



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

“El sistema alimentario del maíz en
Pátzcuaro, Michoacán”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

ING. QUETZALCÓATL OROZCO RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. OMAR RAÚL MASERA CERUTTI

MORELIA, MICHOACÁN,

FEBRERO DE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Al CONACyT, por el apoyo financiero otorgado. A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular al Centro de Investigaciones en Ecosistemas por darme el espacio para crecer intelectualmente. Al Dr. Omar Maserá, al Dr. Narciso Barrera-Bassols, al Dr. Alejandro Casas, por haber dirigido y evaluado este trabajo, y porque más que dirigir una investigación orientaron a un ser humano. Al Dr. Javier Caballero y al Dr. Rafael Lira, por sus atinados comentarios.

A Cecilio Mota, Emiliano Zarco, Ana Lilia, Alfonso Quiroz, Mayolo Hernández, David Magaña, Iván Salgado, Pedro Romero, Yankuic Galván, Paloma Carton de Grammont, Tamara Ortiz, Andrés Camou, Georg Odenthal por su incondicional apoyo, sus ánimos y sus grandes favores: documentos, artículos, ideas, claves, mapas, opiniones...

A Cynthia Armendáriz, Guadalupe García, Adrián Ghilardi, Gabriela Guerrero, Rene Martínez, Alfredo Fuentes, José Luis Navarrete, Carlos Anaya, Sandro Cervantes, Carmen Godínez, Pablo Piña, Ana Barillas, Elisa Fuentes, César Hernández, Cristina Peñaloza, Rafael Pompa, Juan Antonio Reynoso, Irene Romero, Margarita Cano, Adriana Saldaña, Karin Troncoso, Manuela Prehn, por haber compartido el espacio-tiempo, por su apoyo moral, sus ayudas de muchos tipos y en especial por considerarme su amigo.

Al Dr. Diego Pérez, Dra. Ellen, Dra. Patricia Balvanera, Dr. Guillermo Ibarra, Dra. Katherin Stoner, Dr. Víctor Jaramillo, Dr. Manual Maass, Dr. Víctor Toledo, Dra. Mayra Gavito y al Dr. Jorge Schondube, por sus interesantes cursos.

Al CDI Pátzcuaro, SAED A. C., GIRA A. C. IACATAS A.C. a las Presidencias municipales de Pátzcuaro y Erongarícuaro, DICONSA, SAGARPA (Distrito de Pátzcuaro), a las tiendas, tortillerías y molinos de las comunidades de la cuenca del lago de Pátzcuaro por los datos y la información aportada. A los campesinos de la región del Lago de Pátzcuaro, en especial a las comunidades de Uricho, Ajuno, Ihuatzio, Arocutin, La Zarzamora, Yotatiro, Cuanajo, Pichátaro, y más especialmente a: Efraín González, Efraín Pascual Mariano, Heriberto Pascual, Federico Felipe, Francisco Felipe, Francisco Rodríguez, Isidro González, Juan Pascual, Feliciano Francisco, Luis Lino, Margarito Felipe, Martín Diego, Martín Martínez, Pascual Felipe, Rafael Meza, Valentín Rodríguez, Esteban Felipe y Heriberto Rodríguez.

A Daniel y Gisela, José Manuel y Mary, Cristian y Bertha, Emmanuel, Isaías, Fabián, Jorge, Pepe, por los buenos ratos que nos pasamos y por sus “palmaditas en la espalda” que recibí de ellos.

Pero sobre todo agradezco a María Rosa Rendón García, a Xochiquetzal Orozco Ramírez, a Martha Ramírez, a José Luis Orozco Orozco y a Gabino Orozco Chávez† porque son mi mejor equipo, un apoyo incondicional. Sin ellos este nuevo logro no hubiera sido posible.

Seguramente se me olvida una gran cantidad de personas, a todas ellas, de antemano, una franca disculpa

A los que creen en el maíz como
alimento y/o como Dios. A los que ven
en esta esbelta planta el pasado y el
futuro de los mexicanos. A los miles de
trabajadores en el campo y la ciudad
que con sus manos logran que todos los
días haya tortillas en todas nuestras
mesas.

Contenido

1	CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Objetivos.....	4
2	CAPITULO II: ANTECEDENTES	5
2.1	El sistema alimentario	5
2.2	Energía y eficiencia energética.....	8
2.3	Emisión de Dióxido de Carbono (CO ₂).....	12
2.4	Los sistemas alimentarios a varias escalas	13
3	CAPITULO III: EL MAÍZ Y SU IMPORTANCIA	16
3.1	El maíz en el contexto mundial y nacional.....	16
3.2	La agroindustria del maíz en México	18
3.3	El maíz a escala estatal y municipal	21
3.4	El subsistema alimentario tradicional y agroindustrial.....	23
4	CAPITULO IV: EL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
4.1	La cuenca del lago de Pátzcuaro.....	28
4.1.1	Localización y Ambiente.....	28
4.1.2	Sociedad	31
4.1.3	Actividades económicas	32
4.2	La comunidad de estudio: San Francisco Pichátaro	33
4.2.1	Ambiente natural	33
4.2.2	Ambiente social	34
4.2.3	El maíz en San Francisco Pichátaro	37

5	CAPITULO V: MÉTODOS	41
5.1	Caracterización de los sistemas de estudio.....	41
5.1.1	Descripción del sistema a escala de la cuenca de Lago de Pátzcuaro	42
5.1.2	Descripción del sistema a escala de la comunidad.....	45
5.2	Obtención de datos para el análisis energético.....	47
5.2.1	Fase de producción.....	47
5.2.2	Fase de distribución.....	49
5.2.3	Fase de procesamiento.....	49
5.3	Cálculo del uso de energía.....	50
5.3.1	Subsistema Tradicional	51
5.3.2	Subsistema Agroindustrial.....	54
5.4	Cálculo de las emisiones de CO ₂	58
5.4.1	Subsistema tradicional.....	58
5.4.2	Subsistema agroindustrial.....	59
5.5	Indicadores energéticos y de emisiones de CO ₂ para comparar el subsistema tradicional y el agroindustrial.....	61
6	CAPITULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
6.1	El maíz en las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	62
6.1.1	Abasto y consumo de maíz.....	62
6.1.2	Discusión	84
6.2	El sistema a escala de la comunidad: San Francisco Pichátaro	88
6.2.1	El sistema alimentario comunitario	88
6.2.2	El subsistema tradicional.....	91
6.2.3	El subsistema agroindustrial.....	94

6.2.4	Discusión	98
6.3	Análisis energético	103
6.3.1	Uso de energía en el subsistema tradicional (Campesino)	103
6.3.2	Uso de energía en el sistema agroindustrial	112
6.3.3	Discusión	118
6.4	Emisiones de CO ₂	122
6.4.1	Emisiones de CO ₂ en el subsistema tradicional.....	122
6.4.2	Emisiones de CO ₂ en el sistema agroindustrial	124
6.4.3	Discusión	127
6.5	Comparación energética y de emisiones de CO ₂ de los subsistemas	129
6.6	Puntos críticos dentro de los subsistemas.....	136
6.6.1	Puntos críticos y mejoras en la etapa de producción en ambos subsistemas 137	
6.6.2	Mejoras en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional.....	139
6.6.3	Mejoras en las etapas de transporte y procesamiento en el subsistema agroindustrial.....	140
7	CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
8	REFERENCIAS	145
9	ANEXOS	165
9.1	Anexo 1: Lista de comunidades en donde se encuestó a los molinos, las tiendas y las tortillerías.	165
9.2	Anexo 2: Encuestas para obtener información de las tiendas, los molinos y las tortillerías en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro,.....	166
9.3	Anexo 3: Guión de entrevista a informantes clave en las centrales de abastos..	167
9.4	Anexo 4: Cuestionario para hogares de San Francisco Pichátaro	167

9.5	Anexo 5: Croquis de localización de las parcelas en San Francisco Pichátaro..	168
9.6	Anexo 6: Lista de parcelas muestreadas	169
9.7	Anexo 7: Guía para la obtención de datos en la etapa de procesamiento para el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro.	169
9.7.1	Guía para obtener información sobre el gasto energético en la etapa de producción en Pichátaro.	170
9.7.2	Guía para recabar información en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional en Pichátaro.....	171

Índice de cuadros

Cuadro 1. Superficie sembrada y producción mundiales de maíz, arroz y trigo en 1980 y 2003	16
Cuadro 2. Volumen de maíz demandado por rama industrial o tipo de consumo (miles de ton).....	20
Cuadro 3. Superficie sembrada de maíz (ha) en los municipios de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	23
Cuadro 4. Coeficientes de rendimiento del maíz en la transformación a tortilla	43
Cuadro 5. Datos recabados para la fase de producción del subsistema tradicional.....	48
Cuadro 6. Equivalente energético de los insumos y actividades realizadas en la etapa de producción en el subsistema tradicional.....	52
Cuadro 7. Coeficientes para el cálculo del uso de combustibles fósiles en la etapa de producción del subsistema tradicional.....	53
Cuadro 8. Equivalente energético de los insumos y actividades realizadas en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial.....	55
Cuadro 9. Consumo de diesel en las actividades agrícolas y su equivalente energético.....	56
Cuadro 10. Coeficientes energéticos de los insumos utilizados para hacer tortillas en tortillería	57
Cuadro 11. Coeficientes utilizados para el cálculo de emisiones de CO ₂ en el subsistema tradicional.....	59
Cuadro 12. Coeficientes utilizados para el cálculo de emisiones de CO ₂ en el subsistema agroindustrial.....	60

Cuadro 13. Superficie sembrada de maíz en la cuenca del Lago de Pátzcuaro por municipio	63
Cuadro 14. Índices de maíz procesado en molinos, vendido en tiendas y procesado en tortillerías en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	66
Cuadro 15. Lugar de abasto del maíz vendido en las tiendas (ton/año) y regiones donde produce	69
Cuadro 16. Lugares de abasto de maíz para las tortillerías de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	73
Cuadro 17. Lugares de abasto de la harina nixtamalizada para las tortillerías de la cuenca del Lago de Pátzcuaro.....	74
Cuadro 18. Lugar de producción del maíz utilizado en las tortillerías y vendido en las tiendas de las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	81
Cuadro 19. Lugar de producción del total de maíz consumido en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	84
Cuadro 20. Paquetes tecnológicos típicos para la producción de maíz en el Noroeste, El Bajío y la Ciénega de Chapala.....	95
Cuadro 21. Producción e insumos utilizados en las tortillerías de San Francisco Pichátaro, según los datos aportados por los dueños de las tortillerías	98
Cuadro 22. Rango de entradas de energía por hectárea en la producción de maíz en San Francisco Pichátaro, se muestra la parcela con las entradas mínimas y máximas	104
Cuadro 23. Entradas de energía promedio por hectárea en la etapa de producción para el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro	105
Cuadro 24. Total de trabajo humano, trabajo animal, trabajo mecánico e intensidad de la labor humana en una hectárea de cultivo de maíz en San Francisco Pichátaro.....	107

Cuadro 25. Uso de combustibles fósiles en la etapa de producción del subsistema tradicional en San Francisco.....	107
Cuadro 26. Entradas de energía por kilogramo de tortillas elaboradas en el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro.....	109
Cuadro 27. Lugar de producción del maíz utilizado en las tortillerías de San Francisco Pichátaro.....	112
Cuadro 28. Entradas de energía por hectárea en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial en las tres regiones de producción.....	113
Cuadro 29. Promedio de los indicadores energéticos en las regiones del Noroeste, El Bajío, Gto. y la Ciénega de Chapala	114
Cuadro 30. Uso de energía derivada de fuentes fósiles en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial	115
Cuadro 31. Costo energético del secado y del transporte del maíz que se usa en las tortillerías de San Francisco Pichátaro	115
Cuadro 32. Ingresos de energía en la elaboración de tortillas en las tortillerías de San Francisco Pichátaro.....	116
Cuadro 33: Eficiencia y uso de energía en la producción de maíz en San Francisco Pichátaro según rendimientos reportados por la literatura	118
Cuadro 34. Ingresos de energía para producción de tortilla en máquinas tortilladoras según un fabricante de maquinas tortilladoras.....	120
Cuadro 35. Emisiones promedio de CO ₂ en la etapa de producción en el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro.....	122
Cuadro 36. Emisiones de CO ₂ en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional por kilogramo de tortilla producida en San Francisco Pichátaro.....	123

Cuadro 37. Emisiones promedio de CO ₂ en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial.....	125
Cuadro 38. Emisiones de CO ₂ en la etapa de transporte y secado en el subsistema agroindustrial.....	126
Cuadro 39. Emisiones de CO ₂ en el procesamiento en el subsistema agroindustrial en las tortillerías de San Francisco Pichátaro	126
Cuadro 40. Resumen de indicadores energéticos y de emisiones de CO ₂ para los subsistemas alimentarios de maíz.....	129
Cuadro 41: Mejora en el uso de energía en el subsistema tradicional con tecnologías alternativas.....	140

Índice de figuras

Figura 1. Modelo conceptual del sistema alimentario donde se muestran entradas y salidas (Modificado de Pagan y Lake 1999)	7
Figura 2. Superficie sembrada de maíz por país en porcentaje.	17
Figura 3. Producción nacional e importación de maíz de 1980 a 2002 (ton).....	18
Figura 4. Proceso de nixtamalización y elaboración de harina de maíz.	21
Figura 5. Importancia de los estados según su producción de maíz.....	22
Figura 6. Sistema alimentario del maíz en México.	24
Figura 7: Subsistemas del sistema alimentario de maíz: a) subsistema tradicional, b) subsistema agroindustrial	27
Figura 8. Localización de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro y la comunidad de San Francisco Pichátaro	29
Figura 9. Modelo de flujo de abasto de maíz externo e interno a la comunidad.....	63
Figura 10. Porcentaje de molinos según cantidad de masa procesada (kg/día).....	64
Figura 11. Distribución geográfica de los molinos, las tiendas que venden maíz y las tortillerías en la cuenca del Lago de Pátzcuaro	68
Figura 12. Ventas mensuales de maíz estimadas en el total de tiendas de las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (ton/mes).....	69
Figura 13. Mapa de abasto del maíz externo que se vende en las tiendas de las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (el grosor de la flecha indica el porcentaje de abasto..	70
Figura 14. Distribución de tortillerías según rango de producción (kg/día).....	72

Figura 15. Porcentaje de tortillerías según proporción de maíz para preparar las tortillas ..	72
Figura 16. Gráfico de dispersión entre el tamaño de la comunidad y el maíz procesado en las tortillerías	75
Figura 17. Gráfico de dispersión entre el tamaño de la comunidad y el maíz externo consumido.....	76
Figura 18. Mapa de abasto del maíz usado en las tortillerías de las comunidades de la cuenca.....	77
Figura 19. Mapa de abasto de la harina nixtamalizada que se usa en las tortillerías de las comunidades de la cuenca.....	78
Figura 20. Número acumulado de molinos y tortillerías en periodos de 5 años	79
Figura 21. Aumento relativo del número de molinos y tortillerías en relación al periodo anterior, en periodos de 5 años	80
Figura 22. Clasificación del consumo humano de maíz en las Comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro	83
Figura 23. Tipo de tortillas y origen del maíz utilizado en los hogares de San Francisco Pichátaro	90
Figura 24. Lugar de abasto del maíz utilizado anualmente en San Francisco Pichátaro.....	91
Figura 25. Parcela con mínima y máxima entrada de energía para el cultivo de maíz en San Francisco Pichátaro.....	104
Figura 26. Entradas de energía en términos porcentuales en la etapa de producción en el subsistema tradicional	106
Figura 27. Entradas de energía derivadas de combustibles fósiles en porcentaje en la etapa de producción del subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro	108

Figura 28. Entradas de energía en porcentaje en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional	110
Figura 29. Ingresos de energía en porcentaje en el subsistema tradicional completo en San Francisco Pichátaro (Proces = procesamiento, prod = producción)	111
Figura 30. Entradas de energía promedio en porcentaje en la etapa de producción del subsistema agroindustrial	114
Figura 31. Entradas de energía en porcentaje en la etapa de procesamiento en el subsistema agroindustrial	117
Figura 32: Entradas de energía en porcentaje en el subsistema agroindustrial completo ..	117
Figura 33: Emisiones de CO ₂ en porcentaje en la etapa de producción en el subsistema tradicional en la comunidad de San Francisco Pichátaro	123
Figura 34. Emisiones porcentuales de CO ₂ en el subsistema tradicional completo (considerando un uso no renovable de la leña).....	124
Figura 35. Emisiones porcentuales de CO ₂ en el subsistema tradicional completo (considerando un uso renovable de la leña).....	124
Figura 36. Emisiones promedio de CO ₂ en porcentaje en la etapa de producción del subsistema agroindustrial	125
Figura 37. Emisiones promedio de CO ₂ en porcentaje en el subsistema agroindustrial completo	127
Figura 38. Comparación de las entradas de energía y la eficiencia en la producción entre el subsistema tradicional y agroindustrial	130
Figura 39. Comparación de intensidad de mano de obra en la producción, eficiencia total y emisiones de CO ₂ en el subsistema tradicional y agroindustrial	132

RESUMEN

El consumo de energía en la producción de alimentos es un indicador ampliamente usado para la evaluación de la sustentabilidad, el cual está directamente vinculado con la emisión de CO₂ debido a que la mayoría de los combustibles e insumos agrícolas se derivan de fuentes fósiles. Sin embargo, la mayoría de los análisis de este tipo se han realizado sólo para la producción agrícola, dejando fuera las otras etapas del sistema alimentario, como son la transformación, la distribución y el consumo. En este trabajo se describe el sistema alimentario del maíz se describe en dos escalas de análisis: El área rural de la cuenca del Lago de Pátzcuaro y la comunidad purhépecha de San Francisco Pichátaro. En la primera se describen los flujos de abasto y el volumen de consumo a nivel regional. En la segunda se estima el uso de energía y las emisiones de CO₂ a la atmósfera en las cadenas maíz-tortilla tradicional y agroindustrial a escala local.

En las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro el 58% de las tortillas consumidas son hechas a mano (51% elaboradas con maíz local y 7% elaboradas con maíz externo) y el 42% son elaboradas en tortillería (30% maíz externo y 12% harina nixtamalizada). El maíz externo proviene de Sinaloa (51%), de la Ciénega de Chapala (19%) y del Bajío (20%). La harina nixtamalizada se produce en Guadalajara y Silao. La producción de maíz en las comunidades se estima en 7692 ton, y el consumo humano en 5756 ton, por lo que las comunidades podrían autoabastecerse de maíz. Sin embargo, esto no ocurre porque la tecnología utilizada en las tortillerías es más compatible con el maíz híbrido externo y su abasto es más sencillo. Esto desencadena una desarticulación al interior de la región, por lo que las comunidades rurales se vuelven dependientes del abasto de los centros urbanos.

