

ANÁLISIS AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DEL ABASTO DE MAÍZ Y TRANSFORMACIÓN EN TORTILLAS ARTESANALES EN LA CUENCA DEL LAGO PÁTZCUARO, ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO

¹Clara Sabán de la Portilla, ²Quetzalcóatl Orozco Ramírez, ²Marta Astier Calderón

¹Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios (MAPAMA), Almagro 33, Madrid; ²Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México. E-mail: clara.saban@gmail.com

Resumen

En la región de la cuenca del Lago Pátzcuaro, ubicada en el centro-occidente de México, el sistema alimentario del maíz sigue siendo hoy en día el pilar de la dieta. Éste está conformado por la producción del cultivo, la transformación fundamentalmente en tortilla y su consumo a nivel local o regional. Sin embargo tanto la producción del maíz como la transformación presentan diferencias en el manejo y tecnologías utilizadas. Con el fin de analizar las implicaciones ambientales, sociales y económicas de los diferentes eslabones del sistema se identificaron tres escenarios de abasto (agricultura de altos, medios y bajos insumos) y dos escenarios de transformación a tortilla artesanal (estufa de leña convencional y estufa mejorada Patsari).

En lo que respecta a la fase de abasto (producción y transporte) se obtuvo que el escenario de producción de maíz con una huella de carbono menor fue el de agricultura de bajos insumos (maíz orgánico producido localmente), con unas emisiones de gases de efecto invernadero 2,1 veces menores que las producidas por la agricultura de medios insumos (maíz criollo local con insumos químicos) y 2,3 veces menos que la de altos insumos (maíz híbrido con insumos químicos producido en otras regiones). Sin embargo, al añadirle la etapa de transporte, el abasto de bajos insumos se configuró como escenario intermedio.

El escenario de abasto de bajos insumos también fue el que presentó mayor rentabilidad (los beneficios triplicaron los de los otros sistemas y los costes de producción fueron 9,5 veces menores que en el sistema de medios insumos y 4,2 veces inferiores al de altos insumos). Las diferencias en el capital social son achacables a las diferentes dinámicas regionales.

Finalmente se obtuvo que los microtalleres con estufa mejorada Patsari emitieron un 33% menos de gases de efecto invernadero, presentaron mayores niveles de rentabilidad y mejoraron las condiciones de salud tanto de las microempresarias como de sus familias.

Palabras clave: Sistema alimentario, huella de carbono, tortilla artesanal, estufa Patsari.

Summary

Environmental, social and economic analysis of maize supply and transformation in artisanal tortillas in the Pátzcuaro lake basin, México.

In the region of Pátzcuaro Lake Basin, located in the central-western Mexico, the corn food system today remains the mainstay of the diet. It consists of crop production, processing mainly in tortilla and consumption at local or regional level. However both production and processing of maize differ in management and technologies used. In order to analyse the environmental, social and economic implications of the various chain links were identified three production scenarios (agriculture of high, medium and low input) and two transformation scenarios of handmade tortilla (conventional wood stove and improved wood stove Patsari).

With regard to the supply phase it was obtained that low-input agriculture (locally produced organic corn) produced a significantly lower carbon footprint, with greenhouse gases emissions 2.1 times lower than those produced by medium input agriculture (local landraces with chemical inputs) and 2.3 times less than high-input (hybrid maize with chemical inputs produced in other regions). However, when the transport stage was added, the low-input supply was configured as an intermediate scenario.

The scenario of supply of low inputs also presented the highest profitability (profits tripled those of the other systems and production costs were 9.5 times lower than in the medium input system and 4.2 times lower than the high input). Differences in social capital are attributable to different regional dynamics.

Finally it was found that the microworkshops with improved stove Patsari issued 33% fewer greenhouse gases, had higher levels of profitability and improved health conditions of both the microentrepreneurs and their families.

Keywords: Food system, carbon footprint, handmade tortillas, Patsari stove.

INTRODUCCIÓN

El sector agroalimentario en su conjunto, con las actividades de producción, procesamiento, transformación y distribución de alimentos tiene una gran incidencia en las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Este sector es de gran importancia dentro de la cadena de abasto de alimentos, ya que modifica las características del alimento para hacerlo comestible y digerible.

Por otro lado el concepto de medios de vida sostenibles es cada vez más importante en el debate sobre desarrollo rural, reducción de la pobreza y manejo de recursos naturales. Por tanto las elecciones de los consumidores a la hora de adquirir uno u otro producto tienen un efecto directo sobre el calentamiento global y los medios de vida de los productores y transformadores.

En las últimas décadas se han llevado a cabo numerosos análisis de ciclo de vida de productos agroalimentarios artesanales que incluyen el cálculo de la huella de carbono, como la comparativa entre la producción de pan a diferentes escalas (Andersson y Ohlsson 1999) o la producción artesanal o industrial de pan (Sundkvist *et al.* 2000).

Numerosas instituciones dedicadas a la cooperación para el desarrollo y a la investigación han llevado a cabo estudios de caso con el Marco de Análisis de los Medios de Vida Sostenible (SRL- *Sustainable Rural Livelihoods*)

como el IDEI (International Development Enterprises India), la Linnaeus University de Växjö, (Suecia) o el DFID (Department For International Development) de Inglaterra.

Como se observa en la figura 1, la región de la Cuenca del Lago Pátzcuaro (CLP), ubicada en el centro-occidente de México, al norte del estado de Michoacán, tiene una población de 141.208 habitantes y 32.252 hogares indígenas purhépechas (INEGI 2007).

Esta cuenca ocupa alrededor de 1000 km² incluido el espejo de agua, tiene una altitud media de 2369 m.s.n.m., un clima templado sub-húmedo con un régimen de precipitaciones de 1000 mm/año y una gran diversidad, edáfica, topográfica y biológica (Mapes *et al.* 1994).

La CLP fue habitada desde tiempos prehispánicos y se presume que se realizaba agricultura desde hace aproximadamente 5000 años (Fisher *et al.* 2003). Fruto de la interacción entre los pobladores originales de esta región con el medio se deriva una gran riqueza varietal de maíces, habiéndose identificado hasta 7 razas criollas: Cónico, Purhépecha, Elotes Occidentales, Chalqueño, Tabloncillo y Cacahuacintle, además de alrededor de 20 variedades locales (Astier y Barrera-Bassols 2007). La importancia de los maíces nativos reside en su gran adaptabilidad a las más diversas condiciones de suelo, clima y altitud, es por ello que su conservación representa una herramienta de suma utilidad en la lucha

