de Mills (*mills1*) que se emplea en las estimaciones de frontera de producción de maíz comercial y para autoconsumo corrigiendo el sesgo de selección.

Bibliografía

- Aigner, D. J., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt, (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics* 6(1), 21-37.
- Arrow, K., C. S., Chenery, B. S. Minhas y R.M. Solow (1961), "Capital-labor substitution and economic efficiency" *Review of Economics and Statistics*, 63:3, agosto, pp. 303-1.
- Banco Mundial (1991), *Mexico. Law Policy – A decade after the Ejido Reform*. Reporte No. 22187-ME, junio.
- Battese, G. E. y Sumiter S. B. (1997), "Functional forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical Inefficiency Effects: a Comparative Study for wheat Farmers in Pakistan", *Journal of Productivity Analysis*, 8, 395-414.
- Cárdenas, E. (1994), *La Política Económica en México, 1950-1994*. Fideicomiso Historia de las Américas. Serie Hacienda. Fondo de Cultura Económica, México.
- Cobb C. y P.H. Douglas (1928), "A theory of production" en el suplemento de *American Economic Review* 18, pp. 139-65.
- De Janvry, A., E. Sadoulet y G. Gordillo de Anda (1995), "NAFTA and Mexico's Maize producers" *World Development* 23(8):1349-1362.
- Dyer, G. y A. Yunez, (2003), *NAFTA and Conservation of Maize Diversity in Mexico*, Commission for Environmental Cooperation
- Dyer, G. y E. Taylor, (2003), *Rethinking the Supply Response to Market Reforms in Agriculture: Household Heterogeneity in Village General Equilibrium, Analysis from Mexico*. Universidad de California en Davis, Mimeo.
- Farrel, M. J. (1957), "The mesurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Serie A, general, 120, parte 3; pp. 253-81.
- Greene, W. H. (2002), "The Econometric Approach to Efficiency Analysis", en Greene et al. *Techniques*, pp.68-119.
- Greene, W. H. (2002), *Econometric Analysis*. Cuarta edición, Prentice Hall.
- Heckman, J. (1976), "The common structure of statistical models of truncation, sample selection, and limited dependent variables and simple estimator for such models", en *Annals of Economic and Social Measurement*, 5, pp.475-492.
- Jondrow, J., C. Lovell I. Materov y P. Schmidt (1982), "On the Estimation of technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics* 19(2/3): 233-238.
- Jonhnston, J. y J. DiNardo (1997), *Econometric Methods*. Cuarta edición, editorial McGraw Hill International Editions.

- Kumbahakar, S. y K. Novell (2000), *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press.
- Levy, S. y S. V. Wijnbergen (1992), *Transition Problems in Economic Reform: Agriculture in the Mexico-U.S. Free Trade Agreement*. Banco Mundial, WPS 967
- Mundlak, F. (2001), "Production and Supply" en Gardner, B. y Rausser, *Handbook of Agricultural Economics*, Volumen 1^a. Elsevier Science B. V.
- Nerlove, M. (1963), "Returns to scale in electricity supply" en Christ et al. editors. *Measurement in Economics: Studies in Mathematical Economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld*. Stanford University Press.
- Novell, C. A. K. (1999), "Production Frontiers and Productive Efficiency" en Greene et al. *Techniques*, pp. 3-67.
- OCDE (1997), *Examen de las Políticas Agrícolas de México*, París, Francia.
- Warman, A. (2001), *El Campo Mexicano en el Siglo XX*, editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Yúnez-Naude, A. (2003), "The Dismantling of CONASUPO, a Mexican State Trader in Agriculture", *The World Economy*, Vol. 26, No. 1, enero, pp. 97-122.
- Yúnez-Naude, A. y F. Barceinas (2004). "El TLCAN y la agricultura mexicana". en H. Sobarzo y E. Cáceres (Comps.), *Diez años del TLCAN en México*, Lecturas No 95, El Trimestre Económico, Fondo de Cultura Económica, México, pp. 61-98.
- Zahniser, S. y W. Coyle (2004), *U.S.-Mexico Corn Trade during the NAFTA Era: new twists to an old story*. Electronic Outlook Report from the Economic Research Service.