En el subsistema tradicional se usan en promedio 5332 MJ/ha, el rendimiento promedio es 882 kg/ha y un uso de energía de 6 MJ/kg de maíz. El principal insumo es la maquinaria con el 46%. En total (producción y consumo) se usan 41.7 MJ/kg de tortilla, siendo que el principal insumo es la leña con el 82% y depende en 9% de combustibles fósiles. Tiene una eficiencia de 0.25. En el subsistema agroindustrial durante en la etapa de producción se usan 24,635 MJ/ha, el rendimiento es de 7,509 kg/ha, con un costo energético de 3.5 MJ/kg de maíz y el principal insumo es el fertilizante (59%). El costo energético del transporte asciende a 1.2 MJ/kg. En total (producción, transporte y consumo) se usan 18.6 MJ/kg de tortilla, el principal insumo es el gas LP en un 73% y depende de combustibles fósiles en un 99%. La eficiencia es de 0.51.

Para elaborar un kilogramo de tortilla tradicional hay una emisión bruta de 0.854 kg CO₂/Kg de tortilla si la leña se aprovecha de forma no renovable y de 0.100 kg CO₂/Kg de tortilla si la leña es renovable. En el subsistema agroindustrial se emiten 1.100 kg CO₂/kg. En este subsistema el gas LP es el principal emisor (74%).

Los puntos críticos del subsistema tradicional son los bajos rendimientos en la producción y el alto consumo de leña para la elaboración de tortillas. Lo primero se puede remediar a mediante mejoras en la fertilización con el uso de abonos y la rotación con leguminosas. Lo segundo se puede aminorar mediante el uso de estufas de leña eficientes. En el subsistema

agroindustrial los puntos críticos son: la alta dependencia de combustibles fósiles, principalmente por los fertilizantes, por lo que se recomiendan rotaciones con leguminosas para disminuir su uso; la distancia entre la principal región productora y la cuenca del Lago de Pátzcuaro, por lo que el abasto se debería hacer preferentemente de la región más cercana a ésta; y el alto consumo de gas en las máquinas tortilladoras, el cual se puede disminuir con la adquisición de equipos nuevos.

Se demuestra que es posible analizar la producción de alimentos, su transformación y consumo, desde un enfoque integrador. En este sentido el concepto de sistema alimentario adquiere una expresión concreta a través del análisis energético. Pero es importante tomar en cuenta que los indicadores energéticos para la evaluación de la sustentabilidad se deben usar junto con otros indicadores.

Debido a que la integración alimentaria regional que existía en la cuenca del Lago de Pátzcuaro se ha roto es necesario realizar estudios para describir estos procesos y buscar alternativas para solucionar la falta de mercados para los productos agrícolas locales. Por otro lado, sería ideal que las estadísticas agrícolas, agroindustriales y de consumo de alimentos se integraran a diferentes escalas. El sistema alimentario debería ser el marco para la toma de decisiones en materia de política agrícola, agroindustrial y de abasto y no analizar cada etapa del sistema desvinculada de las otras.

Palabras clave: sistema alimentario, maíz, tortilla, análisis energético, emisiones de CO₂, San Francisco Pichátaro, Pátzcuaro, Michoacán.

SUMMARY

The energy consumption in the food production system is an indicator broadly used for sustainability evaluation, which is directly related with the CO₂ emission, because most fuels and agricultural inputs are derived from fossil sources. However, most of the energy analyses have been carried out only for the agricultural production stage, leaving the other stages of the food system outside; such as the transformation, the distribution and the consumption stage. In this paper, the maize food system is described in two geographic scales: The rural area of the Pátzcuaro Lake basin and the San Francisco Pichátaro community. The supply flows and the consumption volume are described in the first one, while, in the second one, the energy use and the CO₂ emissions to the atmosphere are calculated from the traditional and agro-industrial maize-tortilla chain.

Fifty-eight percent of the consumed tortillas are hand made (51% elaborated with local maize and 7% elaborated with external maize), and 42% are elaborated in “tortillerías” (30% external maize and 12% maize flour) in the rural communities of the Pátzcuaro Lake basin. The external maize comes from Sinaloa (51%), Ciénega de Chapala (19%) and El Bajío (20%). The maize flour is produced in Guadalajara and Silao. Maize production in the Pátzcuaro communities was calculated in 7692 ton, and the human consumption was calculated in 5756 ton, for this reason the Pátzcuaro communities would satisfy their maize needs. However, this doesn't happen because of the technology used in the tortillerías, which is more compatible with the external hybrid maize and because its supply is easier. These issues caused a breakdown of the regional system, thus the rural communities became dependent of the urban maize supply.

The traditional subsystem used an average of 5332 MJ/ha and the yield average was 882 kg/ha and 6 MJ/kg of maize. The energy main input was the machinery (46%). In total (production and consumption), 41.7 MJ/kg of tortilla was used and the main input was firewood, with 82% and only 9% from fossil fuels. It had an efficiency of 0.25. The agro-industrial subsystem used 24,635 MJ/ha, at the production stage and the estimated yield was 7,509 kg/ha, 3.5 MJ/kg of maize. Fertilizer was the main input (59%). The energy cost of transport was 1.2 MJ/kg. In total (production, transport and consumption), 18.6 MJ/kg of tortilla were used, and LP gas was the main input (73%) and was dependent from fossil fuels, in 99%. The subsystem efficiency was 0.51.

There was a gross emission of 0.854 kg CO₂ for a kilogram of traditional tortilla's preparation, if firewood was non-renewable, and of 0.10 kg CO₂/Kg tortilla, if firewood was renewable. The agro-industrial subsystem emitted 1.10 kg CO₂/kg. The LP gas was the main emitter in this subsystem (74%).

The traditional subsystem critical points were low yields at production stage and high firewood consumption for the tortillas' elaboration. The first problem could be resolved through fertilization improvements, using organic fertilizer and leguminous rotation. The second critical point could be resolved with the use of more efficient firewood stoves. The critical points of the agro-industrial subsystem, are: high dependence of fossil fuels, mainly fertilizers; thus, legume rotations are recommended to reduce their use. The distance

between the main region producer and the Lake of Pátzcuaro basin was another critical point, thus maize supply should be preferably carried out from the nearest region. The last critical point was the high LP gas consumption for the machinery (tortilladoras), which can be reduced by their replacement with new machinery.

This thesis demonstrates that it is possible to analyze the food production, transformation and consumption stages as whole, using an integrative approach. The food system concept acquires a concrete expression through the energy analysis, when using this approach as a research framework. However, the energy indicators used for the sustainability evaluation should be implemented together with other indicators.

Because of the collapse of the regional food integration that existed until recently, there is a need to carry out studies describing these processes, while looking for alternatives aimed for solving the lack of markets for the local agricultural products. On the other hand, there is a need for the agricultural, agro-industrial and food consumption statistics to be integrated at different scales. The food system should be the framework for political decisions been taken in agricultural, agro-industrial and food supply issues, and not just analyzing each stage separately from the rest.

Keywords: food system, maize, energy analysis, CO₂ emissions, San Francisco Pichátaro Pátzcuaro, Michoacán.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Desde sus orígenes, la agricultura ha sido la actividad por excelencia a través de la cual el hombre se ha apropiado de la naturaleza (Rojas-Rabiela 1991); además, fue el paso fundamental para que surgiera la sociedad en la que hoy vivimos (Hernández 1987). Los sistemas de producción agrícola, llamados agroecosistemas por estar inmersos en los ecosistemas naturales y tener como objetivo el producir satisfactores para el hombre (Ramos y Hernández 1987, Gliessman 2000, López 2003), cubren entre un 16% y un 23% de la superficie terrestre, (Vitousek *et al.* 1997).

Entender el impacto de la agricultura sobre el ambiente requiere de un enfoque sistémico. La evaluación de los sistemas de manejo de recursos es fundamental para mejorar su eficiencia, productividad, estabilidad, equidad y otros atributos que se verán traducidos en el aumento de la sustentabilidad del sistema (Masera *et al.* 1999). Cumplir con este objetivo no es fácil debido a que ello implica trabajar con sistemas complejos a múltiples escalas de interacción y respuesta (Campbell *et al.* 2001). Según Geng *et al.* (1990) un sistema agrícola sustentable debe mantener o mejorar la productividad, conservar los recursos y no producir efectos negativos sobre el ambiente. Para la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas es fundamental el desarrollo de indicadores (Masera *et al.* 1999). Mitchell *et al.* (1995) definieron indicador como una medida alternativa usada para identificar el estado de una variable cuando por razones técnicas o financieras esta variable no puede ser medida directamente. Para evaluar la sustentabilidad en los sistemas agrícolas se han desarrollado marcos metodológicos que clasifican a los indicadores en: económicos, ambientales y sociales. Entre los primeros se incluye, por ejemplo: la relación costo-beneficio, el valor presente neto y la tasa de retorno. Entre los ambientales se encuentran los rendimientos, la eficiencia energética, la diversidad biológica, entre otros; y en los sociales se incluye al número de beneficiarios, índices de calidad de vida, indicadores de participación, etc.

A este respecto, el análisis energético y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que están ligados al calentamiento global (IPCC 2001a), son dos indicadores útiles para

describir aspectos importantes de la sustentabilidad de los sistemas de producción de alimentos (Giampietro *et al.* 1994, Bailey *et al.* 2003, Pervanchon *et al.* 2002), por lo que han sido propuestos por varios marcos de evaluación y mediante diversos métodos de evaluación (Scholl 1994, Pervanchon *et al.* 2002, DETR 2000, MAFF 2000, Heller y Keoleian 2002).

La producción agrícola es sólo el primer paso dentro del sistema que provee de alimentos a la población. Un análisis integrado de los agroecosistemas debe incluir al sistema alimentario en su conjunto, el cual comprende: (1) la producción agrícola, (2) la industrialización o transformación, (3) la distribución y (4) el consumo de los alimentos (Gliessman 2000, Masera y Astier 1995). Las actividades de procesamiento, transformación y distribución tienen una gran importancia dentro de la cadena de abasto de alimentos porque permiten modificar las características del alimento para hacerlo comestible y digerible; para conservarlo, y para hacerlo disponible en tiempo y espacio al consumidor. Por ejemplo, en el sistema alimentario de Los Estados Unidos estas actividades demandan más de cuatro veces la energía que se utiliza en la producción agrícola (Fluck 1980).

Los primeros trabajos sobre el uso de energía en la agricultura se desarrollaron hace más de treinta años (Pimentel *et al.* 1973), los cuales se afianzaron con las publicaciones de Pimentel (1980a), Fluck (1980) y Robinson y Mollan (1982). Más recientemente, se han realizado estudios sobre el uso de energía y la emisión de GEI (Dalgard *et al.* 2001, Wind y Wallender 1997) de los sistemas de producción convencionales (tipo Revolución Verde) y orgánicos (Pimentel 1993, Gliessman *et al.* 1996). También se han comparado diferentes sistemas de labranza (Bailey *et al.* 2003). Caballero (1978) y Palma (1983) realizaron quizá los primeros trabajos sobre el uso de energía en el cultivo de maíz en México, el primero en una zona tropical y el segundo en la región de Pátzcuaro. Bauer *et al.* (1994) hicieron un intento por evaluar el uso de la energía y el agua en la cadena alimentaria de granos básicos en el país, pero la integración de toda la cadena productiva no fue consistente debido a que los trabajos de investigación se hicieron de forma aislada con diferentes métodos y dejando huecos de información en varias fases de la misma. No existen hasta el momento estudios específicos que aborden, desde una perspectiva sistémica, el uso de energía en la producción de alimentos, en su procesamiento, distribución y consumo.

Dentro del sistema alimentario de México, el maíz es el producto más importante. Es el cultivo con mayor superficie sembrada y la industria de la masa y la tortilla es una de las principales dentro del ramo alimenticio nacional (Vega y Ramírez 2004, Barkin 2003, Massieu y Lechuga 2002). Este grano es la fuente fundamental de carbohidratos, proteínas y grasas para los mexicanos (FAO 2003) y es un elemento esencial de la cultura nacional (Esteva 2003, Florescano 2003, Iturriaga 1994). El sistema alimentario del maíz presenta dos subsistemas completamente opuestos en sus fundamentos filosóficos, en sus prácticas, en sus objetivos y en sus impactos al ambiente. Estos subsistemas son: el campesino o tradicional y el agroindustrial. En el contexto rural y la producción agrícola, Toledo *et al.* (2002) han hecho una clasificación bastante fina de estos dos sistemas. A grandes rasgos los sistemas tradicionales se han mantenido utilizando básicamente recursos locales y técnicas de producción ancestrales (Gliessman 2000), mientras que los agroindustriales o convencionales (Hansen 1996) son consecuencia de la extensión de los límites del sistema de producción que incorpora insumos y procesos industriales (Geng *et al.* 1990). En México, estos dos sistemas coexisten, porque éste no es un país netamente industrializado y porque en muchas regiones sigue vigente el modo campesino de producción, el cual ha incorporado, en la medida de lo posible, ciertos elementos de la tecnología moderna (Toledo *et al.* 2002), pero sus bases profundas se sustentan en la cultura indígena o campesina. El binomio producción campesina - producción agroindustrial es una expresión del conflicto entre el proyecto civilizatorio de occidente y el de Mesoamérica (ver Bonfil 2005).

En esta tesis se efectuó un análisis del sistema alimentario del maíz en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán pero acotado a la producción y abasto de maíz y a la producción y consumo de tortilla, debido a que este alimento es el principal derivado del grano. Además, el sistema sólo se analizó desde un enfoque energético y quedaron fuera del alcance de esta investigación otras dimensiones igualmente importantes como la cultura y preferencias alimentarias, el valor nutritivo, la heterogeneidad ambiental, la agrodiversidad, etc. Aunque algunos de estos aspectos se tocan para dar contexto y aportar elementos al análisis energético. Primeramente se describió el sistema de abasto y consumo de maíz a escala de la cuenca; después éste se detalló a escala comunitaria debido a que la comunidad,

entendida como una unidad social (Ander-Egg 1993), permite delimitar el sistema alimentario y a la vez vincularlo a través de los flujos externos. Se seleccionó a la comunidad de San Francisco Pichátaro, ubicada dentro de la misma cuenca, donde se diferenció el subsistema campesino o tradicional del agroindustrial. Se analizaron energéticamente los dos subsistemas a esta escala (local), iniciando en la etapa de producción y terminado con la elaboración de tortillas. En la etapa de producción se comparó la energía que requiere el cultivo campesino o tradicional de la comunidad con la que se necesita en el cultivo agroindustrial que se realiza en las áreas que abastecen a la comunidad. En la etapa de procesamiento, se comparó la energía requerida en la elaboración de tortillas tradicionales, hechas a mano con maíces locales y cocidas con leña, con la que se usa en las tortillerías que utilizan maíz híbrido.

El análisis del sistema alimentario del maíz, en términos del abasto y del uso de la energía, hizo posible identificar puntos débiles dentro de cada una de las etapas de ambos subsistemas. Ello permitió desarrollar recomendaciones para mejorar la sustentabilidad del sistema, atacando dichos puntos débiles.

1.2 Objetivos

- Caracterizar el sistema tradicional y agroindustrial de producción-distribución-consumo de maíz en la región de la cuenca del Lago de Pátzcuaro y en la comunidad de San Francisco Pichátaro, Michoacán.
- Evaluar el consumo energético y la emisión de CO₂ de los sistemas tradicional y agroindustrial de maíz.
- Determinar la eficiencia de cada sistema en términos de entradas y salidas de energía.
- Establecer los puntos críticos de ambos subsistemas en términos energéticos y hacer recomendaciones para mejorar su sustentabilidad.

2 CAPITULO II: ANTECEDENTES

2.1 El sistema alimentario

No existe un concepto único que defina el sistema alimentario. Molina (1995) describe que autores como Malassis y Gherzi (1992) enfatizan sus componentes, los flujos, las funciones y los objetivos, mientras que otros, como Schejtman (1994), resaltan el conjunto de relaciones socio-económicas que inciden de forma directa sobre los procesos de producción, transformación, acopio, distribución y consumo. Desde el campo de la economía alimentaria, el sistema alimentario puede ser definido como un conjunto de actividades (de producción, transformación, de comercio exterior) y de funciones (comerciales, de transporte y distribución) que concurren a la función alimentaria de una población dada (Malassis y Gherzi 1992).

En la actualidad el sistema alimentario se estudia bajo diferentes perspectivas. Por ejemplo desde el punto de vista histórico (Molina 1995); desde de la perspectiva organizacional para mejorar la logística en el abasto (Georgiadis *et al.* 2005, Prindevizis y Kiranoudis 2005); de la seguridad alimentaria, entendida como el abasto de alimentos seguros, libres de contaminantes o patógenos (Gorris 2005); desde el enfoque del uso de recursos (Bauer *et al.* 1994) y por supuesto, desde la sustentabilidad (Heller y Keoleian 2002, Heller y Keoleian 2000). Dentro del análisis de la sustentabilidad, el uso de la energía y la emisión de gases de efecto invernadero son dos temas esenciales en el contexto del consumo de combustibles no renovables y del cambio climático global.

Desde el punto de vista de las ciencias agrícolas y del manejo de recursos naturales, los sistemas alimentarios (Figura 1) pueden ser entendidos como la integración de la producción agrícola, la transformación, la distribución y el consumo (Clary *et al.* 1991). Así mismo, son una extensión de la interacción cultura-naturaleza (Giampietro *et al.* 1994, Gliessman 2000, Masera y Astier 1995). Al ser sistemas que incorporan elementos culturales pero también ecológicos, éstos pueden ser analizados desde el enfoque de la ecología (Toledo *et al.* 2002). En los últimos años se ha propuesto a la agroecología como el marco para el análisis del sistema alimentario, ya que ésta vincula disciplinas

ambientales y sociales y permite tratar con todos los actores del sistema, desde los productores hasta los consumidores, y abarcar todos los flujos de materia y energía, desde las fuentes hasta el consumidor final (Francis *et al.* 2003).

La producción de alimentos inicia con la energía solar que es capturada por las plantas (Fluck 1980), recibe un suplemento de energía en forma de trabajo humano o animal, y mayoritariamente de derivados de combustibles en forma de maquinaria, insumos, irrigación, transporte y preparación en casa. En la Figura 1, la primera etapa, que de forma genérica se denomina agricultura pero que también incluye a los sistemas ganaderos, tiene como principales insumos a la energía solar, el suelo, el agua, los plaguicidas, fertilizantes, semillas y energía. La energía usada en la agricultura tiene múltiples formas: trabajo humano, combustibles para mover la maquinaria, la misma maquinaria y los insumos como los fertilizantes y plaguicidas, los cuales también tienen un costo energético implícito.

En varios de los estudios sobre el consumo de energía en la producción de alimentos se ha analizado sólo la primera etapa, dejándose de lado las siguientes transformaciones, que se muestran en la Figura 1: procesamiento y empaclado, distribución y consumo. El procesamiento y empaclado tiene que ver con todas las actividades de transformación de las materias primas alimenticias obtenidas en la producción agrícola. La distribución aunque esquemáticamente se presenta después del procesamiento, enlaza también la etapa de producción con la de procesamiento. Ésta implica el transporte de las materias primas hacia los centros de transformación y de los centros de transformación hasta el consumidor final. La última etapa, la de consumo, representa todas las actividades que se realizan en la casa para consumir los alimentos. Entre éstas se incluye la preparación, la cocción y el almacenamiento de los alimentos elaborados. Hay productos con diferencias marcadas en esta etapa, como el caso del maíz, que se describirá más adelante.