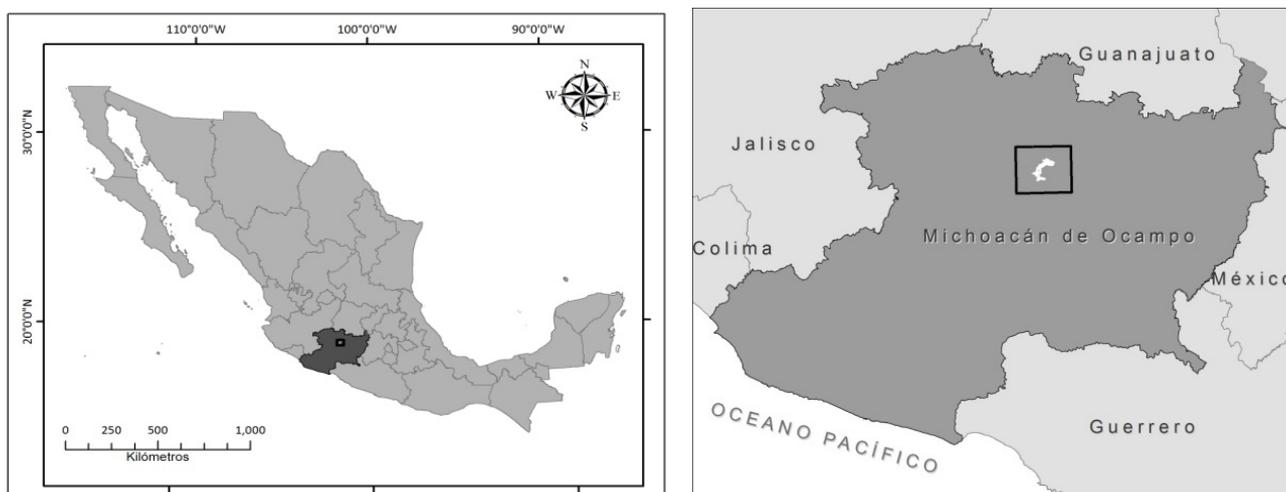


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

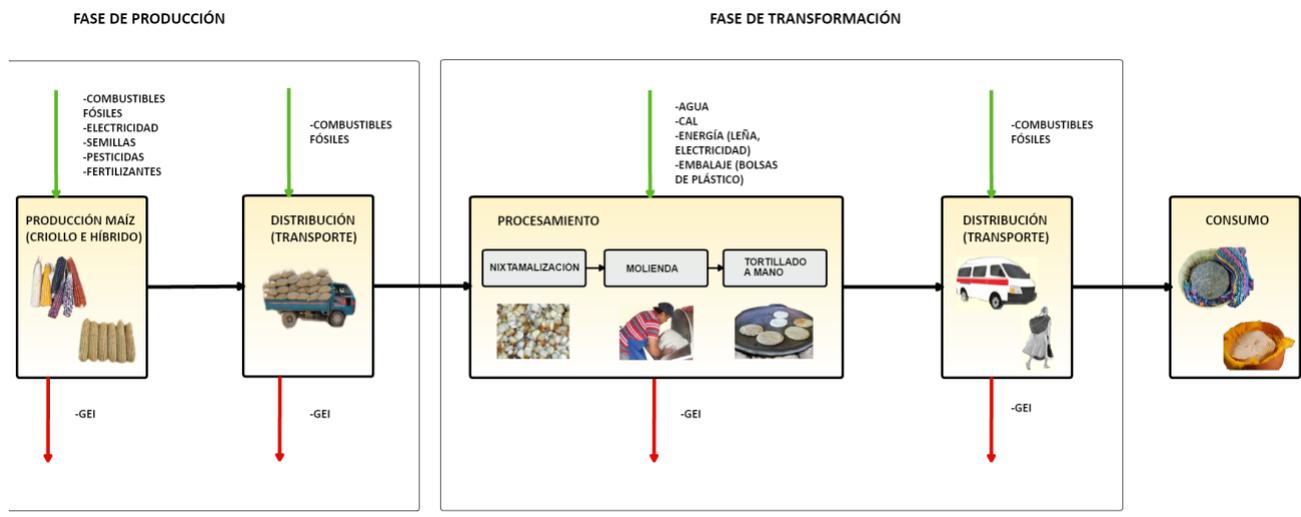


Figura 2: Diagrama de flujo del sistema alimentario del maíz en la CLP. Fuente: elaboración propia.

contra el hambre y el cambio climático. Sin embargo, al igual que ocurre en el resto del país, este legado está amenazado por el escaso apoyo institucional, el abandono de los sistemas campesinos y del conocimiento local, los cambios en los hábitos alimenticios de la población, el aumento del uso del maíz híbrido procedente de otras regiones y la posible entrada de materiales transgénicos. Por esta razón urge encontrar estrategias que garanticen la viabilidad de las variedades criollas a través de sistemas de producción más sustentables.

Pese a estas amenazas, el sistema alimentario del maíz sigue siendo hoy en día el pilar de la dieta en la CLP. Éste está conformado por la producción del cultivo, que abarca en promedio el 50 % de la superficie total cultivada, la transformación fundamentalmente en tortilla y su consumo a nivel local o regional (Fig. 2).

El maíz se siembra principalmente en condiciones de temporal o secano (88% de la superficie) para la autosubsistencia familiar, la venta de excedentes, la alimentación del ganado y como insumo para la elaboración de tortillas artesanales con las cuales se realiza la venta en el do-

micilio, en el mercado de las comunidades o puerta por puerta. La ONG Red Tsiri ha censado más de 500 microtalleres de elaboración de tortillas artesanales dispersos en la región liderados fundamentalmente por mujeres.

Esta región presenta un déficit de producción por lo que se hace necesario el abasto externo, que puede ser de maíz en grano o de harina nixtamalizada, principalmente a las tortillerías industriales y a las tiendas. Estas últimas cubren la demanda de maíz en comunidades que no tienen producción suficiente, sobre todo en la temporada en la que la disponibilidad de maíz cosechado localmente baja (entre los meses de mayo y noviembre).

En la tabla 1 se presentan los escenarios y características del sistema alimentario identificados para la realización de este trabajo.

En la fase de transporte del maíz se tomó como punto de recepción la comunidad de San Francisco Pichátaro para facilitar la comparación.

Según el trabajo de Orozco (2007), el maíz cosechado fuera de la cuenca (AAI) tanto en el noroeste como en el centro occidente del país, es acopiado en las bodegas

Tabla 1: Escenarios de abasto y transformación identificados en la CLP.

	ESCENARIOS	CARACTERÍSTICAS
ABASTO	Agricultura Altos Insumos (AAI)	Monocultivos de maíz híbrido producido con insumos químicos proveniente de otras regiones productivas del país (Sinaloa, La Barca (Jalisco) y el Bajío (Guanajuato)).
	Agricultura Medios Insumos (AMI)	Maíz criollo local producido con técnicas ancestrales y una cierta penetración de tecnologías e insumos químicos con rotación de cultivos o policultivos (San Francisco Pichátaro, Michoacán)
	Agricultura Bajos Insumos (ABI)	Maíz criollo orgánico producido en la región aprovechando subproductos locales (Paracho, Michoacán).
TRANSFORMACIÓN	Microtalleres con Estufa Convencional (MEC)	Microtalleres con fuegos abiertos rodeados por tres piedras, o fogones semi cerrados con forma de U, realizados en barro por los usuarios.
	Microtalleres con Estufa Patsari (MEP)	Microtalleres con estufa ahorradora de leña Patsari, realizada por los usuarios en colaboración con técnicos de la ONG GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada).

regionales para después ser trasladado a las bodegas de los introductores en el estado de Michoacán. Para el caso de Pichátaro las bodegas están localizadas en las ciudades de Zamora y Uruapan (Michoacán, México).

En Zamora el maíz se compra en dos temporadas, de noviembre a enero de la región del Bajío y de la Barca y de mayo a julio en Sinaloa. El maíz se transporta en camiones de 20 y 40 toneladas hasta La Barca, Jalisco. El transporte para la comunidad de Pichátaro se hace en camiones de 10-15 toneladas.

Por otro lado, los intermediarios de Uruapan compran el maíz en bodegas mayoristas en las ciudades de La Barca, Jalisco, y de Zamora o La Piedad, que siguen el mismo patrón de abastecimiento que en Zamora.

En los hogares de la Cuenca del lago Pátzcuaro, incluidos los urbanos, se usa la leña como principal combustible. En las comunidades rurales este porcentaje asciende al 58% y un 42% usa gas. En este contexto la leña sigue siendo un recurso estratégico, especialmente en los talleres donde se manufactura tortilla para la venta, por lo que diversas entidades, como la ONG Red Tsiri o la ONG GIRA (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada), han puesto en marcha estrategias para fomentar su uso sostenible y reducir los daños a la salud producidos por la exposición a los gases derivados de su combustión, a través de la implementación de tecnologías rurales apropiadas como el caso de la estufa de leña mejorada Patsari.

Dicha estufa fue desarrollada con un enfoque participativo con el objetivo de satisfacer las necesidades de cocción, reducir el consumo de madera, ventilar el

humo, ser aceptable y asequible para las poblaciones locales.

Numerosas evidencias científicas apuntan a que la exposición a contaminantes en el interior de las viviendas, como consecuencia del uso de combustibles sólidos en estufas abiertas o cocinas tradicionales como las usadas en la región, aumentan el riesgo de morbilidad y de muerte prematura (Albalak *et al.* 2001, Smith y Ezzati 2005, Von Schirndig *et al.* 2002, Naeher *et al.* 2007). Tan es así que el World Development Report (2005) clasificó la contaminación del interior de las cocinas como uno de los cuatro problemas de salud críticos a nivel global, sobre todo para los niños con edades inferiores a los 5 años. Este dato es de importancia en los microtalleres, ya que tanto hijos como nietos de estas edades están expuestos a dichas emisiones muchas horas al día.

En la figura 3 se puede observar un ejemplo de los tipos de cocinas presentes en la región, la estufa mejorada Patsari y la estufa tradicional en forma de U.

En este contexto, los objetivos de este trabajo son evaluar la influencia de los diferentes sistemas de manejo y transformación sobre la sustentabilidad del sistema alimentario del maíz en la CLP en el año 2014 (enfoque de la cuna a la mesa).

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodologías escogidas

Para la consecución del mencionado objetivo se escogieron las metodologías que se enuncian a continuación.



Figura 3: Ejemplos de estufa Patsari (izq.) y de fogón tradicional en forma de U (dcha.) en el área de estudio.

Tabla 2. Activos de capital del marco SRL. Fuente: modificado de Carney (1998).

ACTIVOS DE "CAPITAL"	
Capital Humano	Las habilidades, conocimientos, capacidad de trabajo, salud y capacidad física, importantes para la consecución exitosa de las diferentes estrategias de supervivencia.
Capital Natural	Las reservas de recursos naturales (suelo, agua, aire, recursos genéticos, etc) y servicios ambientales (ciclo hidrológico, sumideros de contaminación, etc) de las que proceden los flujos de recursos y servicios útiles para los medios de vida.
Capital Financiero	Los recursos financieros a los que la gente tiene acceso (efectivo, créditos, ahorros, deudas) y que son esenciales para el ejercicio de una estrategia de supervivencia.

Tabla 3. Fuentes consultadas en la fase de abasto (producción y transporte) de maíz.

	FUENTE	
	MEDIOS DE VIDA RURAL SOSTENIBLE	HUELLA DE CARBONO
AAI	-La Barca: (Vázquez 2000) y (Hernández y Luna 1999). -Sinaloa: (Mendoza <i>et al.</i> 2003) y (DDR Cajeme 2004). -El Bajío: (Morales 2004), (Ramírez 2001) y (Plaza 1998). -Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI 2007)	-La Barca: (Vázquez 2000) y (Hernández y Luna 1999). -Sinaloa: (Mendoza <i>et al.</i> 2003) y (DDR Cajeme 2004). -El Bajío: (Morales 2004), (Ramírez 2001) y (Plaza 1998).
AMI	-Entrevistas a 17 productores de la comunidad de San Francisco Pichátaro (Michoacán) por (Orozco 2007) -Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI 2007)	-Entrevistas a 17 productores de la comunidad de San Francisco Pichátaro (Michoacán) por (Orozco 2007).
ABI	-Entrevista a la Sociedad de Producción Rural Tierra Viviente -Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI 2007)	-Entrevista a la S.P.R. Tierra Viviente integrada por 80 productores.