La Figura 1 presenta el marco de análisis que se usa en la tesis para evaluar el uso de la energía y la emisión de gases de efecto invernadero. Se considera que el proceso para la obtención de los alimentos, en particular el maíz y la tortilla, involucra varias etapas y no se limita a la producción agrícola. Más adelante se argumenta como el sistema alimentario

esta dividido, tanto teóricamente como en la realidad, en un modelo campesino o tradicional y uno agroindustrial, ambos con diferencias en todas las etapas de producción de alimentos.

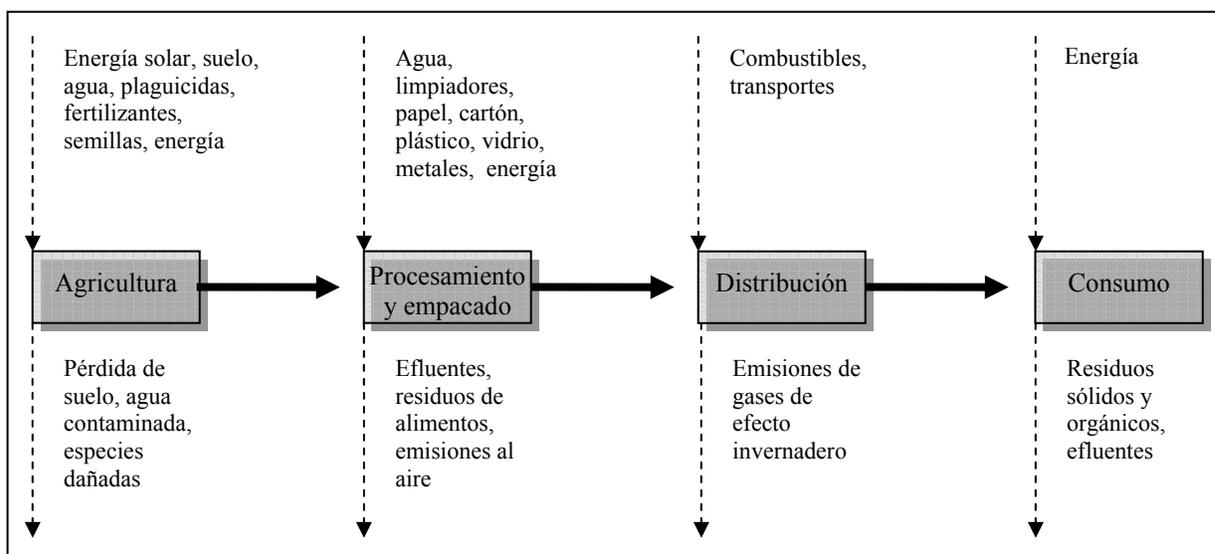


Figura 1. Modelo conceptual del sistema alimentario donde se muestran entradas y salidas (Modificado de Pagan y Lake 1999)

Los insumos en cada una de las etapas tienen dos denominadores comunes: el uso de energía y la generación de desechos. En este sentido, se requiere examinar todas las entradas de energía para entender el “costo energético” del sistema alimentario y poder proponer su uso más sustentable (Gliessman 2000, Pimentel *et al.* 1990).

Gliessman (2000) distingue y clasifica los tipos de entradas de energía en la agricultura, de la siguiente manera: a la energía de la radiación solar la llama energía ecológica (ecological energy inputs); en contraposición, a la energía derivada de fuentes humanas la denomina como energía cultural (cultural energy inputs). A su vez, la energía cultural se puede dividir en energía biológica y energía industrial. Las entradas biológicas provienen de organismos como el trabajo humano directo, el de los animales y los estiércoles. Las entradas industriales provienen de los combustibles fósiles, de fuentes atómicas, geotérmicas o hídricas. También es importante distinguir que aunque se hable de entradas de energía en general, hay algunas que provienen del interior del mismo agroecosistema, por lo que no son entradas externas al sistema propiamente: por ejemplo, la energía aportada por los animales de tiro que se alimentan de la misma cosecha de la parcela.

Las fuentes de energía han determinado, en gran medida, el cambio del modo campesino de apropiación de la naturaleza al modo agroindustrial (Toledo *et al.* 2002). Pimentel *et al.* (1990) sostienen que los recursos energéticos utilizados en la agricultura son un buen indicador de los cambios tecnológicos en el sector, mejor aún que los indicadores económicos.

A medida que la agricultura se mecaniza, el uso de energía de fuentes industriales se incrementa fuertemente, al mismo tiempo que se desplaza al trabajo humano y animal. Como consecuencia de esto han aumentado los rendimientos pero en mayor medida el costo energético, y la dependencia de los combustibles fósiles (Gliessman 2000, Pimentel *et al.* 1990, Masera y Astier 1995, Fluck 1980).

2.2 Energía y eficiencia energética

La física define a la energía como la capacidad de realizar trabajo, entendiendo por trabajo el desplazamiento de un cuerpo provocado por una fuerza. La unidad de energía es el joule, que equivale al trabajo producido por una fuerza de un newton, cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en dirección de la fuerza (Bueche 1984). Aunque esta definición de energía deriva de la mecánica, se sabe que la energía cinética se puede convertir en energía térmica y viceversa; además, se puede dar una transformación de la energía química en cinética y ésta en eléctrica, la cual se puede volver a transformar en energía calorífica, como en el caso de una planta termoeléctrica que utiliza diesel para generar electricidad y ésta a su vez se utiliza para calentar un hogar. Todos los tipos de energía tienen la capacidad de realizar trabajo cuando se usa la maquina adecuada (Bueche 1984, Alvarenga y Ribeiro 1983).

Las fuentes primarias de energía para el mundo moderno son el petróleo, carbón, electricidad, bioenergía, hidroenergía y otras (Goldemberg 1996). El análisis de la energía y su eficiencia energética debe incluir la fuente de energía, su transformación y transmisión y el desempeño del dispositivo de uso final, que es el aparato que realiza la tarea que a los usuarios les interesa. Para evaluar la eficiencia de este sistema se parte de las leyes de la termodinámica. Se sabe que a todo sistema se asocian dos tipos de energía: la energía útil,

que es la transformación de la energía en trabajo útil realizado por el dispositivo de uso final, y la energía de desecho (o no útil) la cual se disipa en el ambiente, principalmente en forma de calor, de acuerdo con Reddy (1982). Lo anterior está descrito por la ecuación:

$$W + W' = W + P_0 \Delta V = (-Q) - \Delta E = T_0 (\Delta S_{S+E} - \Delta S_{EUP} - \Delta S) - \Delta E \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

W = Trabajo útil

W' = Trabajo no útil

P_0 = Presión en el ambiente

V = Volumen

Q = Calor liberado

E = Energía interna del sistema

T_0 = Temperatura en el ambiente

ΔS_{S+E} = Entropía del sistema y el ambiente

ΔS_{EUP} = Entropía del dispositivo de uso final

ΔS = Entropía del sistema

Según la primera ley de la termodinámica, la energía no se pierde, sólo se transforma de un tipo a otro, por lo que los dispositivos de uso final no consumen energía como tal. Sin embargo, hay una inevitable pérdida de energía en términos de la cantidad de trabajo que puede realizar, o la energía útil para una actividad es siempre menor que la energía contenida. En otras palabras, lo que se consume es un tipo de energía disponible o la calidad que está presente en las fuentes de energía, esto se conoce como “exergía” (Goldemberg 1996, Reddy 1982).

Es posible evaluar el desempeño de los dispositivos de uso final y de todo el sistema energético a través de la determinación de su eficiencia. Ésta se puede determinar en función de la cantidad de energía que se emplea por un dispositivo para efectuar una tarea determinada. En este caso estamos hablando de la fracción de energía útil, también conocida como eficiencia de primera ley (Goldemberg 1996, Leach y Gowen 1989).

La eficiencia de primera ley está dada por la tasa de entrada de energía a un dispositivo y por su transformación en trabajo útil o en energía de salida. Cuando se involucra sólo trabajo mecánico, la eficiencia de una máquina está dada por el consumo de trabajo de entrada entre el trabajo de salida (Goldemberg 1996, Reddy 1982):

$$e = \frac{W}{W_0} \quad (\text{Ecuación 2})$$

e= eficiencia

W_0 = trabajo de entrada o contenido en la fuente primaria

W= trabajo de salida o trabajo realizado

Cuando se involucra calor, si una fuente de calor desprende una cantidad de calor Q_0 a un aparato dado y una cantidad Q de calor es usada, la eficiencia térmica es:

$$e_1 = \frac{Q}{Q_0} \quad (\text{Ecuación 3})$$

e_1 = eficiencia térmica o de primera ley

Q_0 = energía de entrada a la máquina

Q = calor transferido al propósito de la máquina.

Existe otro parámetro importante para caracterizar un sistema energético, esto es la eficiencia de segunda ley. Este parámetro es la cantidad mínima de energía que se requiere para una tarea, o el máximo trabajo que puede realizar un sistema energético con respecto a una tarea particular.

Es importante señalar las diferencias entre estos dos conceptos, la eficiencia de segunda ley (ϵ) sólo puede tomar valores entre 0 y 1, mientras que la eficiencia de primera ley puede tener menores a la unidad, iguales o incluso mayores que uno. La eficiencia de segunda ley compara el desempeño de un sistema energético en la realización de una tarea específica en un sistema ideal, poniendo énfasis en la tarea y no en el aparato o la fuente de energía; la eficiencia de primera ley enfatiza la conversión de energía de entrada en energía de salida en el dispositivo de uso final (Reddy, 1982).

Dado que el enfoque de esta investigación son los sistemas de producción-consumo de maíz, la eficiencia energética que interesa comparar es la eficiencia sistémica, la cual se expresa en la siguiente fórmula general (Mäser *et al.* 1987):

$$\eta_{\text{sis}} = (\eta_{\text{ext}}) \times (\eta_{\text{uso final}}) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

η_{sis} = Eficiencia del sistema

η_{ext} = Eficiencia externa al dispositivo de uso final

$\eta_{\text{uso final}}$ = Eficiencia del dispositivo de uso final

La eficiencia energética en las actividades humanas, como la agricultura, es un concepto de difícil definición por las implicaciones que tiene en los diferentes niveles jerárquicos de organización, por ejemplo, a nivel de individuo, sociedad o ecosistema (Giampietro y Pimentel 1991). Sin embargo, para medir la eficiencia energética en la producción de alimentos se han usado varios indicadores como el propuesto por Pimentel (1980a), el cual es el cociente de las salidas en kilocalorías entre las entradas. Al trabajo humano no lo considera como un ingreso energético, pero utiliza el cociente de la energía producida entre las horas de labor requeridas. Fluck (1979) por su parte hace una revisión de los indicadores más usados en el análisis energético, critica el análisis de entradas y salidas y como unidad alternativa propone a la productividad energética. Ésta mide la cantidad de producto que se obtiene por unidad de energía que se aplica, medida en kg/MJ. Más recientemente se han usado otros indicadores para comparar diferentes sistemas de producción, como la cantidad de energía utilizada por hectárea y por kilogramo de producto, utilizando las unidades MJ/ha y MJ/kg (Bailey *et al.* 2003), este último llamado precio energético por Refsgaard *et al.* (1998). También se han utilizado algunos indicadores más específicos, por ejemplo, el uso de energía fósil medida en las mismas unidades que las usadas por los anteriores autores (Dalgaard *et al.* 2001); o diferenciando energía renovable de la no renovable (Gliessman 2000).

Debido a que en los análisis energéticos se comparan tipos diferentes de energía los cuales no son equivalentes porque se encuentran en otro nivel jerárquico, Odum (1988) propuso el término emergía. El concepto de emergía es: la energía de un tipo que se requiere transformar para generar un flujo energético o un almacén de energía. Lo más común es utilizar a la energía solar como unidad común. Por ejemplo, se puede calcular la emergía contenida en un litro de diesel se acuerdo a la energía solar necesaria para producirlo, al igual que para un kilogramo de madera, o para la fuerza contenida en la marea. Se afirma que el uso de la emergía tiene la ventaja de homogeneizar las unidades energéticas a una misma base e intenta proveer un marco común para tratar con los sistemas ecológicos y

económicos, porque asigna un valor tanto a los combustibles y productos comerciales como a los recursos renovables que no se contabilizan en la producción como el viento o la lluvia (Brown y Herendeen 1996). Este método se ha utilizado recientemente por Martin *et al.* (2006) para comparar la producción de maíz tradicional en la selva de Chiapas y la producción agroindustrial en Kansas.

Una fuente de energía importante para el sistema alimentario es la luz solar (Fluck 1980, Gliessman 2000), la cual no se cuantifica porque se considera como un recurso ilimitado, esto es, que su flujo es mucho mayor a la energía que invierte el hombre y si se cuantificara, las comparaciones entre sistemas no serían efectivas (Jones 1989). Por este motivo, la eficiencia resultante de los sistemas agrícolas generalmente es mayor que uno. En términos generales se puede decir que el análisis energético del sistema alimentario mide la eficiencia con la que se captura la energía solar por las plantas y se transforma en alimento para el hombre en las siguientes etapas del sistema (Giampietro y Pimentel 1991, Giampietro *et al.* 1994).

2.3 Emisión de Dióxido de Carbono (CO₂)

Los gases de efecto invernadero (GEI) son sustancias que interactúan en la atmósfera y están vinculados con el cambio climático global. Los GEI son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆), los clorofluorocarbonos (CFCs), los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), los halones y el ozono troposférico (O₃) (IPCC 2001a). Las emisiones de estos gases se derivan de las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la agricultura, el cambio de uso del suelo y su uso en la industria. Desde la época preindustrial, el incremento de estos gases ha sido constante al grado que en el decenio de 1990 llegaron a sus niveles históricos más altos, (IPCC 2001b). De este conjunto de gases, el CO₂ es el principal causante del efecto invernadero. Su incremento en la atmósfera ha sido constante desde la era preindustrial y pasó de 280±10 ppm alrededor de 1750, a 367 ppm en 1999, nivel que no había alcanzado en los últimos 420 000 años (IPCC 2001a).

Las actividades agrícolas globales, sin incluir la transformación industrial, son las responsables de entre el 50% y 70% de las emisiones de metano (CH₄) de origen antropogénico y óxido nitroso (N₂O), y de un 5% de las de dióxido de carbono (Cole *et al.* 1996). En el sistema alimentario la emisión de CO₂ está ligada a varios procesos como la conversión de tierras para el uso agrícola, la producción de ganado rumiante y la quema de combustibles en las actividades de producción, procesamiento, distribución y consumo (Vlek *et al.* 2004, IPCC 2001a, Jungmeier y Spitzer 2001, Wind y Wallender 1997, Daalgard *et al.* 2001).

El aumento de la emisión de CO₂ derivado del uso de combustibles fósiles, tiene una estrecha relación con la intensificación de la producción, lo que significa también una transición entre los sistemas de producción tradicionales y las sistemas orientados al mercado (Vlek *et al.* 2004, Toledo *et al.* 2002). En los países en desarrollo, las principales fuentes de CO₂ por el uso de energía comercial son: la manufactura y operación de maquinaria, el uso de bombas y sistema de riego y la producción a aplicación de fertilizantes y plaguicidas químicos (Daalgard *et al.* 2001, Vlek *et al.* 2004).

Estimaciones hechas para regiones en desarrollo han arrojado que las actividades agrícolas son responsables del 4% de la emisión de CO₂ y de este porcentaje el 70% se debe a la producción y uso de fertilizantes químicos (Vlek *et al.* 2004). Estimaciones hechas en Estados Unidos en 2003, indican que las actividades agrícolas fueron responsables del 6.3% de las emisiones de gases de efecto invernadero, pero esta estimación no incluye al sector agroindustrial porque se contabiliza en otro apartado (EPA 2005).

2.4 Los sistemas alimentarios a varias escalas

La escala es un concepto ampliamente utilizado en geografía y, en sentido general se refiere a la dimensión espacial en la cual las entidades, los patrones y los procesos se pueden observar y caracterizar (Marceau 1999). Una aplicación práctica del concepto es la escala cartográfica, la cual es el cociente que relaciona la distancia en un mapa con su correspondiente distancia en el terreno (Schneider 2001). La escala también se define como una dimensión característica tanto de espacio y tiempo de una observación, un proceso o un

modelo de dicho proceso (Jewitt and Gorgens 2000, Schulze 2000). En cada escala los actores y procesos interactúan fuertemente entre ellos; sin embargo, la organización y el contexto de estas interacciones está determinado por la organización del sistema, el cual ocurre diferentes a escalas (Peterson *et al.*1998). Levin (1992) menciona que en los sistemas biológicos no hay una sola escala correcta para describir un sistema; ni tampoco todas las escalas son igualmente útiles; por esta razón los sistemas y en especial los ecológicos, deben ser estudiados a diferentes escalas.

En geografía se sabe que hay escalas más adecuadas para representar cierto tipo de información. Por esta razón, hay mejores escalas para observar un proceso en particular. La escala debe permitir explicar el proceso en su conjunto y de forma coherente. La escala de análisis que se elije debe estar en completa correspondencia con los objetivos previamente seleccionados.

Los procesos de producción agrícola, transformación, distribución y consumo de los alimentos se desarrollan en un espacio geográfico determinado. Este espacio resulta fundamental para el análisis del uso de energía, porque la distancia que recorre el producto para pasar de una etapa a otra tiene consecuencias directas en el consumo de combustibles fósiles (Lapping 2004, Heller y Keoleian 2002). Hay otros indicadores importantes como el rendimiento, pues puede ser que los altos rendimientos de una región respondan a un sistema más sustentable, aún y cuando el producto se tenga que transportar (Cowell y Parkinson 2003).

En algunos métodos de análisis de sistemas de manejo de recursos naturales, se ha utilizado el consumo de combustibles fósiles como indicador para vincular los procesos a varias escalas (Viglizzo *et al.* 2005). Lo anterior debido a que tiene relación directa con la intensificación de la agricultura, la cual, a su vez, se vincula con la contaminación, las emisiones de gases de efecto invernadero y la degradación ambiental (Viglizzo *et al.* 2005, Toledo *et al.* 2002, Pimentel *et al.* 1990).

Los análisis a diferentes escalas presentan dos enfoques predominantes: el enfoque “top-down” (de arriba hacia abajo) y el “bottom-up” (de abajo hacia arriba). La diferencia entre

los dos enfoques básicamente tiene que ver con dónde se inicia el análisis: si desde la escala mayor (de mayor superficie o mayor tamaño) y se continua hacia abajo, a escalas más pequeñas (menor superficie), o al contrario, si se inicia desde lo más pequeño (menor superficie) hacia lo más grande (mayor superficie). Los dos enfoques tienen mayor o menor aplicabilidad según el problema específico en los sistemas de manejo de recursos naturales (Lovell *et al.* 2002, Schulze 2000). De acuerdo con Veldkamp *et al.* (2001) el enfoque “top-down” es el apropiado para analizar los agroecosistemas en el contexto de los procesos y las propiedades a la escala del paisaje que determinan los rendimientos de muchos cultivos. Por otro lado Viglizzo *et al.* (2005) defienden que el enfoque “bottom-up” es más apropiado para evaluar las relaciones e interacciones entre escalas en los agroecosistemas.

Es importante considerar la escala en el estudio del sistema alimentario por dos razones básicas. El mercado actual de alimentos se caracteriza por tender a la formación de bloques comerciales que impulsan el intercambio de mercancías a escala mundial (Chías 1993). Esto implica entender las relaciones comerciales entre diferentes regiones por lo que el transporte cobra importancia fundamental (Chías 1993, Bassols *et al.* 1994). Por otro lado, el proceso de modernización del sistema alimentario se ha caracterizado por romper el autoabasto de alimentos a escala local, ampliando cada vez más la escala geográfica para el abasto de las comunidades o las ciudades. Esto se traduce en una desvinculación entre el consumidor y el productor y en última instancia entre el consumidor y la naturaleza (Gliessman 2000, Raoult-Wack y Bricas, 2002, Lapping 2004, Francis *et al.* 2005).

3 CAPITULO III: EL MAÍZ Y SU IMPORTANCIA

3.1 El maíz en el contexto mundial y nacional

En 2003, la superficie cultivada de cereales a escala mundial, fue de 674'338,259 ha, con una producción total de 2,075'309,450 ton. Por superficie cultivada de cereales, el maíz se ubicó en el tercer lugar con el 21%, después del trigo y el arroz con 31% y 23% respectivamente. Pero en producción, el maíz ocupó el primer lugar con un total de 638'043,432 ton, que representan el 30.7 % de la producción de cereales (FAOSTAT 2005).

A nivel mundial, en los últimos 23 años la producción de maíz se incrementó en un 13.5% con respecto a 1980. Esto contrasta con el comportamiento de los otros dos principales cereales: el arroz incremento sólo el 6% y el trigo disminuyó 12 %, en el mismo periodo. En cuanto a producción se refiere, los cambios fueron más drásticos pues el maíz incrementó un 61%, el arroz aumentó un 48% y el trigo disminuyó 26% (Cuadro 1). Esto significa que el maíz ha sido, en los últimos 20 años, el cereal más dinámico y el que se ha colocado como el principal en términos de volumen de producción (FAOSTAT 2005).

Cuadro 1. Superficie sembrada y producción mundiales de maíz, arroz y trigo en 1980 y 2003

Indicador	1980	2003	Diferencia %
Superficie de maíz (ha)	125,742,717	142,685,295	13.5%
Superficie de arroz (ha)	144,663,625	153,522,318	6%
Superficie de Trigo (ha)	237,251,982	208,765,010	-12%
Producción de maíz (ton)	396,623,388	638,043,432	61 %
Producción de arroz (ton)	396,872,740	589,125,834	48 %
Producción de trigo (ton)	440,204,101	556,348,627	26%

Fuente: FAOSTAT 2005.

En 2003, la superficie mundial sembrada de maíz fue de 142,685,295 ha, lo que representa casi el 73% de la superficie de México. Los países que más siembran son Estados Unidos, China, Brasil, México e India (Figura 2)

En el ámbito nacional, el maíz es el principal cultivo por superficie cultivada; además, de los cereales es el que tiene mayor volumen de producción. Asimismo, de todos los cultivos agrícolas por su volumen es el de mayor valor económico. En 2003 se sembraron 5'570,475 ha, le siguió el sorgo con 2'101,543 ha y en tercer lugar el frijol con 1'828,397 ha. Los tres

principales cultivos por valor de la producción son el maíz, que se ubicó muy por encima de la caña de azúcar y los pastos y praderas en verde, al valer \$20'124,244, \$14'874,682 y \$10'026,506 respectivamente (SAGARPA 2003).

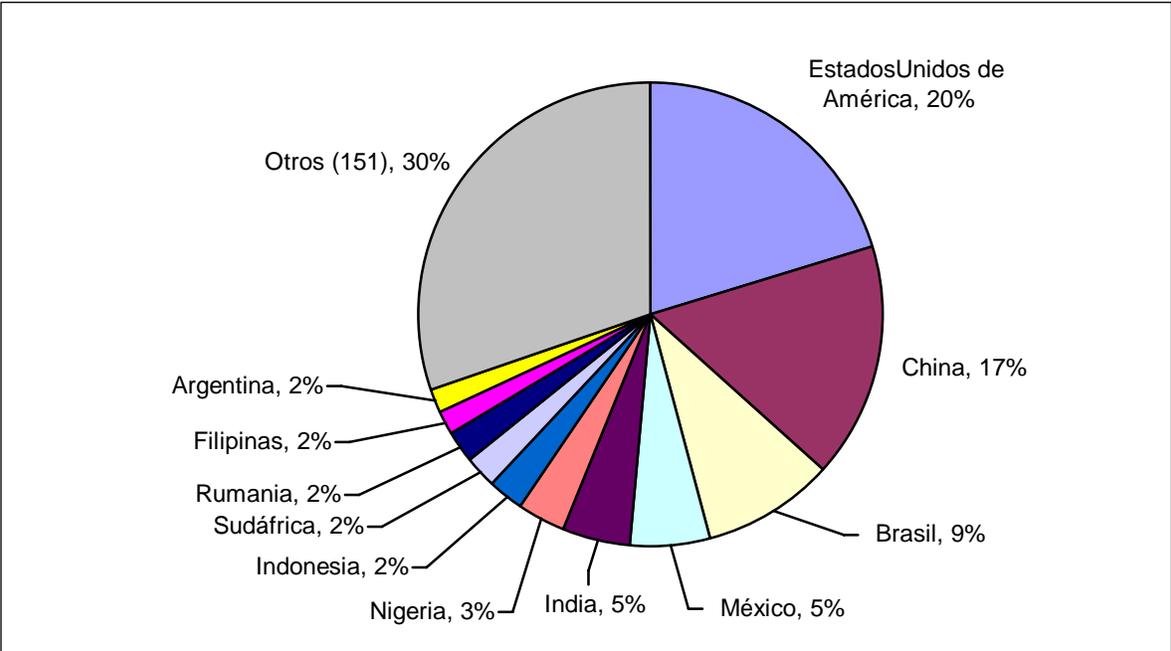


Figura 2. Superficie sembrada de maíz por país en porcentaje. Fuente: FAOSTAT 2005

La producción nacional de maíz ha experimentado fluctuaciones en los últimos 24 años. Según datos de la FAO (FAOSTAT 2005), la producción pasó de 12,374,400 toneladas en 1980, a 19,299,236 toneladas en 2002. Asimismo, las importaciones habían fluctuado hasta 1997, pero a partir de 1998 el incremento parece ser constante, al rebasar los 5 millones de toneladas (Figura 3).

En un análisis de la situación del maíz en México, la SAGARPA (2004) señala que el consumo *per cápita* de maíz en las zonas urbanas es de 272 g por día. En un estudio en una comunidad Purhépecha se estimó un consumo *per cápita* de 500 g por día (Masera *et al.* 1987) y a su vez la FAO estimó a nivel nacional un consumo *per capita* de 341 g por día. (FAOSTAT 2005). En términos alimenticios ello significa que el maíz es la principal fuente de calorías y proteínas para la población. En el medio rural su aporte puede ser del 70% de la ingesta diaria calórica, mientras que en la ciudad es del 25% (SAGARPA 2004). Pero, en

promedio cada mexicano consume 1057 calorías, 27.2 gramos de proteína y 11.7 gramos de grasa diariamente sólo por consumo de maíz (FAOSTAT 2005).

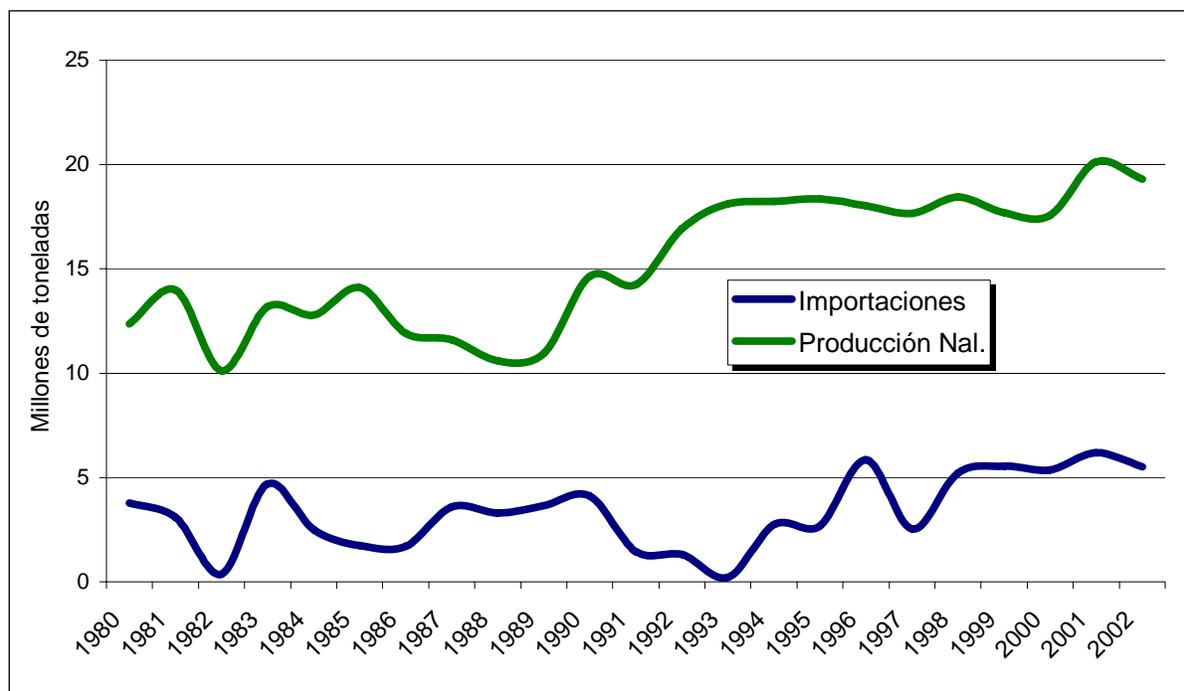


Figura 3. Producción nacional e importación de maíz de 1980 a 2002 (ton). Fuente: FAOSTAT 2005

De acuerdo con el balance de alimentos de la FAO, en el año 2002 la producción nacional fue de 19.3 millones de toneladas, se importaron 5.6 millones de toneladas y se exportaron 222 mil. Del total en existencia, 8.5 millones se usaron en alimento para animales, 426 mil como semilla, 1.3 millones en la industria, 1,7 millones se desperdiciaron y 12.7 millones de toneladas se usaron como alimento humano, principalmente provisto por la producción nacional (FAOSTAT 2005).

3.2 La agroindustria del maíz en México

Vega y Ramírez (2004) mencionan que el sistema agroindustrial del maíz en México se divide en siete industrias:

1. Fabricación de tortillas.
2. Molienda de nixtamal que produce masa para tortillas, tamales, atoles, etc.

3. Industria para la fabricación de harina de maíz nixtamalizado para la obtención de masa para tortillas, tamales, atole, etc.
4. Fabricación de almidones, féculas, levaduras y productos similares que incluyen los siguientes 16 productos, que son insumos de las industrias químicas, papelera, farmacéutica, textil, y otras: glucosa, glucosa sólida, color caramelo, almidón sin modificar, almidón modificado, dextrina, almidón pregelatinizado, féculas de maíz, miel de maíz, aceite refinado, salvado preparado, pasta de germen, gluten de maíz, agua de cocimiento, ácido grasoso de maíz, dextrosa.
5. Frituras de maíz que incluye palomitas, fritos de maíz y golosinas, principalmente.
6. Hojuelas de maíz (corn flakes).
7. Industria de alimentos balanceados.

Los datos del Cuadro 2 muestran que la industria de la tortilla es importante. En conjunto, la industria de la harina nixtamalizada y los molinos de nixtamal demandaron en el año 2000, el 27.9% del maíz a nivel nacional. Esta cifra fue superada sólo por la industria de los alimentos balanceados para ganado, que demandó el 36.9%. Sin embargo, si a la industria de la tortilla se le suma el autoconsumo rural y la distribución de DICONSA, entonces representa el 40% de la demanda nacional de maíz (Massieu y Lechuga 2002).

Es importante resaltar que, a partir de los años 90, se inició un proceso de transformación de la cadena productiva maíz-nixtamal-masa-tortilla por el de maíz-harina nixtamalizada-masa-tortilla. En 1994, el volumen de maíz demandado por los molinos tradicionales era mayor al de la harina nixtamalizada, pero esta situación se revierte en 2000, cuando la harina supera la demanda de los molinos (Vega y Ramírez 2004).

Cuadro 2. Volumen de maíz demandado por rama industrial o tipo de consumo (miles de ton)

Demanda	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Harina nixtamalizada	2795	2882	3121	3295	3195	2875	2975
Almidones y fructosa	1395	1423	1487	1785	1856	1985	2125
Botanas y cereales	125	129	133	138	143	164	175
Molinos tradicionales urbanos	2850	2850	2975	2850	2810	3050	2850
Autoconsumo para alimentación (incluye DICONSA)	2041	2112	2186	2263	2342	2424	2509
Alimentos balanceados (empresas independientes)	2950	2825	2655	2550	2600	2525	3050
Alimentos balanceados (empresas integradas)	3325	3485	3750	3925	4185	4590	4650
Autoconsumo rural para animales y semilla	2132	1795	1858	1923	1991	2060	1975
Consumos no controlados	760	722	685	651	619	593	575
Demanda total anual aparente	18374	18224	18853	19382	19741	20267	20884

Fuente: Cámara Nacional del Maíz Industrializado citado por Massieu y Lechuga (2002).

En 1999, la Cámara Nacional del Maíz Industrializado reportó que la industria de la tortilla agrupaba a cerca 45,000 tortillerías y 10,000 molinos, la mayoría de tipo familiar, además de 4 industrias productoras de harina nixtamalizada. Con respecto a la industria de la harina para tortillas, la empresa MASECA tiene el liderazgo, abasteciendo el 70% de la demanda nacional y, le sigue MINSA con el 28% (SAGARPA 2004).

En la industria de la tortilla, en sus dos variantes, el proceso de nixtamalización es un paso fundamental. Éste consiste en transformar el grano de maíz en masa maleable para hacer tortillas, este método tradicional actualmente es el único que se utiliza a escala industrial, debido a que con otros métodos no se obtienen tortillas con las características deseadas ni con la misma calidad (Arámbula *et al.* 1998). Aún para fabricar harina de maíz se utiliza este método, aunque se han probado otros, tales como la extrusión, el cocimiento por microondas o el cocimiento hidrotérmico (Arámbula *et al.* 1998, García 1994). La nixtamalización al igual que el maíz es un invento mesoamericano, que revolucionó la alimentación y también no tiene un origen claro (Serna 1999, Vargas 2004). El proceso consiste en cocer a fuego lento el grano de maíz en agua con un poco de cal y dejarlo reposar de 12 a 14 horas. La reacción química que ocurre desprende el pericarpio del grano, modifica los almidones, mejora el sabor y sobre todo aumenta sus las propiedades nutritivas, además le da la maleabilidad a la masa para hacer las tortillas (Serna-Saldivar *et al.* 1990). Los pasos de este proceso se presentan en la Figura 4.

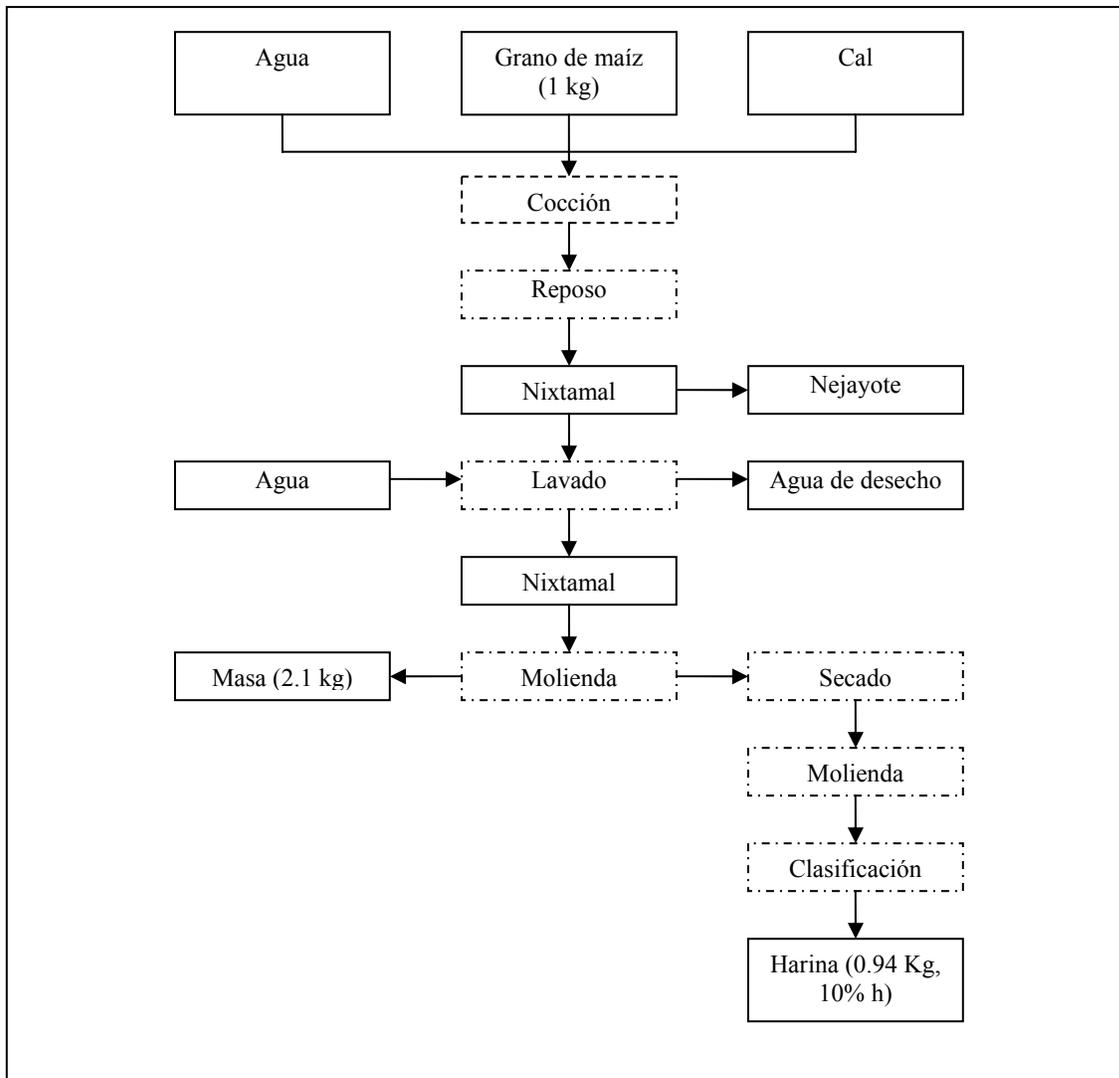


Figura 4. Proceso de nixtamalización y elaboración de harina de maíz. Fuente: Modificado de Serna-Saldivar *et al.* 1990

3.3 El maíz a escala estatal y municipal

En el 2003 el estado de Michoacán ocupó el octavo lugar por superficie sembrada en el país y el quinto en producción. Los cuatro primeros estados productores fueron: Jalisco, Sinaloa, Chiapas y el Estado de México. En la Figura 5 se muestra la importancia de cada estado según su rango de producción. En Michoacán, como en todo el país, el maíz se cultiva principalmente bajo sistemas de temporal, el 87.2% de la superficie, y sólo el 12.8% se cultiva en sistemas de riego (SAGARPA 2003).