En primer lugar se escogió el Marco de Análisis de los Medios de Vida Rural Sostenible (SRL- *Sustainable Rural Livelihoods*), que muestra cómo en diferentes contextos se logran medios de vida sostenibles a través del acceso a una gama de recursos de capital (humano, natural, financiero) que se combinan en la búsqueda de diferentes estrategias de subsistencia (intensificación o extensificación de la agricultura, diversificación de los medios de subsistencia, migración, etc), como se expone en la tabla 2.

El marco SRL fue desarrollado por el *Sustainable Rural Livelihoods Advisory Committee* apoyándose en las labores previas del *Institute of Development Studies* de Inglaterra entre otros.

Con el SRL se analizaron las implicaciones ambientales, sociales y económicas asociadas a los tres tipos de escenarios de abasto identificados (AAI, AMI, ABI) así como las derivadas del uso de una u otra tecnología de transformación (MEC y MEP) mediante el análisis del capital humano, natural y financiero de los tres escenarios de abasto y de los dos escenarios de transformación artesanal del maíz en tortilla.

En segundo lugar se utilizó la metodología de cálculo de la huella de carbono (norma PAS 2050) para evaluar los impactos ambientales que se generan a lo largo del ciclo de vida de la tortilla artesanal (enfoque de la cuna a la mesa).

La huella de carbono es una herramienta de cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero cuantificadas en emisiones de CO₂ equivalentes, que son liberadas a la atmósfera a lo largo del ciclo de vida de un producto.

La metodología de aplicación voluntaria PAS 2050:2011 fue desarrollada por el *British Standards Institution* (2011) y se basa en las metodologías existentes de análisis de ciclo de vida establecidas en la norma ISO 14040 e ISO 14044, estableciendo principios específicos para la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de bienes y servicios.

Con el objeto de poder realizar comparaciones entre los diferentes escenarios y etapas del ciclo de vida analizadas se escogió como unidad funcional (UF) 1 kg de tortillas y fueron tenidas en cuenta todas las entradas y salidas del sistema.

Finalmente para realizar una valoración integral de los sistemas de manejo y transformación analizados, se escogió la metodología enunciada por el MESMIS para la integración de indicadores (Galván 2008).

Escala muestral

Los escenarios de abasto de maíz fueron caracterizados mediante el uso de fuentes primarias y secundarias como queda reflejado en la tabla 3.

Para realizar los cálculos del escenario de altos insumos (AAI) se promediaron los resultados en función del porcentaje de maíz procedente de cada región según el estudio de Orozco (2007): Sinaloa 50%, La Barca 21%, El Bajío 29%.

Para el estudio de la fase de transformación fueron realizadas 14 entrevistas estructuradas (7 microempresarias con estufa convencional y 7 microempresarias con estufa Patsari) (Tabla 4).

Tabla 4. Número de entrevistas por comunidad y tipo de estufa.

COMUNIDAD	NÚMERO DE ENTREVISTAS	
	PATSARI	ESTUFA CONVENCIONAL
ZONAS DE INFLUENCIA DE PÁTZCUARO		
1) Colonias de Pátzcuaro - El Manzanillal - Colonia Nueva del Cristo - Colonia Vasco de Quiroga	6	4
2) Tzurumútaró		
ZONA NORTE DEL LAGO		
- San Jerónimo - Purenchécuaro - Santa Fe de la Laguna	1	3
TOTAL	7	7
TAMAÑO TOTAL DE LA MUESTRA	14	

En el estudio de la cuenca sólo se incluyeron las comunidades rurales o periurbanas con presencia de ambas tecnologías, ya que el tipo de microempresaria estudiado tiene un perfil eminentemente rural.

La estrategia de muestreo escogida, por ser considerada la más adecuada dada la naturaleza del estudio fue la de la determinación a priori de la estructura de la muestra, y más en concreto el muestreo con grupos sociales definidos de antemano (Flick 2004).

RESULTADOS

Abasto (producción y transporte) del maíz

Medios de Vida Rural Sostenible

Capital humano y natural

Del análisis del capital humano y natural de la fase de abasto del maíz se concluye que el entorno socio-económico y productivo se ve condicionado por las dinámicas regionales existentes. Los resultados mostraron que:

- Sinaloa y la Barca (AAI) se configuran como regiones productivistas, con unidades de producción extensas (por encima de las 20 ha), con gran apoyo gubernamental, orientadas al monocultivo y con un mayor nivel de estudios y tecnificación de los productores. El Bajío (AAI) sin embargo presenta unidades de producción más pequeñas, con una importante extensión dedicada a los pastos, más dependiente de las remesas exteriores y con el peor nivel educativo de las regiones estudiadas. Las regiones productivas con agricultura de altos insumos presentan en todos los casos un nivel de hablantes indígenas por debajo del 5%.
- Las unidades productivas de Paracho y San Francisco Pichátaro (ABI y AMI), por el contrario se

caracterizan por una actividad económica diversificada, con menor superficie de producción pero mayor número de usos (agrícola, forestal y pastoral) y fuerte presencia de terrenos comunales y de hablantes indígenas (70% en el caso de Paracho).

- Del análisis del sexo y características lingüísticas de los productores destaca que mayoritariamente el titular de las unidades de producción es hombre, con porcentajes mayores al 84% en todas las regiones. También destaca que en todas las regiones las productoras hablan la lengua indígena en una mayor proporción que los productores masculinos.

Capital financiero

Del análisis de los datos económicos reportados por el INEGI emergió que las principales problemáticas para desarrollar la actividad agraria en las regiones estudiadas fueron el alto costo de insumos y servicios, las pérdidas por cuestiones climáticas y el difícil acceso al crédito.

El mercado del trabajo de estas regiones responde a dinámicas nacionales. Éstas se caracterizan por un trabajo de fuerte carácter temporal o estacional (contratos de menos de 6 meses) y con mano de obra predominantemente masculina (por encima del 80% en todos los casos).

Los resultados de los cálculos económicos del capital financiero arrojan que, como se observa en la tabla 5, el sistema con mayor costo de producción fue el de AMI, debido al uso intensivo de mano de obra (mayoritariamente familiar, por lo que podría estar sobrestimada) y al uso de fertilizantes de síntesis química.

El sistema con mayor costo de transporte fue el de AAI, ya que es el más distante a San Francisco Pichátaro.

Tabla 5: Cálculos económicos de la fase de producción y transporte de maíz (USD/kg tortilla).

	AAI	AMI	ABI
COSTES DE PRODUCCIÓN	0,16	0,36	0,04
COSTES DE TRANSPORTE	0,19	0,001	0,06
TOTAL	0,35	0,36	0,1
BENEFICIOS	0,10	0,08	0,34
BENEFICIO/COSTO	0,28	0,22	3,34

También cabe destacar que tanto en el AAI como en el ABI el costo de transporte fue mayor que el de producción, en el segundo caso debido a la gran fragmentación parcelaria de la S.P.R., ya que los socios tienen una media de 3 parcelas repartidas en ocho localidades diferentes, algunas muy distantes entre ellas y con una superficie media de 2,33 ha.

Destaca también el bajo costo de los insumos del escenario ABI, ya que se aprovechan recursos locales o subproductos orgánicos de bajo coste (estiércol de

granjas cercanas, melaza de ingenios azucareros cercanos, etc).

Para el cálculo del beneficio se tuvo en cuenta un precio de venta igual para los tres escenarios de 0,44 USD/kg maíz, pese a que el maíz orgánico tiene un precio de mercado superior.

Por último cabe destacar que según estos cálculos el único escenario rentable (cociente beneficio/costo mayor o igual a 1) sería el de ABI.

Cálculo de la huella de carbono

Los resultados de los cálculos de los tres escenarios se muestran a continuación.

Agricultura de altos insumos (AAI)

La región de abasto con mayor huella de carbono de este escenario fue la de Sinaloa-Los Mochis, con 0,331 kg CO₂ eq./kg tortilla. Su comportamiento ambiental se vio fuertemente penalizado por la fase de transporte (63% de sus emisiones) con una distancia de 1170 km hasta San Francisco Pichátaro. Otros factores importantes fueron el elevado uso de fertilizantes y de agua de riego.

En la región del Bajío las emisiones sumaron un total de 0,129 kg CO₂ eq./kg tortilla, con una distancia a San Francisco Pichátaro de 311 km.

Por último la región de la Barca tuvo la huella de carbono más elevada en la fase de producción del maíz debido a que duplicó el uso de fertilizantes e insecticidas en comparación con las otras dos regiones. En el cómputo final las emisiones de esta región fueron de 0,2 kg

CO₂ eq./kg tortilla, con una distancia a San Francisco Pichátaro de 179 km.

Promediando los valores de estas tres regiones teniendo en función de los porcentajes de abasto se obtuvo una huella de carbono para el escenario de AAI de 0,244 kg CO₂ eq./kg tortilla (tabla 6).

Agricultura de medios insumos

En el caso del escenario de abasto de medios insumos casi la mitad de las emisiones de GEI son debidas al uso de fertilizantes (48%), dato que llama mucho la atención, máxime habida cuenta de los bajos rendimientos obtenidos ese año (0,9 t/ha). La incidencia del transporte en este sistema fue nula, ya que el maíz se produce localmente para su consumo y venta *in situ*.

Las emisiones totales de este escenario fueron de 0,12 kg CO₂ eq./kg tortilla.

En la tabla 7 se desglosan las emisiones en función de la actividad y tipo de insumo utilizado.

Agricultura de bajos insumos

En este escenario el transporte fue la etapa con más peso en las emisiones (65% de las emisiones totales), en particular el transporte de los insumos de la bodega a los campos. Esto se debe a la ya mencionada fragmentación parcelaria de la S.P.G., con presencia de parcelas relativamente pequeñas en 8 municipios, en ocasiones bastante distantes a la bodega situada en Paracho (Michoacán).

Las labores agrícolas fueron responsables del 32% de las emisiones, siendo la escarda la labor que más emisiones genera (29%), ya que se realiza dos veces al año,

Tabla 6: Emisiones de CO₂ eq./kg tortilla en las tres regiones del escenario de AAI.

	TAREA	Sinaloa- Los Mochis	El Bajío	La Barca	Promedio emisiones AAI
ETAPA DE PRODUCCIÓN AAI	Labranza	0,02	0,02	0,00	0,015
	Semilla	0,01	0,01	0,01	0,012
	Siembra	0,00	0,00	0,00	0,002
	Fertilizantes	0,06	0,05	0,12	0,067
	Flete y maniobras fertilización	0,00003	0,00002	0,00005	0,00003
	Escarda	0,002	0,002	-	0,001
	Agua	0,03	-	-	0,014
	Insecticidas	0,00	0,00	0,03	0,008
	Aplicación insecticidas	0,001	-	-	0,0003
	Herbicidas	-	0,01	0,01	0,004
	Aplicación mecánica herbicidas	-	-	0,001	0,000
	Trilla	0,01	0,01	0,01	0,007
	Total producción	0,12	0,10	0,18	0,129
ETAPA DE TRANSPORTE AAI	Total transporte	0,207	0,030	0,017	0,116
TOTAL ABASTO AAI (producción + transporte)	Total AAI	0,331	0,129	0,199	0,244

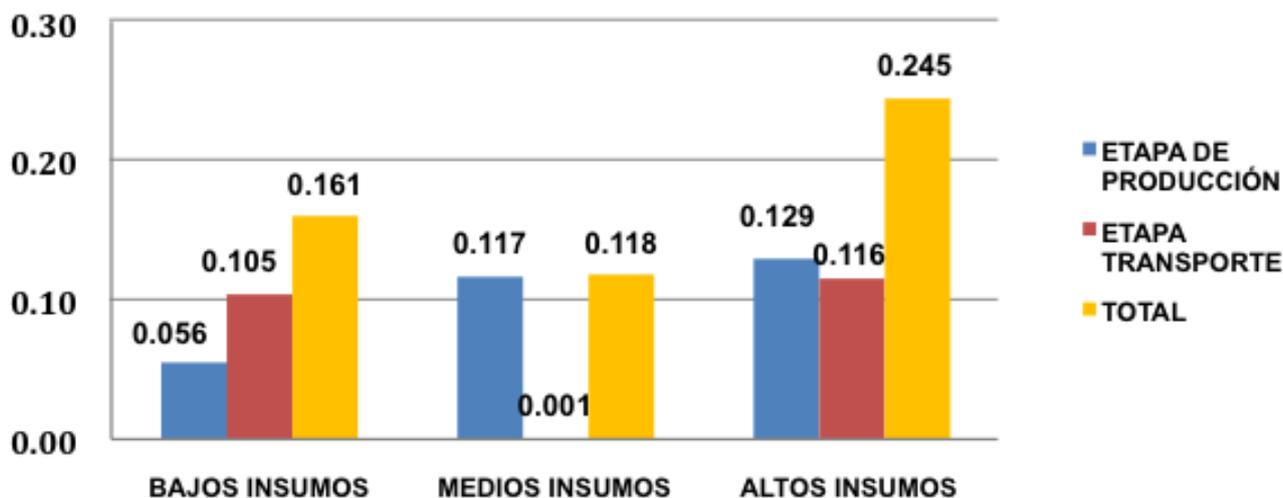
El rendimiento promedio de este escenario productivo fue de 7,3 t/ha.

Tabla 7. Emisiones de CO₂ eq./kg tortilla en escenario de AMI

	Actividad	Insumo	Emisiones promedio (kg CO ₂ /kg tortilla)
ETAPA PRODUCCIÓN AMI	Barbecho	Diésel	0,0375
	Cruza	Diésel	0,0075
	Siembra	Diésel	0,0087
		Fertilizante	0,0247
	Control de arvenses 1	Herbicida	0,0007
	1° escarda	Diésel	0,0027
	2° escarda	Diésel	0,0012
	Control de arvenses 2	Herbicida	0,0024
	2° fertilización	Fertilizante	0,032
	Cosecha	Gasolina	0,0002
Total producción			0,1176
ETAPA TRANSPORTE AMI	Transporte insumos	Gasolina	0,0003
	Total transporte		0,0003
Total ABASTO AMI (producción + transporte)		Total AMI	0,118

Tabla 8. Emisiones de CO₂ eq./kg tortilla en el escenario de ABI

	Actividad	Emisiones promedio (kg CO ₂ eq./kg tortilla)	
ETAPA DE PRODUCCIÓN ABI	Desbarado e incorporación de rastrojo	0,0072	
	Aplicación de composta	0,0072	
	Siembra	0,0072	
	Escarda	0,0144	
	Chaponeo	0,0043	
	Aplicación foliar	0,0072	
	Cosecha	0,0128	
ETAPA TRANSPORTE ABI	Transporte insumos a bodega	0,00001	
	Transporte insumos a campo	0,067	
	Transporte de cosecha a bodega	0,035	
	Transporte de cosecha a San Francisco Pichátaro	0,002	
TOTAL ABASTO ABI (producción + transporte)		Total ABI	0,161

**Figura 4:** Emisiones GEI en los tres escenarios de abasto (kg CO₂ eq./kg tortilla).

seguida de cuatro labores que tienen igual peso en las emisiones, el desbarado e incorporado del rastrojo, la aplicación de composta y foliar y la siembra.

Las emisiones totales de este sistema fueron de 0,16 kg CO₂ eq./kg tortilla (tabla 8) y el rendimiento promedio fueron 3 t/ha.

Comparación entre escenarios de abasto

En la figura 4 se pueden observar las emisiones de gases de efecto invernadero de los tres sistemas de abasto, divididos en etapa de producción y de transporte, así como el total de las emisiones de cada escenario.

Transformación del maíz Medios de Vida Rural Sostenible

Capital humano

Del análisis del capital humano se obtuvo que el perfil socioeconómico de las microempresarias es muy similar independientemente de la tecnología utilizada, esto es:

- Las encargadas de la elaboración y venta de las tortillas en todos los casos fueron mujeres, como depositarias de esta tradición.
- La unidad familiar promedio se compone de 5 a 7 miembros conviviendo y económicamente dependientes de la actividad de las microempresarias. La venta de tortillas es un pilar muy importante para el sustento de la unidad familiar, pero no es suficiente por sí sola para hacer frente a todos los gastos. Por tanto en todos los casos otros familiares aportan dinero y en la mitad de los casos ayudan puntualmente en la elaboración de tortillas.
- En un tercio de los núcleos familiares el cónyuge migró a los EEUU y luego regresó. Dichas migraciones ocurrieron antes de la instalación de la estufa Patsari en los microtalleres que cuentan con una, lo que podría evidenciar cierta capacidad de fijación de la población rural.
- La edad media de las microempresarias es de 50,64 años, siendo el intervalo más escasamente representado es de menores de 30 años.
- Se obtuvo también que más del 60% llevan más de 10 años en el sector y el 43% se declaran cansadas.
- Las modalidades de venta más extendidas son en el microtaller/domicilio y la venta puerta por puerta. Más minoritarias son las modalidades de venta en puestos informales fuera del mercado de Pátzcuaro, seguidas de la venta en un local ya sea rentado o propio. Estos datos evidencian la informalidad del oficio de tortillera, que por un lado las beneficia, en cuanto cualquier mujer puede potencialmente convertirse en microempresaria, pero por otro lado las perjudica ya que no tienen acceso a beneficios sociales como la jubilación o la

baja por enfermedad.

- En cuanto a los precios de venta de las tortillas se obtuvo que las microempresarias más cercanas a Pátzcuaro obtienen un mejor precio de venta por su producto, mientras las mujeres cuyo domicilio se encuentra más periférico obtienen gradualmente un beneficio menor. Esto se debe a que los clientes más cercanos a Pátzcuaro pueden o están dispuestos a pagar un precio superior al pagado en comunidades más periféricas. Esto penaliza a las microempresarias de la zona norte del lago, obligándolas a vender las tortillas al mismo precio que las tortillerías industriales de la zona.

El análisis de género en este trabajo se puede considerar transversalmente, ya que está presente en muchos de los aspectos analizados, por tanto se exponen los aspectos específicos asociados a la condición de mujer de las empresarias.

- En la totalidad de los hogares que poseen tierras de cultivo (28,57%), las mujeres participan activamente en las labores agrícolas, por lo que se retiran algunos meses al año de la producción de tortillas, ya que el trabajo en el campo les exige una dedicación promedio de 130,13 horas/año. La toma de decisiones de qué variedades sembrar fue una decisión consensuada con el esposo en el 75% de los casos.