Figura 5. Importancia de los estados según su producción de maíz. Fuente: SAGARPA 2003

Durante el 2003, en los municipios que conforman la cuenca del Lago de Pátzcuaro se sembraron un total de 11,107 ha de maíz, siendo Pátzcuaro el municipio con mayor superficie sembrada (SAGARPA 2003). Comparando los datos actuales con los del 1990 la superficie sembrada en los cinco municipios se incrementó en un 38% (Cuadro 3) quizá como efecto directo del programa PROCAMPO, que da un apoyo en efectivo a los agricultores que siembran maíz u otros cultivos.

El cultivo del maíz en la cuenca obedece básicamente a la necesidad de asegurar el abasto familiar. Los rendimientos son bajos comparados con el promedio obtenido en otras regiones maiceras del país. Las siembras de temporal y humedad son las más extendidas, el riego sólo se practica en algunas porciones de los municipios de Quiroga y Erongarícuaro, en las riberas del lago. Los rendimientos en las tierras de humedad y temporal son de alrededor de 1.5 ton y, en las tierras de riego llegan a las 4.0 ton/ha. Sin embargo, su cultivo

es esencial para la alimentación y demás expresiones culturales de la región (Álvarez y Garibay 1992).

Cuadro 3. Superficie sembrada de maíz (ha) en los municipios de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Municipio	Año			
	1990	2001	2002	2003
Erongarícuaro	1620 ¹	2052	2,970	2,120
Pátzcuaro	4078 ¹	4586	3,892	4,215
Quiroga	1190 ¹	2388	3,892	1,856
Tingambato	1322 ²	1410	1,360	1,450
Tzintzuntzan	1174 ¹	1482	1,092	1,466
Total general	9,384	11,918	13,206	11,107

Fuente: SAGARPA 2003

¹ Tomado de Álvarez y Garibay (1992), ² tomado de Álvarez-Icaza *et al.* (1993)

3.4 El subsistema alimentario tradicional y agroindustrial

El sistema alimentario del maíz en México tiene cuatro etapas fundamentales (maíz para consumo humano): 1) La producción agrícola, la cual implica el proceso desde la preparación de la tierra hasta su cosecha; 2) La distribución del maíz, que consiste en transportarlo hacia los centros de procesamiento, mismos que se ubican en los centros de consumo o lo más cercano posible a ellos; 3) El procesamiento, que implica su transformación a tortilla; y, 4) el consumo, el cual ocurre en los hogares (Morales 2004a, SAGARPA 2004, Vega y Ramírez 2004, Massieu y Lechuga 2002) (Figura 6).

En la etapa de procesamiento para obtener las tortillas hay varios procesos involucrados (Figura 6). El común es la nixtamalización y la molienda para obtener la masa, a partir de la cual se pueden elaborar las tortillas o bien, se da como un paso previo para obtener la harina de maíz (Figura 4). La harina tiene la ventaja de poderse transportar y almacenar a diferencia de la masa que es un producto perecedero, además de que se elabora en grandes fábricas, reduciendo así los costos de producción. En muchas tortillerías es común que se mezcle masa de nixtamal elaborado en la propia tortillería o en instalaciones cercanas con harina nixtamalizada, esto facilita la elaboración de las tortillas en la máquina (Torres 1994, Iturriaga 1993, Novelo y García 1987).

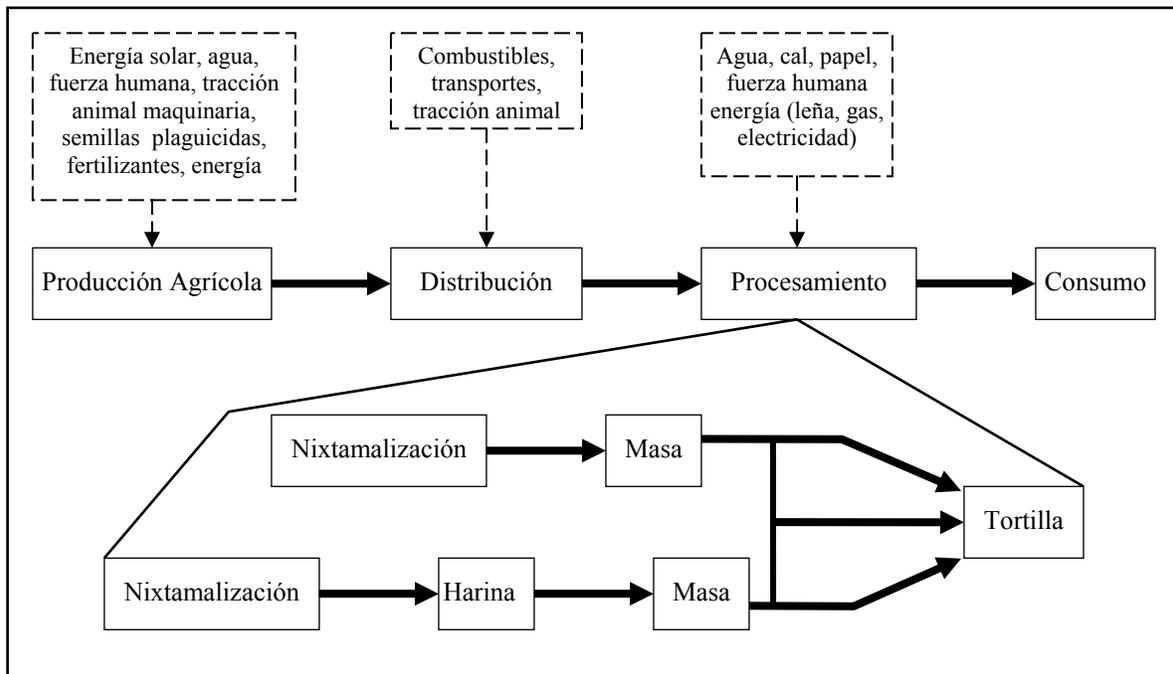


Figura 6. Sistema alimentario del maíz en México. Fuente: Morales 2004a, SAGARPA 2004, Vega y Ramírez 2004, Massieu y Lechuga 2002

En México existe una gran diversidad de sistemas productivos de maíz. Dicha diversidad incluye diferencias en tecnología, en disponibilidad de tierra y agua, clima, raza de maíz cultivado, objetivos de la producción, entre los más importantes (Peña 2004, Aguilar *et al.* 2003 Ortega 2003, Barkin 2003). Pero desde el punto de vista económico hay dos sistemas de producción definidos claramente: el sistema de producción de autoconsumo y el sistema de producción comercial (FIRA 1998.). El primero se caracteriza por tener el objetivo de abastecer de maíz a la unidad familiar; por lo general, se desarrolla en el minifundio con alto uso de mano de obra familiar y una baja capitalización; ocupa tierras de temporal y tiene bajo uso de tecnología moderna como maquinaria, uso de fertilizantes químicos o semillas mejoradas (Peña 2004, FIRA 1998). Este sistema ha permitido la conservación de razas de maíz criollo para usos diversos a pesar de las presiones de los programas gubernamentales para incrementar la productividad (Barkin 2003, Ortega 2003, FIRA 1998). En cambio, el sistema productivo comercial está orientado al mercado, usa intensivamente el capital y la rentabilidad se a través de la reducción de los cotos de producción y el aumento de los rendimientos. Debido a esto, hace un uso intensivo de la tecnología como semillas mejoradas, alto uso de fertilizantes y maquinaria. Además, se

ubica en zonas de riego o de buen temporal y suelos que permiten la mecanización tanto por su topografía como por sus características físicas (Peña 2004, FIRA 1998).

Toledo *et al.* (2002) propusieron un marco teórico para describir, cuantificar y clasificar estas dos formas opuestas y extremas de producción. Partiendo del concepto de “modo de apropiación de la naturaleza”, ubican al modo campesino y al agroindustrial como las dos maneras fundamentales actuales de uso de los recursos naturales. Cada uno representa dos formas radicalmente opuestas de concebir, manejar y utilizar la naturaleza. Obedecen a lógicas distintas corresponden a los dos sistemas productivos opuestos descritos en el párrafo anterior. En México y el mundo estos dos modos de producción subsisten en una gama continua de combinaciones, existiendo desde el modo netamente campesino hasta el completamente agroindustrial.

Estos dos modos de apropiación de la naturaleza van más allá de la producción agrícola, en este sentido se puede decir que, dentro del sistema alimentario del maíz hay dos subsistemas diferenciados: el subsistema tradicional y el agroindustrial. El subsistema tradicional o campesino tiene su génesis en los orígenes de la especie humana (Toledo *et al.* 2002) y en México está representado por los grupos indígenas y las comunidades campesinas, aunque éstas han incorporado elementos de la tecnología moderna. Se opta por llamarle “subsistema tradicional” de acuerdo con la definición de Hernández X (1987) para la agricultura tradicional, que tiene estas características: 1) una amplia experiencia empírica que ha configurado las prácticas actuales, 2) un profundo conocimiento del medio por parte de los productores, 3) la transmisión de habilidades y conocimientos a través de la educación no formal, y 4) un acervo cultural de la población que se dedica a la agricultura. En cambio el subsistema agroindustrial tiene su origen en el modo de producción industrial diseñado para producir alimentos y materias primas requeridos en las zonas urbanas (Toledo *et al.* 2002).

Tomando como base el modelo general del sistema alimentario del maíz (Figura 6), los modelos del subsistema tradicional y del agroindustrial se muestran en la Figura 7. El subsistema tradicional (Figura 7a) se divide en las etapas de producción, procesamiento y consumo; mientras que el subsistema agroindustrial (Figura 7b) se divide en producción,

distribución procesamiento y consumo. La primera etapa implica desde la siembra hasta la cosecha del maíz y su depósito en las bodegas, ya sean familiares, como en el caso del subsistema tradicional, o en las bodegas regionales para el caso del agroindustrial. En la Figura 7b se muestran los principales insumos.

La etapa de distribución no existe en el subsistema tradicional porque la producción se hace al interior de la misma unidad familiar (Figura 7a). En cambio, en el subsistema agroindustrial la distribución es fundamental, pues implica el transporte del maíz o maíz transformado en harina desde el lugar de producción hasta la comunidad o el lugar de consumo.

En el subsistema tradicional el procesamiento consiste en nixtamalizar el maíz, llevarlo a moler al molino de la comunidad o el barrio y amasar y elaborar las tortillas en el hogar. En el subsistema agroindustrial el procesamiento consiste en elaborar la harina nixtamalizada en una planta especial; nixtamalizar el maíz y molerlo en la tortillería, amasar y elaborar las tortillas en máquina, que pueden ser a base sólo de masa o como una mezcla de masa y harina (Figura 7b). En el subsistema agroindustrial el procesamiento es mucho más complejo y puede ocurrir en dos lugares separados: la fábrica de harina y la tortillería, las cuales se unen a través del transporte.

En ambos subsistemas la etapa de consumo es poco importante para el caso particular del maíz. Una vez elaborada la tortilla no requiere de otro proceso, a diferencia de otros alimentos que, en la etapa de consumo, implican otro gasto energético (cocinar la carne o las verduras). Las tortillas son un alimento terminado, como es el caso del pan. A veces sólo se calientan para ser consumidas, pero por lo general se consumen al momento de elaborarse, ya sea en la casa o en la tortillería.

Es importante señalar que cada uno de los subsistemas se encuentran embebidos en un contexto dividido en tres componentes: el ambiente biofísico, el ambiente sociocultural y el ambiente socio-político, tal como lo señala Clary *et al.* (1991). Por otro lado, los subsistemas (Figura 7) se presentan como independientes y como dos modelos diferentes de producir alimentos pero siempre ocurren interacciones entre ellos. Por ejemplo, puede

sucedir que una familia compre maíz producido de forma agroindustrial en la tienda DICONSA y elabora tortillas de forma tradicional en su hogar; o puede ser que una tortillería compre maíz producido localmente bajo técnicas tradicionales.

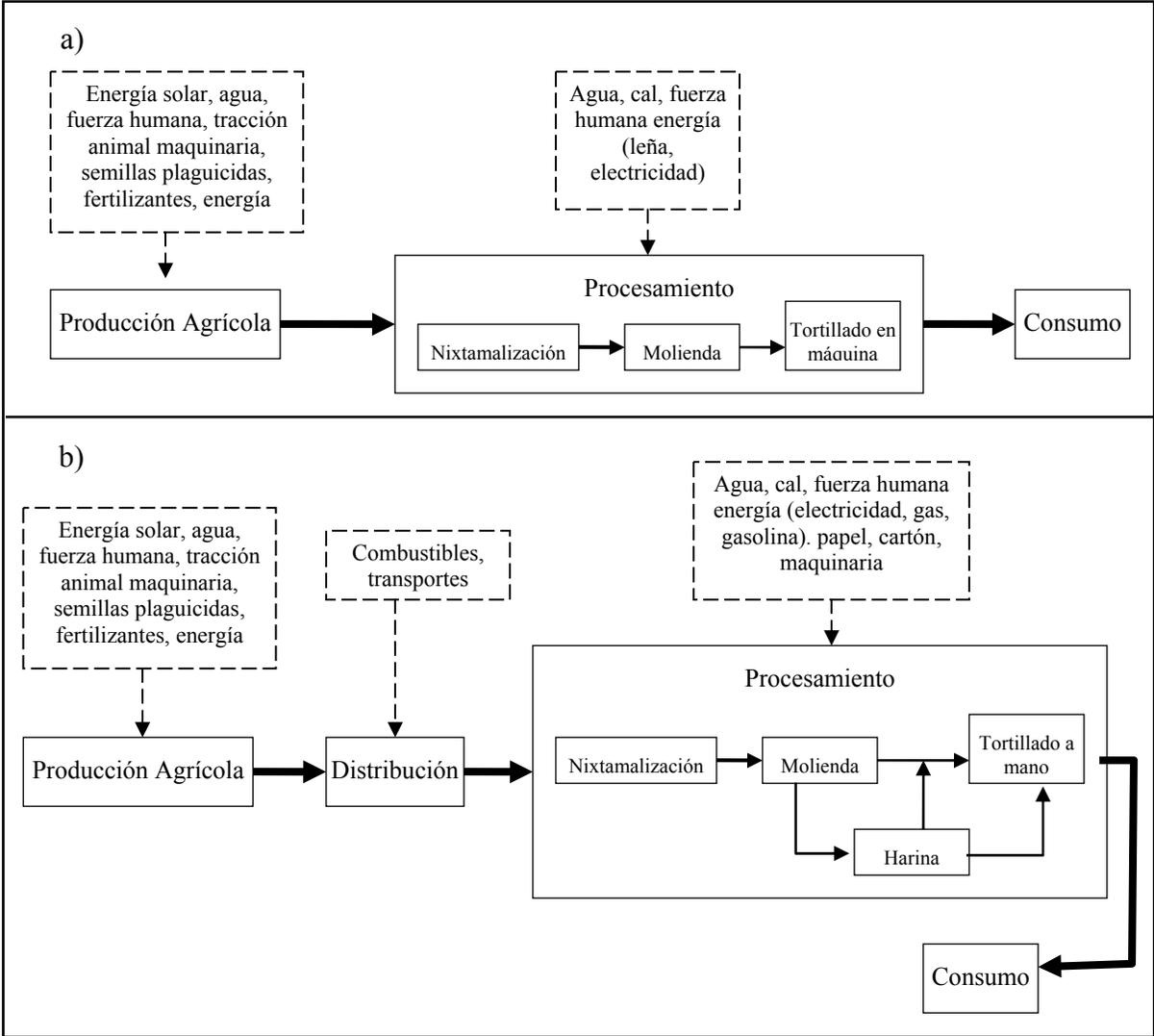


Figura 7: Subsistemas del sistema alimentario de maíz: a) subsistema tradicional, b) subsistema agroindustrial

4 CAPITULO IV: EL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 La cuenca del lago de Pátzcuaro

La investigación se desarrolló en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, en el centro del estado de Michoacán y lugar de notable importancia cultural. Ha sido lugar de asentamiento de la cultura Purhépecha que tuvo su máximo florecimiento en siglo XVI (Pollard 1980, Gorenstein y Pollard 1983), siendo la ribera del Lago de Pátzcuaro el sitio donde se ubicó su centro de gobierno (West 1947). El maíz ha estado presente desde hace aproximadamente 5000 años (Watts y Bradbury 1982), sigue siendo el principal cultivo de la región y debido a su relieve y diversidad climática y edáfica, el maíz criollo que se siembra en la región presenta una amplia diversidad (Mapes *et al.* 1994). En toda el área Purhépecha se han encontrado 109 muestras morfológicamente diferentes (Ramírez 1987). Es un lugar de contrastes desde el punto de vista de la producción maicera. Actualmente, en algunas comunidades indígenas existe producción familiar de tortilla hecha a mano que utiliza maíz criollo y leña local como principales insumos (Astier 2004). Pero el proceso de modernización e industrialización se ha insertado a través de la producción de tortilla en máquinas, utilizando harina nixtamalizada y maíz que proviene de otras regiones agrícolas del país, y posiblemente del extranjero.

4.1.1 Localización y Ambiente

La cuenca del Lago de Pátzcuaro se localiza en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, y comprende los municipios de Pátzcuaro, Tzintzuntzan, Quiroga y Erongarícuaro, principalmente, y en menor superficie a los municipios de Tingambato y Salvador Escalante (Figura 8). Se ubica entre las coordenadas 19° 27' y 19°44' de latitud norte y 101°27' y 101°53' de longitud oeste. El rango altitudinal va de 2040 m a los 3300 m sobre el nivel del mar (msnm) (Barrera-Bassols 1986, Gómez-Tagle *et al.* 2001).

El principal cuerpo de agua es el Lago de Pátzcuaro, formado a partir de la fragmentación de la antigua cuenca del Lerma-Santiago. Es uno de los lagos de mayor altura más importantes en la región centro occidente de México. Cubre una extensión de 130 Km² y

donde ocurren procesos de erosión y acumulación. 4) la Zona de Valles Intermontanos con altitud variable. Su formación ocurre a partir de los procesos de acumulación fluvio-volcánica, la pendiente es baja (3–7 grados). 5) la Zona de Montaña, se localiza entre los 2400 y los 3000 msnm, con un relieve de tipo erosivo que abarca la mayor parte de las sierras que circundan a la cuenca; su pendiente es fuerte y varía entre los 25 y los 30 grados. 6) la Zona de Alta Montaña se restringe a las cimas más altas de los cerros y su relieve es de tipo erosivo con pendientes muy fuertes (de 25 grados o más).