En cuanto a los riesgos para la salud de las microempresarias numerosas evidencias científicas apuntan a que la exposición a contaminantes en el interior de las viviendas, como consecuencia del uso de combustibles sólidos en estufas abiertas o cocinas tradicionales, aumentan el riesgo de morbilidad y de muerte prematura (Albalak *et al.* 2001; Smith y Ezzati 2005; Von Schirndig *et al.* 2002; Naeher *et al.* 2007).

Las PM_{2,5}, del inglés particulate matter, material particulado en castellano, son partículas en suspensión de menos de 2,5 micras (µm) en forma sólida o líquida (polvo, cenizas, hollín y partículas metálicas, entre otras). Representan un indicador muy importante de la contaminación de un determinado ambiente, ya que, por su gran penetración en las vías respiratorias, tienen efectos muy graves sobre la salud (Linares y Díaz 2008).

Otra importante fuente de contaminación del interior de las cocinas con estufas de leña es el monóxido de carbono (CO), producido por la combustión incompleta de la leña. Una vez inhalado, el CO se liga a la hemoglobina de la sangre, con una afinidad 220 veces mayor a la del oxígeno, formando un compuesto inactivo fisiológicamente llamado carboxihemoglobina. Esta sustancia no permite la oxigenación de los tejidos, especialmente los del cerebro y el corazón.

El tiempo promedio de exposición al humo de la muestra analizada es de 5,86 horas al día (1,02 en la coc-

ción del nixtamal, 0,40 para la elaboración de las tortillas de consumo doméstico y 4,43 en la elaboración de las tortillas para la venta), 284,8 días al año. Teniendo en cuenta estos datos las microempresarias con Patsari declararon haber percibido una mejoría en su salud tras la adopción de esta tecnología, asociada a la drástica reducción en la exposición a los gases de combustión de la leña. Los principales malestares que dejaron de padecer fueron ardor en los ojos, dolor de garganta y resfriado.

En cuanto a las microempresarias con estufas convencionales el 85,7% perciben que hacer tortillas perjudica su salud y la de sus familiares, siendo los principales malestares manifestados dolor de huesos, ardor en los ojos, diabetes, asma y dolor de cabeza. En cuanto a la inhalación de humos el 71,4% declaró sentir molestias por esta causa y el 85,7% estaría interesada en tener un fogón que no produjera humo.

Para cuantificar las mejorías en la salud de las microempresarias derivadas de la instalación y uso de la estufa Patsari, se consultó un trabajo de Armendáriz *et al.* (2008). En dicho trabajo se realizó un estudio de caso donde fueron medidas las reducciones de PM_{2.5} y CO tanto en exposiciones personales antes y 24 horas después de la instalación de la Patsari, como en el interior de las cocinas antes y 48 horas después de la instalación de la Patsari en 60 hogares del Estado de Michoacán, teniendo en cuenta la tipología de cocina. Para trasladarlo a nuestro caso de estudio se calcularon los intervalos de variación de las emisiones antes (con fogón tradicional) y después de la instalación de la estufa, teniendo en cuenta la tipología de cocina de las microempresarias entrevistadas (tablas 9 y 10). Las tipologías de cocina identificadas fueron 3, y se clasificaron en función de la cantidad y ubicación de las estufas dentro del hogar. La primera tipología agrupa a las cocinas con una sola estufa de leña, en la segunda habría una estufa y un fogón de leña en la misma cocina y en la tercera el fogón se situaría fuera de la cocina, en el patio de la casa. El fogón

se utiliza fundamentalmente para calentar agua para el baño y para la cocción del nixtamal.

La tipología de cocina menos dañina para la salud es la de uso exclusivo de la Patsari, seguida de la Patsari con fogón fuera de la cocina. En la figura 5 se puede observar como las concentraciones de PM_{2.5} antes de la instalación de la Patsari en las tres tipologías de cocina rebasan ampliamente el nivel diario recomendado por la OMS de 25 µg/m³. También se puede observar cómo, tras la instalación de la Patsari, en las tipologías 1 y 3 dichas concentraciones se ajustan más a ese umbral, pese a ser ligeramente superiores. Estas disminuciones tienen un gran impacto sobre la salud, ya que se ha demostrado que para reducciones de 10 µg/m³ los niveles de la mortalidad prematura disminuyen hasta en un 6% (Linares y Díaz 2008).

En la figura 6 destaca que, salvo en el caso de las cocinas con dos fogones de leña dentro de la cocina, los niveles de CO iniciales están ligeramente por debajo del valor límite para 8 horas diarias para la protección de la salud humana de 8,7 ppm. Una vez instalada la Patsari, las concentraciones se reducen en un 79,5% en la tipología 1, un 67,6% en la tipología 2 y un 58,15% en la tipología 3, con los consecuentes beneficios para la salud humana.

En cuanto a la satisfacción y nivel de adopción de la tecnología las microempresarias con Patsari se manifestaron contentas con su estufa, siendo el promedio de años de uso de la estufa de 5,7, aunque en menos de la mitad de los casos se tuvo una dificultad inicial (tiempo de adaptación de un mes) para que la estufa calentara. Esto puso en evidencia la necesidad de llevar un seguimiento por parte de los técnicos para garantizar el éxito en la adopción.

Capital natural

El 28,6% de las microempresarias participantes en el trabajo declaró ser propietaria de tierras dedicadas al cultivo de autoconsumo, con una dimensión media de explotación de 2 hectáreas, por lo que pueden ser cla-

Tabla 9. Reducción de pm_{2.5} en el interior de las cocinas 48 h después de la instalación de la Patsari. Fuente: elaborada a partir de Armendáriz *et al.* (2008).

Tipología de cocina	Nº de microempresarias	PM _{2.5} antes	PM _{2.5} después	Δ (mg/m ³)
1	2	1,04	0,32	0,72
2	5	1,25	0,38	0,87
3	7	0,75	0,32	0,43
Promedio		1,01	0,34	0,67

Tabla 10: Reducción de CO en el interior de las cocinas de 48 h después de la instalación de la Patsari. Fuente: elaborada a partir de Armendáriz *et al.* (2008).

Tipología de cocina	Nº de microempresarias	CO antes	CO después	Δ (ppm)
1	2	7,8	1,6	6,2
2	5	10,8	3,5	7,3
3	7	7,4	3,1	4,3
Promedio		8,7	2,7	5,9

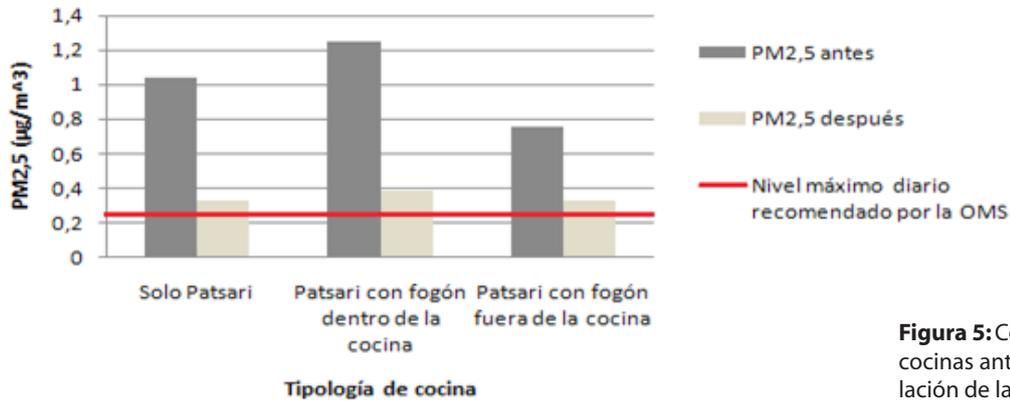


Figura 5: Concentración de PM2,5 en las cocinas antes y 48h después de la instalación de la estufa Patsari.

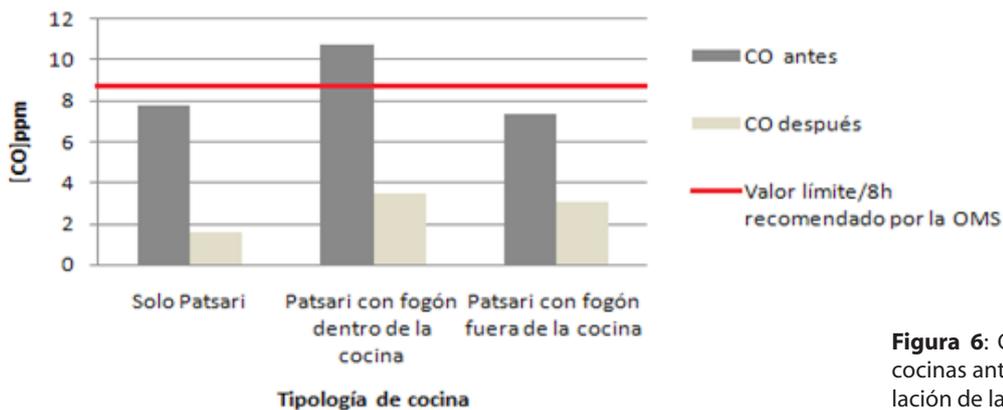


Figura 6: Concentración de CO en las cocinas antes y 48h después de la instalación de la estufa Patsari.

sificadas como pequeñas propietarias. Los cultivos presentes en dichas explotaciones fueron maíz criollo de diferentes variedades (blanco, rojo, negro), leguminosas (*Phaseolus vulgaris*, *Lens culinaris*, *Vicia faba*) y especies forrajeras (*Vicia sativa*).

En cuanto al porcentaje de autoabastecimiento de maíz destaca que las microempresarias con terrenos son autosuficientes en un 64,6%, teniendo que adquirir maíz 4,25 meses al año como promedio.

En cuanto a la preferencia del maíz para hacer tortillas se obtuvo que las microempresarias se decantan mayoritariamente por el maíz criollo, ya sea para el consumo doméstico o para la venta. Se observó mayor afinidad por el criollo en el consumo doméstico debido a que los criterios de elección del maíz de las tortillas para la venta están condicionados por factores del mercado, en este caso la preferencia del consumidor y la escasez de maíz criollo en determinados periodos del año.

En las comunidades estudiadas la leña es un recurso estratégico, cuyo abasto se dificulta en temporada de lluvias (de mayo a septiembre), bien porque la leña está húmeda o bien porque las vías de comunicación de las zonas de extracción o aserraderos a las comunidades se ven interrumpidas o dañadas. Por otro lado un tercio de las microempresarias percibe que su gasto en leña ha aumentado en los últimos 5 años.

Las modalidades de adquisición de la leña de las microempresarias entrevistadas fueron dos, la compra de

la leña local y su recolección en los cerros cercanos. La primera opción fue la mayoritaria, ya que sólo tres señoras declararon recolectar leña con ayuda familiar.

Se determinó que por cada kilogramo de tortilla producido se consumen en promedio 1,13 kilogramos de leña, 1,66 kg en el caso de los fogones tradicionales (con una desviación estándar de 0,86 y N igual a 7) y 0,6 kg en el caso de la Patsari (con una desviación estándar de 0,15 y N igual a 7). El promedio del consumo diario por unidad para la elaboración de tortillas es de 19,27 kg; 8,17 kg en el caso de la Patsari, 30,78 kg en el caso de la estufa convencional. Teniendo en cuenta que los días de venta al año en promedio son 284,8, el consumo anual es de 5488 Kg por unidad. Si se considera que hay en torno a 500 microtalleres de tortilla artesanal en la cuenca, el consumo promedio es de aproximadamente 2744 toneladas de leña al año.

Capital financiero

La jornada media de trabajo de las microempresarias es de 7,40 horas, sin tener en cuenta las pausas para almorzar. Cabe destacar que la elaboración de las tortillas es la tarea que mayor tiempo requiere seguida de la venta de las mismas. Comparativamente el tiempo dedicado a la elaboración de las tortillas para el gasto doméstico es casi despreciable.

La cantidad de tortillas que se vende al día es muy variable, siendo el promedio de 19,13 docenas por día de

Tabla 11: Relación de beneficios, costes y beneficio/coste anual medio de las microempresarias en USD (\$).

	Nº entrevista	Beneficio bruto anual	Coste anual medio	Beneficio neto anual	Beneficio neto/Coste	Promedio Beneficio neto/Coste
PATSARI	1	2843,66	1937,72	905,94	0,47	1,65
	2	2420,68	1107,58	1313,09	1,19	
	3	3554,58	1512,81	2041,77	1,35	
	5	6295,04	3138,22	3156,82	1,01	
	8	1528,85	504,01	1024,84	2,03	
	10	3153,25	602,30	2550,95	4,24	
	14	2359,78	1058,25	1301,53	1,23	
FOGÓN TRADICIONAL	4	7357,59	3091,18	4266,41	1,38	0,85
	6	3822,12	1287,43	2534,70	1,97	
	7	6019,85	2436,81	3583,04	1,47	
	9	2866,59	2349,53	517,06	0,22	
	11	5457,99	4405,12	1052,87	0,24	
	12	2568,47	2025,26	543,21	0,27	
	13	2293,27	1673,80	619,47	0,37	

venta, el rango más frecuente es de 15 a 28 docenas al día. La inversión promedio es de 6,5 dólares al día para la producción de tortillas sin contar la mano de obra familiar. El costo monetario promedio por docena es 0,36 dólares y el precio de venta varía entre 0,59 y 0,64 dólares, por lo que el ingreso promedio por docena de tortillas vendidas es de 0,34 dólares.

La mitad del gasto procede de la adquisición del maíz, seguido por el gasto en el molino y en la leña. Se hizo el cálculo de la demanda de maíz anual de las microempresarias, desagregándola en demanda de maíz criollo y demanda de maíz híbrido, obteniendo que casi el 70% del maíz utilizado en la zona de estudio fue de variedades nativas.

El precio del maíz varía en función de si es criollo o híbrido y de la época del año, el precio del primero fluctuó entre 0,35 y 0,42 dólares el kilo y el híbrido entre 0,37 y 0,44 dólares el kilo, siendo por tanto un 4% más caro.

En cuanto al gasto asociado a la compra de leña destaca que las señoras que no disponen de Patsari gastan 2,1 veces más en leña que las señoras con la estufa mejorada. También se desglosó el promedio de kilogramos de leña utilizados para elaborar 1kg de tortillas, obteniendo que las señoras con Patsari utilizan 2,7 veces menos leña. En cuanto al precio de la leña se observa que prácticamente en todas las comunidades el precio es común, 0,07 dólares el leño de 1 kg.

El pago de transporte colectivo es similar en los casos en los que se hace uso, 1,18 USD el pasaje por trayecto. Por último las señoras suelen comprar bolsas de plástico por kg, con un precio medio de 0,28 USD/kg, utilizan en promedio 116,6 kg bolsas/año, lo que es relativamente reducido, ya que la mayoría de los clientes lleva su propia servilleta de tela.

En cuanto a la ganancia neta anual se encuentran dos casos. En primer lugar tendríamos a las microempresarias cuyo ingreso anual está por debajo del salario mínimo (4,7

USD/día, 1335 USD/año teniendo en cuenta los 284,8 días trabajados promedio). Esta situación es especialmente grave, ya que el salario mínimo mexicano es el más bajo de toda Latino América y está por debajo de la línea de pobreza (CEPAL 2014). En este caso se encuentran 8 unidades familiares, 4 con estufa Patsari y 4 con fogón tradicional, aunque cabe destacar que éstas últimas son aquellas que se encuentran más alejadas de este umbral. En segundo lugar se encuentran las señoras con un ingreso superior al salario mínimo, llegando en algunos casos a duplicarlo.

En cuanto a la relación beneficio neto anual/coste neto anual, 5 microtalleres no son rentables (relación beneficio neto/coste inferior a 1), 1 con Patsari y 4 sin Patsari, de los cuales 3 se encuentran en la zona norte del lago (tabla 11).

Por tanto se evidencia que la Patsari es un instrumento útil a la hora de dar viabilidad a la empresa familiar ya que las señoras con fogón tradicional tienen relaciones gasto/ganancia 2,72 superiores a las señoras con Patsari, lo que hace que este grupo tenga que invertir más capital para generar un mismo producto, haciéndolas más ineficientes en el uso de recursos.

Las microempresarias que cultivan maíz (entrevistas 6, 8, 10 y 14) tienen relaciones beneficio neto/costo más altas, con un promedio de 1,96, lo que supone que sus costes/beneficios son un tercio de los del promedio de las entrevistadas, teniendo en cuenta que, debido a las restricciones de tiempo se consideró que el maíz de autoconsumo tenía un gasto igual a cero. El hecho de que recolecten la leña en el cerro, también supone un ahorro para sus economías con una reducción del 37,2% en la relación coste/beneficio, habiéndose incluido en este caso el gasto de combustible realizado para el transporte de la leña al hogar, excluida la mano de obra.

En los casos en los que la empresa no es rentable, las señoras siguen en el sector porque en muchos casos no son conscientes del estado de sus cuentas, ya que viven

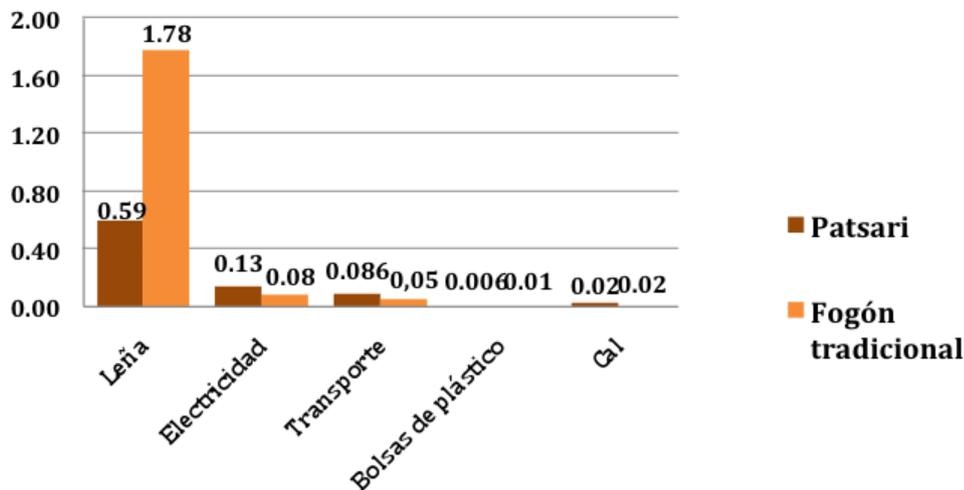


Figura 7. Emisiones de CO₂ eq./kg tortillas con Patsari y fogón tradicional asociadas a cada tipo de insumo