El clima de la región es templado sub-húmedo con lluvias en verano, el más húmedo de los climas templados, de acuerdo con Köppen modificado por García (1981) es C(w'2)(W)b (i')g. La precipitación media anual es de 1000 mm, pero en las partes más altas de las montañas rebasa los 1300 mm, mientras que en la zona de transición hacia el este, noreste, oeste y noroeste la lluvia es la más baja con 900 mm (Barrera-Bassols 1986, 1992,). La temperatura media anual es de 16.4° C, con una máxima mensual 28.2° C en el mes de mayo y una mínima mensual de 3.4° C en el mes de enero (SMN 2005).

Los suelos son de varios tipos conformando un ensamble heterogéneo (Clasificación FAO-UNESCO-DETENAL). Sin embargo, su génesis es relativamente homogénea al originarse todos de material volcánico y de sedimentos fluvio lacustres. Los más representativos son los Andosoles que cubren el 50% de la cuenca y frecuentemente hacia el suroeste y el oeste de ésta. Los Acrisoles y Luvisoles cubren porciones del norte y el este de la cuenca, ocupando un 25% de su superficie. Los Litosoles ocupan el 8% de la superficie. En conjunto los Phaeozems, Cambisoles y Planosoles cubren el 5% y se ubican en la parte de pie de monte en la zona de transición. Por último, los Vertisoles y Gleysoles se ubican en las planicies lacustres y en los bordes del lago, cubriendo el 5% del área (Barrera-Bassols 1986, 2003).

La cobertura vegetal y el uso de la tierra tienen un patrón en mosaico que incluye áreas con vegetación natural de origen secundario, agricultura anual de temporal y riego, tierras agrícolas abandonadas en proceso de sucesión secundaria y pastizales inducidos. Se han reconocido y descrito 14 paisajes agrícolas, lo cual habla de su importante diversidad. La

vegetación natural comprende bosques de oyamel, bosques de pino y encino y pastizales inducidos principalmente (Mapes *et al.* 1994, Caballero *et al.* 1992, Barrera-Bassols 2003).

4.1.2 Sociedad

La cuenca del Lago de Pátzcuaro ha estado densamente poblada en comparación con otras regiones de Michoacán desde hace más de 800 años (Castilleja 1992). Desde el siglo XV se reportan asentamientos importantes por su número de habitantes tales como: Pátzcuaro (entre 25 y 35 mil habitantes al inicio del siglo XVI), Tzintzunzan, Ihuatzio, Uricho, Itziparámucu, Erongarícuaro, Pueblo Viejo y Pichátaro (Pollard 1980, Castilleja *et al.* 2000).

Actualmente, en los cuatro municipios principales de la cuenca existen un total de 94 comunidades: 14 en Erongarícuaro, 46 en Pátzcuaro, 9 en Quiroga y 25 en Tzintzuntzan (SAED datos no publicados). En el 2000 La población total de estos municipios sumaban 127,740 habitantes (INEGI 2001). El incremento de la población en la cuenca del Lago de Pátzcuaro fue un fenómeno constante a lo largo del siglo pasado, pero sin duda uno de sus detonantes fue el elevado crecimiento de la ciudad de Pátzcuaro en la década de los 70s', la cual creció a una tasa mayor que el promedio estatal, y mayor que la ciudad de Morelia (Castilleja 1992).

La tenencia actual de la tierra en este importante centro cultural es reflejo de las luchas ocurridas por siglos, por lo que se ha configurado un intrincado mapa donde coexisten varios tipos de propiedad, y por tanto de predios con manejo diferenciado. En total, en la cuenca del Lago de Pátzcuaro existen los tres tipos de tenencia en los siguientes porcentajes: 40% comunidad indígena, 28% ejido y 30% de propiedad privada (el restante 2% corresponde a los núcleos urbanos) (Álvarez y Garibay 1992). Además existe la propiedad federal en el área que cubre el lago. Es de destacar la existencia de una mayor cantidad de tierra bajo propiedad colectiva (ejido y comunidad), debido a la decisión de las comunidades indígenas por conservar sus formas de propiedad como parte de sus costumbres.

Una característica distintiva de la sociedad patzcuarenses es su carácter rural (Mapes *et al.* 1994). En las comunidades indígenas predominan las actividades agropecuarias (SAED, datos no publicados). En un 45% de los hogares, incluidos los urbanos, se usa la leña como principal combustible (INEGI 2001). En las comunidades, del total de hogares, 58% usan leña como principal combustible y el 42% usa gas. Lo cual indica una fuerte relación con los recursos locales. Además la presencia indígena se hace patente no sólo en el 28% de hablantes del purhépecha (INEGI 2001), sino también en la cultura tanto de las ciudades como de los centros de población rural.

4.1.3 Actividades económicas

Las actividades económicas incluyen prácticas productivas primarias, de transformación y de servicios, sin embargo, los procesos productivos más importantes, actual e históricamente, son aquellos relacionados directamente con el manejo y aprovechamiento de la naturaleza (Toledo 1992, Mapes *et al.* 1994). Actualmente, según datos obtenidos por SAED (datos no publicados) de las comunidades de la ribera del lago, poco más de la mitad tienen como actividad principal la agricultura y/o la ganadería; las comunidades restantes además de estas dos actividades netamente rurales, practican la pesca, fabrican artesanías, comercializan productos y aprovechan los recursos forestales. Cada vez toman mayor importancia otras actividades como la prestación de servicios en general y la emigración.

La agricultura es uno de los procesos productivos tradicionales, aunque se hayan incorporado elementos tecnológicos modernos con acento en algunos paisajes agrícolas, como el tractor y el uso de fertilizantes de síntesis inorgánica (Mapes *et al.* 1994). Dicha actividad mantiene una lógica campesina y está integrada a los ciclos rituales y festivos de las comunidades (Barrera-Bassols 2003). En total, en los cuatro municipios hay 4825 productores, en una superficie agrícola de 16,020 ha (SAED datos no publicados). La mayoría de las tierras cultivables son de temporal, el riego se restringe a 18 comunidades y/ejidos, las cuales en conjunto suman 6% del área cultivable, o alrededor de 950 ha (SIAP 2004). Las tierras de temporal pueden ser de año y vez, o sea que la tierra descansa entre un año y otro; o, de año con año, cuando se siembra todos los años. El sistema de año y vez influye en la dinámica de las comunidades, en el abasto de maíz y en las actividades

ganaderas principalmente (Álvarez y Garibay 1992), además requiere de acuerdos y organización comunitaria.

Los cultivos del ciclo primavera-verano son el maíz, el frijol, el haba, la alfalfa, y las hortalizas, éstas últimas sólo se siembran en algunas comunidades ribereñas. Mientras que en el ciclo otoño-invierno se cultiva avena, janamargo, trigo, lenteja y alfalfa (Álvarez y Garibay 1992, Mapes *et al.* 1994). En sólo cinco comunidades indígenas se sigue practicando la fertilización orgánica derivada de estiércol de ganado vacuno y caballar, en las restantes usan tanto fertilizantes químicos como orgánicos (SAED datos no publicados).

El abandono de tierras agrícolas es extenso; ocurre en las tierras de temporal más alejadas o de ladera, en los cuatro municipios, pero Quiroga y Pátzcuaro son los más afectados, quizá por su creciente urbanización y la migración. En total se estima que de las 16,020 ha dedicadas a la agricultura, 3,101 ha están en el abandono, alrededor de un 20% de las tierras agrícolas (SAED datos no publicados).

Predomina el ganado bovino, con un total de 22,874 cabezas en los cuatro municipios (SAED datos no publicados). En su mayoría son animales criollos de doble propósito (para la producción de carne y leche), que en la temporada de lluvia pastan libremente en las tierras de uso común. En la década de los ochentas se aseveraba que la cantidad de pasto disponible por cabeza de ganado no era suficiente para mantener al número existente (28,127 animales), por lo que la siembra de maíz contribuía de forma decisiva, con la producción de rastrojo, a mantener el ganado (Álvarez y Garibay 1992). Sin embargo, del año 1983 a la fecha, el ganado vacuno se ha reducido en casi el 20% por lo que ha disminuido la presión sobre los pastos y el suelo, además la siembra de avena forrajera ha aumentado (SIAP 2004). El mercado de la carne y la leche es local y regional y organizado a través de intermediarios.

4.2 La comunidad de estudio: San Francisco Pichátaro

4.2.1 Ambiente natural

San Francisco Pichátaro es una comunidad purhépecha ubicada al suroeste de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (101° 48' 24" y 19°, 34' 13") a lo largo de una amplia franja altitudinal

que va de los 2300 a los 3200 msnm, con un relieve montañoso y valles intermontanos. Pertenece al municipio de Tingambato. La distancia a la ciudad de Pátzcuaro es de 31 km por carretera pavimentada (ver Figura 8), y es con este centro con el que tiene su principal intercambio comercial (Álvarez-Icaza *et al.* 1993).

El territorio que ocupa la comunidad es heterogéneo ambientalmente, el clima varía considerablemente de acuerdo a la altitud. La fórmula climática corresponde a un (C (W'₂) (W) b (I') g), se describe como un clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, el más húmedo de los climas sub-húmedos según la clasificación de Köppen modificada por García (1981). La precipitación anual va de los 1000 y los 1500 mm según la variación altitudinal e interanual, con un 5% de lluvia invernal. La marcha anual de temperatura presenta baja oscilación y una temperatura media de entre 13° C y 16° C que también varía con la altitud y en los últimos 30 se ha incrementado en unos 2° C (Barrera-Bassols 2003).

La geomorfología está dominada por montañas volcánicas, mesetas volcánicas, valles intermontanos y valles tributarios. Los cuerpos de agua superficiales son escasos, únicamente los manantiales que emergen al pie de las montañas, dando cuenta de la alta permeabilidad del material rocoso. Sin embargo, el número de manantiales de Pichátaro lo hace uno de los pueblos de montaña con mayor provisión de agua. Por ello su asentamiento prehispánico y su importancia cultural y económica desde antes del arribo de los españoles. El relieve volcánico controla el drenaje local en forma radial, cuyas se extienden las corrientes temporales no alcanzan los valles por la alta tasa de infiltración. Los suelos están dominados por los tipos Andosoles, ocupando el 70% de la superficie. La cobertura vegetal está compuesta por zacatonal alpino, bosque de *Abies*, bosque de pino, bosque de encino, matorral de *Braccharis*, y pastizal inducido (Barrera-Bassols 2003).

4.2.2 Ambiente social

San Francisco Pichátaro es una comunidad purhépecha que existió mucho antes de la llegada de los españoles (Stanivlawsky 1950). Fue un centro poblacional donde se cultivaba la milpa para producir maíz, frijol, calabaza, y amaranto, y se extraía madera. Por su ubicación en la parte alta de la cuenca del Lago de Pátzcuaro tuvo un fuerte intercambio

comercial con los pueblos de la ribera del lago, en especial con Erongarícuaro (Pollard 1980), pero también con los de las tierras bajas o Tierra Caliente, ubicadas en el lado contrario a la vertiente del lago (Barrera-Bassols 2003) por estas relaciones tuvo y tiene un importante papel en la historia regional (Álvarez-Icaza 1988). En el territorio que hoy ocupa existieron siete caseríos que, a la llegada de los primeros evangelizadores fueron unificados con el fin de hacer más fácil su administración y agregaron el nombre de San Francisco (Toledo y Barrera-Bassols 1984, Álvarez-Icaza 1988). Con la llegada de los españoles, la población se redujo drásticamente y en los siglos siguientes comenzó un crecimiento lento que repuntó en el último medio siglo (Barrera-Bassols 2003). Sin embargo, fue una de las comunidades más antiguas y pobladas de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (Castilleja 2000).

La población total de la comunidad en el año 2000 era de 4627 habitantes, de los cuales 2176 eran hombres y 2451 mujeres. El segmento de la población económicamente activa era de 1490 personas, el 24.4% trabajaban en el sector primario, 55.3% en el secundario, principalmente en talleres de muebles de madera y 18.3% en el sector terciario. El total de viviendas habitadas era de 863. Según el mismo censo se reporta que 909 habitantes hablan el purhépecha (INEGI 2001).

La organización comunitaria está dividida en tres ámbitos de gobierno: el civil, el comunal y el religioso. Estas tres estructuras tienen funciones definidas tanto por las tradiciones (usos y costumbres) como por el marco legal. La autoridad civil recae en el Jefe de tenencia, enlace entre la población y la Presidencia Municipal de Tingambato. El Jefe de Tenencia es elegido cada año por toda la comunidad en asamblea. La autoridad comunal está conformada por el Representante de Bienes Comunales, quien tiene a su cargo todos los asuntos relacionados con las tierras comunales y el aprovechamiento del bosque. La tercera estructura es la religiosa que se basa en el sistema de cargos tanto para la fiesta principal como para las que se realizan en cada barrio a lo largo del año (Álvarez-Icaza 1988, Barrera-Bassols 2003).

Las actividades económicas más importantes de la comunidad son la explotación forestal, la elaboración de muebles, la agricultura, la ganadería y la construcción, mismas que se

reportan como importantes desde mediados del siglo pasado (Stanislawski 1950). Las actividades ligadas al campo se han ido reduciendo a causa de los bajos precios de los productos, en especial del maíz, además de que está ocurriendo un proceso de acaparamiento de tierras provocando que las nuevas familias no tengan acceso a ella y busquen el sustento en otras actividades como la explotación forestal, la elaboración de muebles y la emigración. La migración a las ciudades del centro y norte del país y a Los Estados Unidos, iniciada a mediados del siglo pasado, es cada vez es más importante siendo un motor más de la transformación que está ocurriendo en la comunidad (Barrera-Bassols 2003).

Hoy, la comunidad vive un proceso de urbanización iniciado en el año de 1952 con la instalación de la primera escuela primaria y con la construcción de un camino de terracería para comunicar a la carretera Pátzcuaro-Uruapan, tres años más tarde. A finales de la década de los 50's se inició el trámite para la introducción de la energía eléctrica (Barrera-Bassols 2003). La urbanización se ha acelerado en los últimos años con el cambio de actividad productiva principal, el crecimiento de la población y la incorporación de nuevos valores por la migración y la educación formal. Los servicios con los que se cuenta son: energía eléctrica, teléfono e Internet, agua entubada, drenaje en algunas calles, pavimento en las principales calles, así como caminos asfaltados que la comunican con los pueblos de la Meseta Purhépecha, la cuenca del Lago de Pátzcuaro y la cabecera municipal.

Respecto al abasto de alimentos, cada martes ocurre un mercado ambulante donde se dan cita vendedores de la región para expender los principales productos alimenticios y de uso doméstico. En la comunidad no hay tienda DICONSA (programa gubernamental de abasto rural) ni en el tianguis semanal se expende maíz. Lo que indica que mucho del maíz se suple con la producción local. Hay tres tortillerías, dos de un mismo dueño, la primera de ellas se instaló por el año 1995. En las tres se utiliza una mezcla de masa de maíz y harina de maíz para hacer las tortillas. Hay siete molinos de nixtamal y una persona se dedica a vender tortillas hechas a mano.

A lo largo de su historia, los pobladores de San Francisco Pichátaro han combinado elementos culturales indígenas, europeos medievales durante la colonia, y modernos en los

últimos años, lo cual le ha dado un dinamismo y riqueza poco visto en otras comunidades. También le ha provisto de un relativo éxito para enfrentar las adversidades, al diversificar sus actividades productivas y adaptar sus estructuras de organización. Sin embargo, estos cambios y adaptaciones han traído consigo consecuencias como la degradación ambiental, expresada en la pérdida del bosque y la contaminación de aguas y tierras, así como la ruptura generacional por el cambio de valores entre los más viejos y los jóvenes que han emigrado. Actualmente Pichátaro se enfrenta a una profunda transformación que va más allá de los cambios en la estructura familiar, en el uso de la tierra, en la diversificación productiva o en la estratificación social. Ésta transformación tiene que ver con su integración a la economía global a través de la mano de obra y de sus productos, por lo que no es posible predecir cuáles serán las consecuencias de esta transformación (Barrera-Bassols 2003).

4.2.3 El maíz en San Francisco Pichátaro

El maíz es más que el alimento principal de los habitantes de Pichátaro, es un símbolo de su cultura desarrollada durante los últimos 2000 años. Ligado al cultivo de este grano, existe un conocimiento amplio de su realidad concreta y simbólica. Éste abarca desde la ecología del cultivo, su adaptación a diferentes ambientes, su comportamiento en relación con el suelo, las técnicas de cultivo, los modos de preparación de alimentos, las relaciones con los símbolos religiosos y los mecanismos que tienden a mantener en el largo plazo la producción de maíz (Barrera-Bassols 2003).

El maíz criollo tiene una amplia diversidad pues se cuentan 14 razas locales (landraces) cada una con usos particulares y con un ambiente agroecológico específico para su cultivo (Barrera-Bassols 2003). En Pichátaro se encuentra el 40% de la diversidad de maíz de la región purhépecha (Ramírez 1987).

Barrera-Bassols (2003) identificó cuatro sistemas de cultivo y nueve subsistemas con variaciones agronómicas en espacio y tiempo, las cuales no incluyen sólo al maíz pero este cultivo es un elemento importante con características distintivas en cada uno de los sistemas:

1. Sistemas agrícolas de las tierras planas.- Se ubican en sus tres valles intermontanos, que aún y cuando se localizan a diferente altitud y tienen características mesoclimáticas diversas se agrupan por ser los sistemas agrícolas más intensivos y más productivos de la comunidad. Los rendimientos promedio se ubican entre las 1.5 y las 3.0 ton/ha. Se cultivan año con año y es común el uso de insumos externos a la comunidad como semillas híbridas, fertilizantes químicos y plaguicidas. En los valles altos, en el ciclo primavera-otoño, se siembra maíz en monocultivo o intercalado con haba, avena o janamargo; mientras que en el ciclo otoño-primavera se siembran trigo y avena en monocultivo. En el valle más bajo (Charachapo), en el ciclo primavera-otoño se practica el policultivo que puede incluir maíz, frijol, calabaza, chilacayote y chía (*Amaranthus* spp.) y en el ciclo otoño-primavera se siembran avena y trigo. Hay un manejo diferencial en cada uno de los valles por las características ambientales específicas.
2. Sistemas agrícolas en la laderas.- Estos sistemas se ubican en las laderas que rodean a los valles, son muy diversos en función de las condiciones climáticas, el rango de elevación, el grado de pendiente y su exposición, las variaciones del suelo y el relieve, las razas locales adaptadas y la distancia al poblado. En general son sistemas de subsistencia y semi-intensivos con uno o dos años de cultivo y uno o varios de descanso. Se cultiva maíz solo o en policultivo (calabaza y haba) en la primavera-verano y avena y janamargo solos o intercalados en el verano-otoño. Los rendimientos del maíz varían entre 0.9 y 1.5 ton/ha.
3. Sistemas agrícolas de montaña.- Estos sistemas se llevan a cabo en las laderas frías y húmedas de las dos montañas más altas de la comunidad (de 2600 a 2900 msnm). Son los menos intensivos de todos los sistemas agrícolas y los más riesgosos por las bajas temperaturas, la variación diaria de la temperatura, la baja insolación, las heladas y nevadas en el invierno y los ataques de plagas y el ganado. Es el sistema con rendimientos más bajos, no llegando a superar las 0.9 ton/ha de maíz. Por estas razones, la agricultura en estos lugares está determinada por las necesidades de subsistencia de las familias y la falta de dinero, pues se practica más en periodos de escasez. Se acostumbra sembrar maíz de ciclo largo en monocultivo con varios años de descanso.