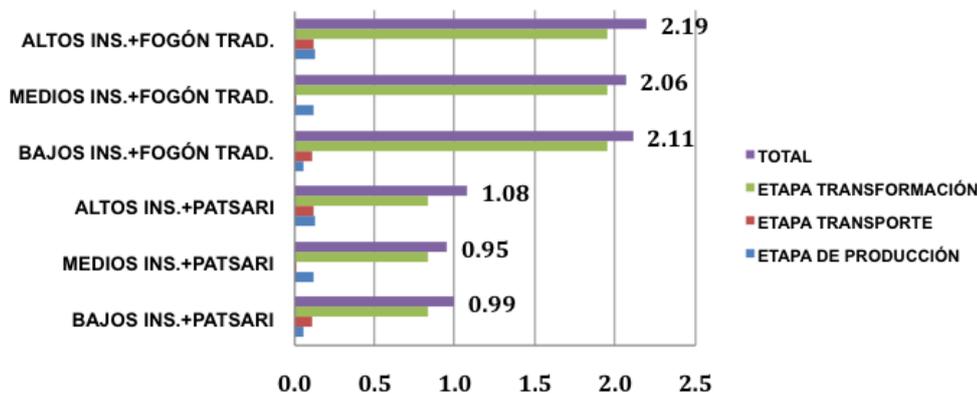


Figura 8. Emisiones de GEI en los seis escenarios alimentarios estudiados (kg CO₂ eq./kg tortilla).

al día. Además suelen complementar sus ingresos con la ayuda familiar, la autoproducción de alimentos o el trueque de sus tortillas por otros alimentos en el mercado de Pátzcuaro o de otras comunidades.

Cabe destacar que si se monetarizara la ayuda familiar probablemente la mayoría de las microempresarias no podría hacer frente al gasto que se generaría.

Cálculo de la huella de carbono

La principal actividad emisora de GEI es la derivada de la quema de leña, esto es la elaboración de tortillas y la cocción del nixtamal, que en conjunto son responsables del 79% de las emisiones liberadas.

La elaboración de tortillas genera 0,39 kg CO₂ eq./kg tortilla con Patsari y 1,22 kg CO₂ eq./kg tortilla con fogón tradicional. La cocción del nixtamal genera 0,19 kg CO₂ eq./kg tortilla con Patsari y 0,57 kg CO₂ eq./kg tortilla con fogón tradicional.

Según los resultados obtenidos el fogón tradicional sería responsable del 71% de las emisiones en el caso de la cocción del nixtamal, aumentando al 75% en el caso de la elaboración de las tortillas, lo que equivale a decir que la estufa Patsari emite 2,5 veces menos GEI en el primer caso y 4 veces menos en el segundo caso.

En el resto de insumos y etapas las diferencias en la cantidad de GEI emitidos entre una y otra tecnología

son atribuibles a factores externos como la potencia del molino en el caso de la electricidad, el uso o no de transporte colectivo o de leña recolectada en el caso de las emisiones por el uso de transporte, el uso de bolsas de plásticos o la cantidad de cal utilizada en promedio, que resultó idéntica en ambos casos.

El consumo de electricidad para moler la masa aportó el 11% de los GEI totales con un valor de 0,11 kg CO₂ eq./kg de tortillas, 0,13 en el caso de la Patsari y 0,08 en el caso de la estufa convencional.

La fase de transporte supuso un 7% de las emisiones totales con 0,07 kg CO₂ eq./kg de tortillas, 0,09 con Patsari y 0,05 con fogón convencional, distribuidas en transporte colectivo, transporte de leña recolectada y transporte de leña comprada.

Por último los embalajes y la cal fueron los inputs con menor aportación a las emisiones, con 0,007 (1%) y 0,02 kg CO₂ eq./kg de tortillas (2%) respectivamente.

En la figura 7 se pueden observar las emisiones de cada tipo de tecnología en función de los insumos utilizados.

Comparación entre escenarios

Una vez obtenidos los resultados de las emisiones en las diferentes fases en la figura 8 se observa que la transformación en tortilla es la etapa del proceso con mayor peso (87,3% de las emisiones totales en promedio).

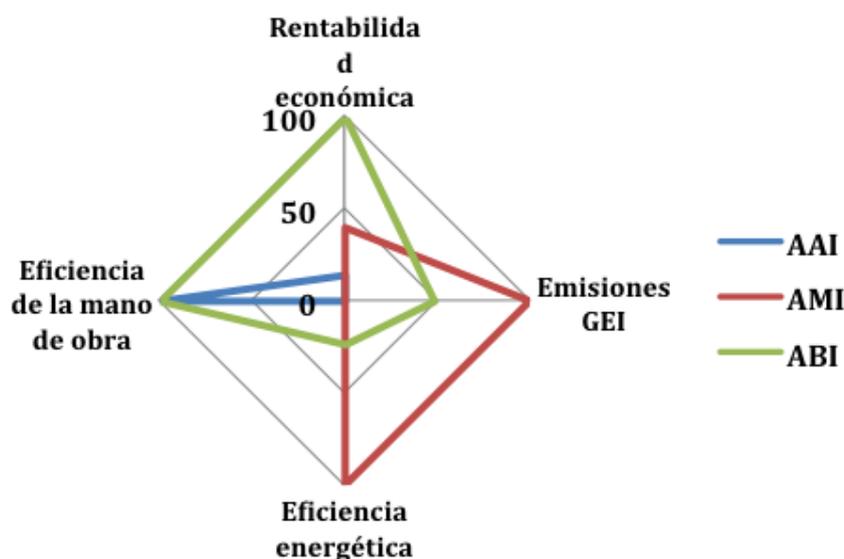


Figura 9: Resultados estandarizados de los indicadores calculados para los tres sistemas de abasto (producción y transporte) estudiados.

Tabla 12. Matriz de resultados de los tres sistemas de abasto (producción y transporte) estudiados

INDICADOR	UNIDADES	INTERVALO DE REFERENCIA	DIRECCIÓN DE CAMBIO DESEADA	AAI	AMI	ABI	AAI estandarizado	AMI estandarizado	ABI estandarizado
Rentabilidad económica	Beneficio neto/costo kg tortilla	Valor mínimo=1	MAX	0,28	0,77	3,34	14,1	40	100
Emisiones GEI	kg tortilla/kg CO ₂ eq.	0-0,245	MAX	4,08	8,47	6,21	0	100	48
Eficiencia energética	kg tortilla/MJ	35-156	MAX	35,09	156,22	63,74	0	100	24
Eficiencia de la mano de obra	kg tortilla/h trabajada	0,02-0,3	MAX	50,00	3,33	50,00	100	0	100

Tabla 13: Matriz de resultados de los dos sistemas de transformación estudiados

INDICADOR	UNIDADES	INTERVALO DE REFERENCIA	DIRECCIÓN DE CAMBIO DESEADA	PATSARI	FOGÓN TRADICIONAL	PATSARI estandarizado	FOGÓN TRADICIONAL estandarizado
Contaminación cocinas PM_{2,5}	kg tortilla/μg/m ³	0-3,13	MAX	3,13	0,90	100	28,90
Contaminación cocinas CO	kg tortilla/ppm	0,011-0,37	MAX	0,37	0,10	100	24,87
Rentabilidad	Beneficio neto/costo kg tortilla	Valor mínimo=1	MAX	1,65	0,85	82,5	42,5
Emisiones GEI	kg tortilla/ kg CO ₂ eq.	0-1,20	MAX	1,20	0,52	100	42,89

Por otro lado el escenario con una menor huella de carbono fue el compuesto por la AMI con estufa Patsari muy seguido por el escenario de ABI con Patsari. En el polo opuesto, con la mayor huella de carbono encontramos el AAI con fogón convencional.

Integración de indicadores

En la presente sección se presenta la integración de los resultados de los indicadores escogidos separados en indicadores de la fase de abasto e indicadores de la fase de transformación.

A continuación se muestra la tabla 12 con la matriz de resultados originales y estandarizados de los tres sistemas de abasto en base al intervalo de referencia teniendo en cuenta y a la dirección de cambio deseada.

Con el objeto de facilitar la lectura de los resultados se procedió a elaborar la gráfica tipo ameba que se muestra a continuación (Fig. 9).

Finalmente se presenta la tabla 13 con la matriz de resultados originales y estandarizados de los dos sistemas de transformación de maíz en tortilla y su representación gráfica con un diagrama tipo ameba (Fig. 10).

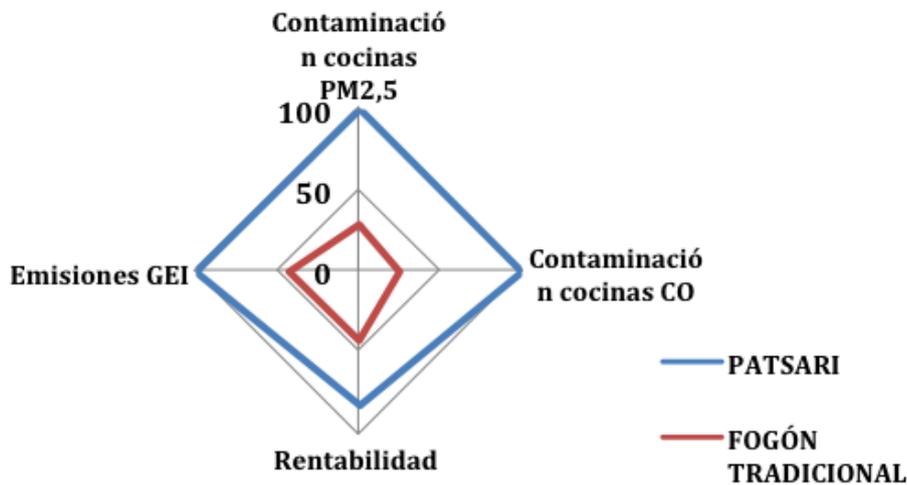


Figura 10: Resultados estandarizados de los indicadores calculados para los dos escenarios de transformación estudiados.