4. Sistema de solar o ekuaro.- Este es un sistema de subsistencia y comercial muy importante, se ubica en los alrededores del poblado. En este sistema se mezclan plantas y animales nativos y traídos por los españoles, por lo que incluyen plantas de muy diversos usos, ganado menor y aves, árboles frutales y hortalizas, y razas locales de maíz. Son los sistemas más intensivos y proveen de productos durante todo el año, así mismo requieren de planeación y de mucha mano de obra. Los maíces que allí se cultivan tienen fines ceremoniales y culinarios muy especiales.

Ligado al cultivo del maíz existen unas 40 plantas asociadas o cultivadas en rotación a través de varios sistemas, éstas incluyen plantas alimenticias como el frijol, la calabaza, la chí, el trigo; forrajes como la avena y el janamargo y plantas nativas que se toleran porque tiene uso alimenticio, medicinal u ornamental. Esta diversidad de maíces y ambientes agroecológicos ligados a técnicas particulares de cultivo y combinación con otras plantas domesticadas muestra la importancia del maíz para la comunidad.

El cultivo del maíz está integrado a un ciclo de actividades anuales o bianuales en las parcelas que se dejan descansar por un año. La ganadería es una parte integral de este ciclo. El inicio de las actividades agrícolas se marcan con la limpieza y el barbecho del terreno, que anteriormente se realizaba en los meses de agosto y septiembre (Palma 1983, Barrera-Bassols 2003), sin embargo, hoy se extiende hasta el mes de marzo. Actualmente las fechas de siembra se han cambiado. Antes se sembraba en los meses de marzo y abril en las tierras de humedad y en mayo en los ekuaros o solares (Álvarez-Icaza 1988), ahora en las tierras de humedad se siembra en abril y mayo y en las de temporal puede ser hasta junio. Durante el cultivo se realizan de dos a tres labores dependiendo de la parcela y del tiempo atmosférico. En general se han incorporado prácticas de la agricultura moderna a través del uso del tractor, de fertilizantes químicos y de plaguicidas para el control de arvenses. La cosecha es una actividad demandante de mano de obra, donde participa toda la familia, incluso peones contratados. Toda se realiza manualmente, siguiendo la costumbre de esperar la luna llena; las mazorcas se retiran de la planta con el pizcador y se depositan en costales de pita para acarrearlas a la casa y depositarlas en el tapanco de las trojes o en los pasillos de las casas.

Lejos de poder explicar en breves palabras la importancia del maíz para la comunidad de Pichátaro, debe de quedar claro que además de ser el alimento principal es un símbolo que relaciona la esfera terrenal y con la esfera divina. El maíz tiene un papel central en diversas celebraciones religiosas a lo largo del año; en conjunto estas ceremonias comunitarias fortalecen los lazos internos pero también interactúan con el mundo espiritual. Desde la cosmovisión local ayudan a mantener el equilibrio de las fuerzas en la naturaleza, lo que en el largo plazo significa seguir obteniendo los bienes de la tierra (Barrera-Bassols 2003).

Por otro lado, históricamente Pichátaro ha sido productor importante de maíz. El conocimiento de su cultivo en las tierras altas y bajo muchas condiciones debidas a los rangos de altitud y a los tipos de suelo, así como la diversidad de razas locales son muestra del refinamiento al que ha llegado el cultivo. El comercio del maíz vinculó a poblados de sur de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, generando un mercado que mantuvo el abasto de otros productos como el pescado o el frijol en la comunidad (Barrera-Bassols 2003). Por lo que desde varios puntos de vista el maíz jugó y juega un papel alimenticio y cultural privilegiado en San Francisco Pichátaro.

5 CAPITULO V: MÉTODOS

5.1 Caracterización de los sistemas de estudio

Actualmente la mayoría de los sistemas alimentarios tienen una extensión mundial (Gliessman 2000), sin embargo, es necesario tener un punto de partida para su análisis. En este caso, se tomó como referencia el área rural de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, la cual está definida por características ambientales y culturales (Barrera-Bassols 1992, Ramírez 1987). El análisis del sistema se llevó a cabo a dos escalas: la regional y la comunitaria, de esta forma se pudo conocer a escala regional la producción, abasto y consumo de maíz y a escala comunitaria se profundizó en la evaluación energética para comparar el subsistema tradicional y el agroindustrial. Para la escala regional se tuvo que manejar información de una escala superior: la nacional, desde la cual se dio contexto a la región y se establecieron los flujos de maíz generales. En la escala comunitaria el análisis del subsistema tradicional se sustentó en la información recabada a nivel familiar. Se puede argumentar entonces que el trabajo abarcó cuatro escalas: la familiar, la comunitaria, la regional y la nacional, pero en dos de ellas fue donde se puso énfasis. La escala regional dio el contexto para hacer la evaluación energética y aportó datos para caracterizar el subsistema agroindustrial, que como se dijo, involucra procesos fuera de la escala local. Las dos escalas se definieron como:

1. La cuenca del Lago de Pátzcuaro, definida como una región natural en donde se describió el sistema alimentario en función de la producción local de maíz, el procesamiento del mismo, el abasto de maíz y harina de lugares externos a la cuenca y los cambios históricos en el procesamiento del maíz.
2. La comunidad, la cual sirve de punto de partida para hacer el análisis energético de los dos subsistemas: el tradicional y el agroindustrial. Definida como una unidad social con población y territorio donde sus integrantes tienen estrechas relaciones.

En el estudio de la cuenca sólo se incluyeron las comunidades rurales y se excluyeron las cabeceras municipales: Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan y Erongarícuaro. La razón es que en las ciudades el sistema alimentario es marcadamente agroindustrial lo que impide hacer

una comparación efectiva entre ambos subsistemas, el tradicional y el agroindustrial, dentro de la misma unidad de análisis como lo es la comunidad.

5.1.1 Descripción del sistema a escala de la cuenca de Lago de Pátzcuaro

Este primer paso describió el sistema alimentario del maíz a escala de la cuenca, a través de: el volumen de la producción; las rutas y el volumen de abasto de maíz externo; la importancia del subsistema tradicional y agroindustrial usando como indicadores el volumen de maíz procesado en los molinos (subsistema tradicional), la venta de maíz en las tiendas de las comunidades y el procesado en las tortillerías (subsistema agroindustrial).

Para acercarse a la zona de estudio y tener un panorama general de las actividades productivas y sobre la población, se consultaron las siguientes bases de datos: 1) base de datos con información por comunidad del Censo General de Población y Vivienda 2000 del INEGI (2001); 2) la base de datos del programa Procampo del distrito de Desarrollo Rural Pátzcuaro, y 3) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola ambos de la SAGARPA (SIAP 2004); 4) La base de datos del Programa de Desarrollo Regional de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, instrumentado por la ONG Servicios Alternativos para la Educación y el Desarrollo A. C. (SAED A. C.). Entre las fuentes bibliográficas básicas se encuentra el libro Plan Pátzcuaro 2000 de Toledo *et al.* (1992).

La recopilación de información para describir el sistema alimentario a escala de la cuenca del Lago de Pátzcuaro se hizo a través de:

1. Recorridos dentro de la cuenca.
2. Visita a 52 comunidades de la cuenca mostradas en la Figura 8 y enlistadas en el Anexo 1. En cada de éstas se encuestó a los propietarios de tiendas que venden maíz, así como a propietarios de molinos y de tortillerías, siguiendo el formato mostrado en el Anexo 2. Cabe señalar que estas 52 comunidades son las más pobladas de la cuenca y se excluyó a 96 localidades de los cuatro municipios por las siguientes razones: 1) porque no pertenecían a la cuenca del Lago de Pátzcuaro, 2) porque son colonias de las cabeceras municipales, 3) porque no tenían los habitantes

- suficientes para establecer un molino, una tienda o una tortillería (datos obtenidos en campo) y 4) porque fueron de difícil acceso como las islas Yunuen y La Pacanda
3. Entrevistas semi-estructuradas a informantes clave en las centrales de abastos que tiene influencia en el área, de acuerdo con el guión del Anexo 3. Los informantes clave fueron los principales introductores de maíz para consumo humano en el estado de Michoacán durante el periodo de la investigación.
 4. Información de las bases de datos del Distrito de Desarrollo Rural de Pátzcuaro.

Con estos datos se lograron ubicar las zonas de producción de maíz al interior de la cuenca y describir los flujos de abasto de maíz externo, así como de harina nixtamalizada hacia la misma. También fue posible cuantificar la magnitud del sistema alimentario en cuanto a peso del maíz, utilizando los coeficientes del Cuadro 4. Además, se logró dilucidar el desarrollo histórico de la industrialización en la producción de tortilla al incluir datos de los años de instalación de los molinos y las tortillerías.

Cuadro 4. Coeficientes de rendimiento del maíz en la transformación a tortilla

Maíz (kg)	Masa (kg)	Harina (kg)	Tortilla (kg)	Fuente
1		0.92	1.524	Iturriaga 1993
1			1.313	Iturriaga 1993
1	2.1			Acevedo 1997

Para explicar la importancia de los molinos, las tiendas y las tortillerías en cada comunidad y poder compararlos entre sí y entre todas las comunidades, se calculó un indicador de importancia de la siguiente forma: para el caso de los molinos, se sumó el total de maíz procesado en todos los molinos de la comunidad y esta cantidad se multiplicó por los días del año, dividiéndose entre la población total (Ecuación 5). De forma similar se hizo para el maíz vendido en las tiendas (Ecuación 6). Para el procesado en las tortillerías se realizó el mismo procedimiento (Ecuación 7), pero antes se transformó la producción de tortillas promedio diaria en cantidades de maíz según la proporción de harina y maíz nixtamalizada utilizada en cada tortillería (Ecuación 8), dado que el maíz no tiene el mismo rendimiento de tortilla si se usa masa o harina nixtamalizada. La población total de la comunidad fue tomada del censo del INEGI del año 2000. De esta manera se obtuvo un indicador del maíz comparable con las unidades kg/año/habitante.

$$M_1 = \frac{(\sum_{i=1}^n (m_i \times ca)) \times 365}{P_{tot}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

M_1 = Maíz procesado en los molinos de la comunidad (kg/año/habitante)

m_i = Masa promedio diaria procesada en el molino i de la comunidad (kg)

ca = Coeficiente de transformación de maíz a masa

P_{tot} = Población total de la comunidad

$$M_2 = \frac{(\sum_{i=1}^n n_i) \times 365}{P_{tot}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

M_2 = Maíz vendido en las tiendas de la comunidad (kg/año/habitante)

n_i = Maíz promedio diario vendido en la tienda i de la comunidad (kg)

P_{tot} = Población total de la comunidad

$$M_3 = \frac{(\sum_{i=1}^n Mt_i) \times 365}{P_{tot}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

M_3 = Maíz utilizado en las tortillerías de la comunidad (kg/año/habitante)

Mt_i = Maíz equivalente promedio diario utilizado para producir tortillas en la tortillería i de la comunidad (kg)

P_{tot} = Población total de la comunidad

$$Mt = \frac{\left[\frac{Ph \times ch}{(Ph \times ch) + (Pm \times cm)} \right] Pt}{ch} + \frac{\left[\frac{Pm \times cm}{(Ph \times ch) + (Pm \times cm)} \right] Pt}{cm} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Mt = Maíz equivalente promedio diario utilizado para producir tortillas (kg)

Ph = Proporción de harina nixtamalizada utilizada para elaborar tortillas

Pm = Proporción de maíz utilizado para elaborar tortillas

ch = Coeficiente de transformación de maíz a tortilla utilizando harina nixtamalizada

cm = Coeficiente de transformación de maíz a tortilla utilizando masa

Pt = Producción promedio diaria de tortillas (kg)

5.1.2 Descripción del sistema a escala de la comunidad

Las principales causas de la diferencia del consumo de energía en el sistema alimentario se dan en el grado de incorporación de la tecnología moderna y en el origen geográfico de los insumos (Pimentel *et al.*1990, Lapping 2004, Heller y Keoleian 2003). La selección de la comunidad evaluada partió de la necesidad de contar con un sitio de estudio que hiciera posible la comparación entre los subsistemas, o sea, que tuviera producción local de maíz y tortilla y, a su vez existieran tortillerías que usaran harina nixtamalizada y maíz producido fuera de la comunidad. Además se consideró útil que el estudio de caso mostrara las diferentes variantes del sistema alimentario que ocurren en la cuenca del Lago de Pátzcuaro. También era importante que la comunidad estudiada tuviera manifestaciones de la cultura purhépecha, para que, dentro del sistema alimentario actual, estuvieran incorporados los procesos no sólo de tipo productivo, sino también de identidad local.

El análisis del área de trabajo, esto es la cuenca del Lago de Pátzcuaro, permitió seleccionar a la comunidad a partir de la información de producción, fuentes de abasto, procesamiento, y consumo de maíz. A la cual se le consideró como un sistema con entradas y salidas, en particular de maíz y energía. La comunidad fue analizada como una unidad que interactúa en un contexto regional definido en función del abasto de materias primas y energía utilizada en el sistema alimentario del maíz. Además de dar el contexto regional en el cual se ubica la comunidad estudiada, este análisis sirvió para poder explicar algunos procesos que ocurren a escala comunitaria y poder comparar a la comunidad con otras, en términos generales, y encontrar algunos patrones que modifican el sistema alimentario en la cuenca.

En la comunidad seleccionada se estudió a profundidad el sistema alimentario, lo que permitió vincularlo con procesos y actores regionales y nacionales, tal y como lo señalan Lovell y colaboradores (2002). El hilo conductor que vincula a la comunidad con el exterior es el abasto de maíz y materias primas para la elaboración de las tortillas. En este sentido la “región” en función del sistema alimentario, a la cual pertenece San Francisco Pichátaro, se analizó más allá de los límites de la región natural (esto es la cuenca del Lago de Pátzcuaro) y se vinculó con otras regiones geoeconómicas del país. Estas son: el Valle Bajo Mayo y la del Bajo Valle del Fuerte-Los Mochis, en el Noroeste; y la del Bajío

Guanajuato-Norte de Michoacán y la de Chapala-Meseta Tarasca-Uruapan en el Centro-Occidente, de acuerdo con la clasificación regional de Bassols (1984). Estas regiones ejercen su influencia directa y se conectan con la cuenca del Lago de Pátzcuaro a través de los arreglos en la cadena productiva del maíz.

Para explicar el sistema alimentario en la escala local o comunitaria, primero se calculó la superficie sembrada durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2005. Para ello se procedió de la siguiente manera: mediante recorridos de campo por toda la superficie sembrada de maíz se obtuvieron las coordenadas geográficas de los vértices de las parcelas a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés). Las coordenadas de los vértices se utilizaron para delimitar las parcelas en el programa de computo CartaLinx, usando como referencia una fotografía aérea del INEGI del año 1995. La superficie sembrada se calculó en dicho programa automáticamente una vez que se tuvieron todos los polígonos delimitados.

Como segundo paso, se obtuvo la información del consumo de maíz en el ámbito familiar mediante el levantamiento de una muestra de 120 familias de la comunidad, muestra que constituyó el 12.2% del total de hogares (el INEGI reportó 987 hogares en el 2000). El muestreo de hogares fue sistemático e iniciando por un extremo de la calle principal que corta al poblado en dos partes. Durante la muestra, se incluyó a la primera casa y se eligió la siguiente contando siete casas a partir de la anterior. Si la casa estaba vacía se consideró la siguiente. Al terminar con la calle principal, el muestreo continuó en la siguiente calle paralela y así sucesivamente. Una vez cubiertas todas las calles paralelas a la principal, se muestrearon las calles perpendiculares de la misma manera que en el caso de las paralelas, comenzando por el centro del poblado, aunque se excluyeron a las de las esquinas, puesto que ya habían sido consideradas al inicio. Para obtener la información se aplicó el cuestionario del Anexo 4. Las unidades locales para medir el maíz fueron el litro o la “medida” (igual a 5 litros); para hacer la transformación a kilogramos se usó el factor 0.703 reportado por García (1994).

En un tercer momento, se entrevistó a todos los molineros y a los dueños de las tortillerías para complementar los datos de consumo en la comunidad. Se usó el guión de entrevista del

Anexo 2. Para el caso de los molinos, se complementó con la medición de la cantidad de masa molida en un día de trabajo en dos de los siete molinos que hay en la comunidad.

5.2 Obtención de datos para el análisis energético

Se tomó como base de análisis el modelo del sistema alimentario del maíz definido en el apartado 3.4, en dónde se explica la división entre el subsistema alimentario tradicional y subsistema agroindustrial (Ver Figura 7). A continuación se describe cómo se obtuvieron los datos energéticos para cada etapa y para cada subsistema.

5.2.1 Fase de producción

La obtención de datos para la etapa de producción en el subsistema tradicional se realizó mediante 30 entrevistas a 15 agricultores que sembraron maíz en el ciclo primavera-verano 2005. Se consideró como unidad de muestreo a la parcela, aunque éstas fueran del mismo dueño, debido a que el manejo de las parcelas es diferenciado en función de su ubicación en el paisaje y de otras características como el suelo. Se acordó con la colaboración de los agricultores al inicio del ciclo y se trabajó con los que mostraron mayor disposición a participar. En la selección de las parcelas también se consideró que éstas se distribuyeran lo más ampliamente posible en el territorio agrícola de la comunidad con el objeto de abarcar el mayor espectro posible de condiciones ambientales y tamaño de las parcelas (ver Anexos 5 y 6).

Las entrevistas se realizaron a lo largo del ciclo productivo, visitando continuamente a cada uno de los agricultores. Con el fin de corroborar la información obtenida en las entrevistas se realizaron varios recorridos de campo y visitas a las parcelas, tal como lo recomienda Howes (1985). La información recabada en las entrevistas incluyó todas las entradas de energía en cada una de las labores, considerando los insumos, la maquinaria, el trabajo animal y el trabajo humano, tal y como se desglosa en el Cuadro 5.

En cuanto al sistema agroindustrial, en su fase de producción se realizaron diversas búsquedas. Primero se localizaron las regiones productivas que proveen de maíz a las tortillerías y a las industrias de harina que las abastecen. Con esta información se revisó la

bibliografía apropiada que reporta los paquetes tecnológicos utilizados o el consumo de energía en la producción convencional de maíz. Además, se hicieron entrevistas informales a informantes clave en el área de producción en los centros de investigación del INIFAP y en los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de las regiones de interés. Esta información en conjunto con las estadísticas oficiales y la propia experiencia, sirvió para elegir la fuente de información más apropiada para el análisis energético.