CONCLUSIONES

De la realización del presente trabajo se extraen las siguientes conclusiones de acuerdo con los objetivos propuestos y los análisis llevados a cabo.

Del análisis de Medio de Vida Sostenible de la fase de abasto del maíz a la CLP se observa que el entorno socio-económico y productivo se ve condicionado por las dinámicas regionales existentes. Por tanto se concluye que:

1. La agricultura de bajos insumos es la más rentable de los tres escenarios analizados, con beneficios que triplican los de los otros sistemas y costes de producción 9,5 veces menores que el sistema de medios insumos y 4,2 veces inferiores al de altos insumos.

Del cálculo de la Huella de Carbono del abasto de maíz se concluye que:

1. El escenario de abasto con menor huella de carbono por kg de tortilla es el escenario de agricultura de medios insumos (AMI), ya que al coincidir el punto de producción con el de venta las emisiones de la fase de transporte son despreciables.
2. Sin embargo si sólo consideramos la etapa de producción del maíz el escenario de agricultura de bajos insumos es la más respetuosa con el medio ambiente de las tres ya que emite 2,1 veces menos gases de efecto invernadero que la producción de medios insumos y 2,3 veces menos que la de altos insumos.
3. Las producciones de medios y altos insumos tienen un fuerte impacto sobre el medio, debido fundamentalmente al uso de fertilizantes de síntesis.
4. La etapa de transporte penaliza el comportamiento ambiental tanto de la producción de bajos como de altos insumos.

5. La eficiencia energética del sistema ABI y AAI es muy baja, debida en gran parte a la ya mencionada etapa de transporte.

Con respecto al Análisis de Medio de Vida Sostenible de la transformación del maíz en tortillas artesanales se concluye que, a pesar de que dicho proceso en la Cuenca del Lago Pátzcuaro es idéntico para las dos tecnologías analizadas (estufa Patsari y fogón tradicional), se observan diferencias sustanciales de la primera respecto a la segunda en los siguientes aspectos:

1. La estufa Patsari tiene potencial para fijar población rural y frenar el éxodo a los Estados Unidos de América. Pese a ello supone un reto garantizar la continuidad generacional del sector, debido a la elevada edad media de las microempresarias y a la escasa incorporación de jóvenes al negocio.
2. La instalación de la Patsari produce una mejora de las condiciones de salud tanto de las microempresarias como de sus familias, puesto que se ven reducidas tanto las concentraciones personales a los contaminantes, como las concentraciones ambientales. Estas mejoras se traducen en la disminución en la morbilidad.
3. La estufa mejorada Patsari genera un ahorro de leña del 63,85% por cada kilogramo de tortillas producidas. Si se instalaran estufas Patsari en los 500 microtalleres de la región, este ahorro se traduciría en una potencial disminución en el consumo de leña de 3219,66 toneladas/año¹.
4. Las microempresas que cuentan con la estufa Patsari presentan mayores niveles de rentabilidad,

¹ Se parte de la hipótesis de que en la situación inicial ningún taller tiene estufa Patsari. También se parte de la hipótesis de que todas las señoras de la región trabajan los mismos días y producen las mismas cantidades de tortillas que las de la muestra.

puesto que la adopción de esta tecnología supone una disminución de los gastos variables del 42,9%.

Con respecto al cálculo de la Huella de Carbono de la elaboración y distribución de las tortillas artesanales de la Cuenca del lago Pátzcuaro se concluye que:

1. La principal actividad emisora de GEI es la quema de leña, correspondiente a las etapas de cocción del nixtamal y a la elaboración de tortillas. Ésta es responsable del 79% de las emisiones totales del proceso. Las restantes emisiones están repartidas entre las demás etapas del proceso.

La estufa Patsari se configura como una herramienta útil para disminuir la huella de carbono del producto, ya que con el uso de esta tecnología la huella de carbono disminuyó un 33% respecto al fogón tradicional, debido a la reducción en la quema de leña.

Por todo lo anteriormente expuesto se puede concluir que la combinación de escenarios de abasto y transformación de maíz más sustentables a nivel ambiental, social y económico es la producción de maíz de bajos insumos combinada con la estufa mejorada Patsari.

Agradecimientos

Al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT IN2010015, ya que parte de la investigación fue realizada gracias a él.

REFERENCIAS

Albalak R, Bruce N, McCracken J, Smith K, De Gallardo T. 2001. Indoor respirable particulate matter concentrations from an open fire. Improved cookstove and LPG/open fire combination in a rural Guatemalan community. *Environmental Science and Technology* 35: 2650–2655.

Andersson K, Ohlsson T. 1999. Life Cycle Assessment of Bread Produced on Different Scales. *LCA Case Studies. The International Journal of Life Cycle Assessment* 4: 25–40.

Armendáriz C, Edwards R, Johnson M, Rojas L, Dáz R, Riojas-Rodriguez H, Masera O. 2008. Reduction in personal exposures to particulate matter and carbon monoxide as a result of the installation of a Patsari improved cookstove in Michoacán, México. *Indoor Air* 18: 93-105.

Astier M, Barrera-Bassols N. (eds.) 2007. Catálogo de maíces criollos de las Cuencas de Pátzcuaro y Zirahuén. GIRA, INE, INIFAP, SEDAGRO, UNAM, México.

British Standard Institution. 2011. PAS 2050. Publicly available specification PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Carney D. 1998. Implementing the sustainable rural livelihoods approach. London: Natural Resource Advisers' Conference. Department for International Development.

CEPAL. 2014. Salario mínimo en la agenda del desarrollo de América Latina y el Caribe.

DDR Cajeme. 2004. Costo de producción por hectárea del cultivo maíz. Sonora: Documento Interno Distrito de Desarrollo Rural Cajeme.

Flick U. 2004. Introducción a la investigación cualitativa. Madrid: Morata.

Fisher CT, Polland HP, Israde-Alcantara I, Garduño VH, Benerjee S. 2003. A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro basin, Michoacán, Mexico. *Proceedures of the National Academy of Sciences* 100(8): 4957–4962.

Galván MY. 2008. Integración de indicadores en la evaluación de sustentabilidad. En *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (Astier M, Masera O, Galván MY, eds.). México: Mundi-Prensa.

Hernández CF, Luna L. 1999. Manejo de la energía en los sistemas de producción agrícola en Yuriria, Guanajuato. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo. México.

INEGI. 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Tabulados básicos. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est> (con acceso el 26 de junio de 2017).

Linares C, Díaz J. 2008. Las PM2,5 y su impacto sobre la salud. El caso de la ciudad de Madrid. *Ecosostenible* 35: 32-37.

Mapes C, Toledo VM, Barrera N, Caballero J. 1994. La agricultura en una región indígena: la cuenca del lago de Pátzcuaro. En *Agricultura indígena: pasado y presente* (Rojas T, eds.). México DF: Ediciones de la Casa Chata, pp 275-341.

Mendoza R, Macías JL, Cortés M. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el Norte de Sinaloa y su impacto económico. México: Folleto técnico 21 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Morales D. 2004. Producción y aplicación de abonos orgánicos para reducir costos de producción en el cultivo del maíz en San José de la Catarina, Salvatierra, Guanajuato. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo, México.

Naeher LP, Brauer M, Lipsett M, Zelikoff JT, Simpson CD, Koenig JQ, Smith KR. 2007. Woodsmoke Health Effects: A Review. *Inhalation Toxicology* 19: 67–106.

Orozco Q. 2007. El sistema alimentario del maíz en Pátzcuaro, Michoacán. Morelia: Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM Morelia.

- PAS 2050. Publicly available specification PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. ICS code: 13.310;91.190 ISBN:978-0-580-71382-8.
- Plaza GD. 1998. Comparación de los sistemas de producción de cultivos básicos en el municipio de Salvatierra, Guanajuato. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ramírez G. 2001. Rentabilidad financiera de maíz, trigo y sorgo en Guanajuato y maíz en Sinaloa, bajo el sistema de labranza convencional y de conservación. Texcoco. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Smith KR, Ezzati M. 2005. How environmental Health Risks change with development: the epidemiologic and environmental risks transitions revisited. *Environmental Resources* 30: 291–333.
- Sundkvist A, Jansson A, Larsson P. 2000. Strengths and limitations of localizing food production as a sustainability-building strategy, an analysis of bread. *Ecological Economics* 37: 217-227.
- Vázquez LV. 2000. Evaluación agronómica y económica del programa de agricultura por contrato en maíz en la región de La Barca, Jalisco. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Von Schirndig Y, Bruce N, Smith K, Ballard-Tremer G, Ezzati M, Lvovsky K. 2002. Addressing the Impact of Household Energy and Indoor Air Pollution on the Health of the Poor. Implications for Policy Action and Intervention Measures. Geneva: World Health Organization.
- World Development Report. 2005. A better investment climate for everyone. New York: The World Bank and Oxford University Press.