Cuadro 5. Datos recabados para la fase de producción del subsistema tradicional

Actividad	Insumo/herramienta	Unidad
Barbecho	tractor/yunta	
Cruza	tractor/yunta	
Siembra	Semilla	Kg
	trabajo humano	Horas /hombre
	trabajo animal	Horas /hombre
	Maquinaria	Horas/maquina
	Fertilizante	Kg
Primer deshierbe	trabajo humano	Horas /hombre
	herbicida 1	Kg
	herbicida 2	Kg
Escarda	trabajo humano	Horas /hombre
	trabajo animal	Horas/animal
	Maquinaria	Horas/maquina
Segunda escarda	trabajo humano	Horas /hombre
	trabajo animal	Horas/animal
	Maquinaria	Horas/maquina
Segundo deshierbe	trabajo humano	Horas /hombre
	herbicida 1	Kg
	herbicida 2	Kg
Fertilización	Fertilizante	Kg
	trabajo humano	Horas /hombre
	Transporte	Km
Chaponeo	trabajo humano	Horas /hombre
Cosecha	trabajo humano	Horas /hombre
	Transporte	Km
	tipo de almacenamiento	
Desgrane	trabajo humano	Horas /hombre

Los reportes técnicos y tesis utilizadas fueron: a) Para el caso de la región noroeste, se utilizó el paquete tecnológico reportado por el Distrito de Desarrollo Rural 14, ubicado en Cajeme Sonora y reportado para el ciclo 2004-2005 (DDR Cajeme 2004) así como el folleto técnico del INIFAP para el norte de Sinaloa elaborado por Mendoza *et al.* (2003). b) Para el caso del Bajío, se utilizó la información presentada en los estudios de: Morales (2004b) en

Salvatierra Gto.; Ramírez (2001) en la región del Bajío; Plaza (1998) en Salvatierra Gto., y García (1996) en la localidad de Pénjamo, Gto; c) Para el caso de la región de la Ciénega de Chapala y áreas circunvecinas, se utilizaron los trabajos de Vázquez (2000), quien trabajó en ocho localidades diferentes; de Hernández (2000), quien obtuvo información en Sahuayo, Mich; así como de Bejines (1999), quien trabajó en Tototlán, Jal. Los datos reportados en los paquetes tecnológicos fueron transformados en ingresos de energía utilizando los coeficientes que se describen en el apartado 5.3.2.

5.2.2 Fase de distribución

Para estimar la etapa de distribución en el subsistema agroindustrial, primero se entrevistó a los dueños de las tortillerías y a los que los abastecen para conocer el origen del maíz y las rutas de abasto. Lo mismo se hizo con la empresa que abastece de harina a las tortillerías. También se preguntó sobre el tipo de transporte que comúnmente se utiliza. Con estos datos se calculó la distancia de transporte promedio para el maíz y la harina. El promedio fue ponderando según la cantidad de insumos que se traen de cada lugar. A la distancia de transporte se le aplicaron los coeficientes correspondientes descritos en la siguiente sección.

En el subsistema tradicional el valor de la fase de distribución es cero. En la figura 7a se muestra como la distribución no tiene un valor porque la producción se desarrolla dentro de la unidad de producción familiar.

5.2.3 Fase de procesamiento

En el subsistema tradicional, el procesamiento inicia con la nixtamalización, se continúa con la molienda del grano para obtener la masa y termina con la elaboración de tortillas en los hogares. Para caracterizarlo se utilizó una muestra de 60 mujeres que llevaban nixtamal al molino y a quienes se aplicó un cuestionario mientras permanecían en el molino. El guión del cuestionario se muestra en el Anexo 7.

Los datos del uso de energía en los molinos se obtuvieron mediante la toma de siete lecturas de los medidores de energía eléctrica de los molinos, durante los meses de junio de 2005 y febrero de 2006. La producción de masa diaria promedio se obtuvo a través de

entrevistas con los dueños de los molinos, y se corroboró con mediciones directas en dos molinos de los seis existentes en la comunidad. El mantenimiento de los molinos también se obtuvo a través de las mismas entrevistas. Los datos se corroboran con las especificaciones técnicas de los fabricantes.

La fase de procesamiento en el subsistema agroindustrial incluye la elaboración de la harina en las fábricas; en las tortillerías se realiza la nixtamalización, la molienda y la elaboración de las tortillas. Fue difícil obtener datos directos sobre los consumos de energía en el procesamiento de maíz para elaborar la harina nixtamalizada. Por esta razón se utilizaron los datos reportados por Torres (1994), para la producción de tortilla usando harina nixtamalizada. A este consumo se le agregó el costo energético de proveer los combustibles.

Para el uso de energía en la producción de tortillas en las tortillerías de la comunidad, se tomaron datos de las tres que existen. Se registró el consumo de gas, agua, materias primas y mano de obra a través de entrevistas a los dueños. Para el gasto de electricidad, se realizaron 5 lecturas de los medidores de las tres tortillerías entre los meses de octubre de 2005 y marzo de 2006. Los datos de la nixtamalización y la molienda, así como de la elaboración de las tortillas, se evaluaron juntos debido a la imposibilidad de separar los gastos de gas y electricidad para nixtamalizar y moler la masa, y los de la propia elaboración de las tortillas. Los datos obtenidos fueron corroborados con las especificaciones técnicas de las máquinas para hacer tortillas y con la bibliografía respectiva.

5.3 Cálculo del uso de energía

El cálculo del uso de energía se realizó para cada una de las etapas del sistema y en cada uno de los subsistemas. La energía total utilizada en cada subsistema se cuantificó de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$E_{st} = Ep + Er \quad \text{(Ecuación 9, en MJ/kg)}$$

Donde:

E_{st} = Energía total utilizada en el subsistema tradicional

E_p = Energía utilizada en la producción del maíz

E_r = Energía utilizada en el procesamiento del maíz

$$E_{sa} = E_p + E_t + E_r \quad (\text{Ecuación 10, en MJ/kg})$$

Donde:

E_{sa} = Energía total utilizada en el subsistema agroindustrial

E_p = Energía utilizada en la producción del maíz

E_t = Energía utilizada en la distribución del maíz

E_r = Energía utilizada en el procesamiento del maíz

El análisis energético se basó en unidades de energía usadas por unidad de producto específico para cada etapa. En la etapa de producción se usaron las unidades MJ por kilogramo de maíz producido (MJ/kg); en la de transporte se usaron las unidades MJ/kg de maíz transportados hasta el lugar de consumo, y en la de procesamiento se usaron las unidades MJ por kilogramo de harina nixtamalizada y kilogramo de tortilla. Para hacer la suma de cada una de las etapas se utilizaron los coeficientes de transformación de maíz a tortilla (Cuadro 4).

La eficiencia de los subsistemas se definió como el cociente entre el valor energético del producto entre la energía de entrada al sistema (Ecuación 11).

$$e = \frac{E_s}{E_e} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

e = Eficiencia de cada una las etapas o el subsistema completo

E_s = Equivalente energético del producto de salida correspondiente en cada etapa o el subsistema completo (MJ)

E_e = Energía total utilizada en la etapa correspondiente o el subsistema completo (MJ)

5.3.1 Subsistema Tradicional

Partiendo de la Ecuación 9, el cálculo de la energía en la etapa de producción se obtuvo de acuerdo a las ecuaciones 12 y 13. Así mismo, se utilizaron los coeficientes del Cuadro 6 para cada uno de los insumos. Estos coeficientes se multiplicaron por la cantidad de insumo utilizada en cada una de las parcelas muestreadas.

$$Ep = \frac{1}{30} \sum_1^{30} Eu \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

Ep = Energía utilizada en la producción del maíz (MJ/kg)

Eu = Energía utilizada en la producción de maíz en cada unidad de muestreo (MJ/kg)

$$Eu = \frac{E_1 + E_2 \dots + E_i}{Pm} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Eu = Energía utilizada en la producción de maíz en cada unidad muestral (MJ/kg)

E_i = Energía utilizada en cada una de las actividades para la producción del maíz (preparación de suelo, siembra, fertilización, etc.) (MJ)

Pm = Producción de maíz (kg)

Para el cálculo de la energía por concepto de combustibles fósiles en la etapa de producción se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_f = \frac{E_{f1} + E_{f2} \dots + E_{fi}}{Pm} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

E_f = Energía de combustibles fósiles utilizada en la producción de maíz en cada unidad muestral (MJ/kg)

E_{fi} = Energía utilizada en cada una de las actividades para la producción del maíz (barbecho, cruza, siembra, fertilización, etc.) (MJ)

Pm = Producción de maíz (kg)

Cuadro 6. Equivalente energético de los insumos y actividades realizadas en la etapa de producción en el subsistema tradicional

Insumo o actividad	Unidades	Contenido energético (MJ)	Referencia
Barbecho yunta ¹	ha	463	Masera 1987, Pimentel y Pimentel 1996, Hernández y Luna 1999.
Barbecho tractor ²	ha	1854	Hernández y Luna 1999
Rastreo o cruza ²	ha	490	Hernández y Luna 1999
Siembra ²	ha	849	Hernández y Luna 1999
Escarda ²	ha	373	Hernández y Luna 1999
Semilla de maíz	Kg	15	Pimentel y Pimentel 1996
DAP (18:46)	Kg	15	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Estiércol	Ton	300	Canakci <i>et al.</i> 2005
Sulfato de amonio	Kg	11	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Urea	Kg	23	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Herbicidas	Kg	40	Dalgaard <i>et al.</i> 2001

Trabajo Humano	h	1	Goldemberg 1996
Trabajo Animal ¹	h	10	Pimentel y Pimentel 1996
Transporte mecánico	ton/Km	3	Pimentel 1980b

¹ Se incluye la energía usada para la fabricación del arado utilizado por los animales. ² Se incluye la energía para la fabricación del tractor, del implemento, su mantenimiento, combustibles, lubricantes y trabajo humano por conducir el tractor.

Para el cálculo de consumo de combustibles fósiles en las labores agrícolas, se usaron los resultados obtenidos por Masera *et al.* (1987) en una comunidad muy cercana a Pichátaro, con el mismo tipo de suelo predominante. Se incluyó, también, el consumo de combustible del transporte de la cosecha de la parcela a la casa, y por el uso de fertilizantes y plaguicidas, debido a que estos derivan básicamente de petróleo. En el Cuadro 7 se muestran los coeficientes para el cálculo del uso de combustibles fósiles.

Cuadro 7. Coeficientes para el cálculo del uso de combustibles fósiles en la etapa de producción del subsistema tradicional

Actividad o insumo	Unidad	Contenido energético (MJ)	Referencia
Barbecho	ha	459.8	Masera <i>et al.</i> 1987
Cruza	ha	146.3	Masera <i>et al.</i> 1987
Siembra	ha	221.54	Masera <i>et al.</i> 1987
1ª escarda	ha	183.92	Masera <i>et al.</i> 1987
2ª escarda	ha	163.02	Masera <i>et al.</i> 1987
DAP (18:46)	Kg	15	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Sulfato de amonio	Kg	11	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Urea	Kg	23	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Herbicidas	Kg	40	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Transporte	ton/Km	3	Pimentel 1980b

Retomando la Ecuación 9, la estimación energética para la etapa de procesamiento se hizo a partir de la ecuación 15.

$$E_r = E_n + E_m + E_t \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

E_r = Energía utilizada en el procesamiento del maíz (MJ/kg)

E_n = Energía utilizada en la nixtamalización del maíz (trabajo humano, leña y trabajo humano para conseguir la leña) (MJ/kg)

E_m = Energía utilizada en la molienda de nixtamal (trabajo humano, electricidad y costo de producción de la electricidad) (MJ/Kg)

E_t = Energía en la preparación de tortillas (trabajo humano, leña y trabajo humano para conseguir la leña) (MJ/Kg)

Las referencias del uso de energía y los coeficientes para cada proceso son las siguientes: la energía en la nixtamalización se calculó con base en el consumo reportado por Masera *et al.* (1987); el valor energético de la leña utilizado fue 20 MJ/kg (Masera *et al.* 2005), y se utilizó el trabajo promedio para conseguir la leña según lo reportado por Masera *et al.* (1987). El costo energético de molienda del maíz se calculó con base en el uso de energía eléctrica, utilizando 1 Kw/h igual a 3.6 MJ. También se consideró el costo energético de producción de electricidad. Para México la eficiencia promedio de las plantas de producción es de 35.4% (SENER 2005). El aporte de trabajo humano se consideró como 1.045 MJ/h (Goldemberg 1996). El consumo de leña en la elaboración de tortillas se calculó con las mismas referencias que la nixtamalización, dado que son los mismos insumos.

5.3.2 Subsistema Agroindustrial

De acuerdo con la Ecuación 10, el cálculo de la energía en el subsistema agroindustrial se dividió en tres etapas, energía en la producción, energía en el transporte y energía en el procesamiento.

Para el cálculo de la energía en la etapa de producción se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_p = \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{R1i} \right) * P_{R1} \right] + \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{R2i} \right) * P_{R2} \right] + \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{R3i} \right) * P_{R3} \right] \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

E_p = Energía utilizada en la producción del maíz (MJ/kg)

E_{R1i} = Energía utilizada en cada parcela estudiada de la región Noreste (MJ/kg)

P_{R1} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Noreste

E_{R2i} = Energía utilizada en la cada parcela estudiada de la región del Bajío (MJ/kg)

P_{R2} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región del Bajío

E_{R3i} = Energía utilizada en cada parcela estudiada de la región Ciénega de Chapala (MJ/kg)

P_{R3} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Ciénega de Chapala

Para calcular E_{R1i} , E_{R2i} y E_{R3i} se utilizaron las referencias descritas en la sección de obtención de datos. Las actividades y los insumos reportados por los autores se multiplicaron por los respectivos coeficientes energéticos, mostrados en el Cuadro 8. Los

valores de P_{R1} , P_{R2} y P_{R3} sirvieron para ponderar la cantidad de maíz que llega de una y otra región y obtener un promedio del uso de energía en la etapa de producción.

Cuadro 8. Equivalente energético de los insumos y actividades realizadas en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial

Insumo/ actividad	Unidades	Contenido Energético (MJ)	Referencia
Trabajo Humano	H	1	Goldemberg 1996
Barbecho	Ha	1854	Hernández y Luna 1999
Cruza o rastra	Ha	490	Hernández y Luna 1999
Siembra	Ha	849	Hernández y Luna 1999
Escarda	Ha	373	Hernández y Luna 1999
Aplicación mecánica de herbicidas	Ha	363	Hernández y Luna 1999
Encalado	Ha	363	Hernández y Luna 1999 y Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Fertilización mecánica	Ha	373	Hernández y Luna 1999 y Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Cosecha mecánica	Ha	1310	Hernández y Luna 1999
Escarda tracción animal	Ha	350	Masera <i>et al.</i> 1987
Cal	Kg	0.03	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Urea	Kg	23	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Amoníaco anhidro	Kg	43	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
11:52:00	Kg	12	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
DAP (18-46-00)	Kg	15	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
MAP (00-48-17)	kg	7	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Sulfato de amonio	Kg	10	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Triple 17	Kg	12	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
K Mag	Kg	2	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Nitrato de amonio	Kg	17	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Cloruro de potasio	Kg	4	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Potasio líquido	Kg	5	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Super fosfato de calcio triple	Kg	5	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Herbicidas	Kg	40	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Insecticidas	kg	40	Dalgaard <i>et al.</i> 2001
Semilla	kg	104	Pimentel y Pimentel 1996
Riego	cm ²	21	Pimentel y Burgees 1980
Maíz	kg	15	Pimentel y Pimentel 1996
Transporte mecánico	ton/Km ³	3	Pimentel 1980b
Aplicación aérea ¹	ha	13	Pimentel 1980b

¹ Estimado a partir de la capacidad de carga, la carga media y la distancia de vuelo para aplicar insecticidas en una hectárea. ² Lamina de riego aplicada en centímetros. ³ Las unidades son MJ por tonelada transportada por kilómetro.

La estimación del uso de combustibles fósiles para la etapa de producción del subsistema agroindustrial se realizó utilizando los estimadores reportados por Daalgar *et al.* 2001, para

el consumo de diesel por actividad (Cuadro 9). Se utilizó el equivalente del diesel 35.9 MJ/l (Daalgard *et al.* 2001), más 5 MJ/l por extracción y distribución del combustible (de Boo 1993). Los insumos derivados de fuentes fósiles: fertilizantes, insecticidas, herbicidas y semilla, fueron contabilizados tal y como aparecen en el Cuadro 8. Para cálculo del uso de combustibles fósiles se siguió el mismo método utilizado para calcular la energía total.

Cuadro 9. Consumo de diesel en las actividades agrícolas y su equivalente energético

Actividad	Diesel (lt/ha)	Energía (MJ/ha)
Barbecho	22	899.8
Rastreo	6.2	253.58
Surcado	2	81.8
Encalado	1.5	61.35
Siembra	3	122.7
Escarda	2	81.8
Fertilización mecánica	2	81.8
Aplicación mecánica de herbicida	1.5	61.35
Cosecha	14	572.6

La estimación del consumo de energía en la etapa de distribución se hizo en función del consumo energético reportado por Camarena y Salgado (1994) hecho para México. Quienes, con datos estadísticos, estiman que el transporte de granos a granel consume 0.0256 litros de diesel por tonelada por kilómetro. Lo cual equivale a 1.05 MJ/ton/Km, considerando el equivalente energético del diesel de 35.9 MJ/l (Daalgard *et al.* 2001) y sumando 5 MJ/l por extracción y distribución del combustible (de Boo 1993). Por otro lado, el maíz proveniente del Noroeste se cosecha con una humedad de 30%, esto con el fin de desocupar pronto la tierra y poder sembrar otros cultivos (Ortega *et al.* 2003). El costo energético del secado del grano se estima en 50 MJ/ton por 1% de humedad reducida (Dalgaard *et al.* 2001). Por lo que para el grano del Noroeste, el gasto energético por el secado es de 0.85 MJ/kg de maíz, el cual se sumó en la etapa de transporte. La ecuación para estimar el uso de energía en la etapa de transporte para el maíz que llega a Pichátaro es:

$$Et = [(D_{R1} \times P_{R1}) + (D_{R2} \times P_{R2}) + (D_{R3} \times P_{R3})]0.0011 + (P_{R1} \times 0.85) \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Donde:

Et = Energía utilizada en el transporte del maíz (MJ/kg)

D_{R1} = Distancia media entre la comunidad y la región Noroeste (Km)

P_{R1} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Noroeste
 D_{R2} = Distancia media entre la comunidad y la región del Bajío (MJ/kg)
 P_{R2} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región del Bajío
 D_{R3} = Distancia media entre la comunidad y la región Ciénega de Chapala (MJ/kg)
 P_{R3} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Ciénega de Chapala

Regresando a la ecuación 10, el cálculo de consumo de energía en la etapa de procesamiento se estimó con la siguiente ecuación:

$$Er = \frac{1}{2} \sum_1^2 Ea \quad \text{(Ecuación 18)}$$

Donde:

Er = Energía utilizada en la etapa de producción de tortilla o etapa de procesamiento (MJ/kg)
 Ea = Energía utilizada en cada una de las tortillerías de Pichátaro (MJ/kg)

$$Ea = \frac{E_g + E_{gr} + E_e + E_{ep} + E_h + E_c}{Pt} \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Donde:

Ea = Energía utilizada en cada una de las tortillerías de Pichátaro (MJ/kg)
 E_g = Energía por consumo de gas LP (MJ/día)
 E_{gr} = Energía por refinación del gas LP (MJ/día)
 E_e = Energía por consumo de electricidad (MJ/día)
 E_{ep} = Energía por producción de electricidad (MJ/día)
 E_h = Energía por trabajo humano (MJ/día)
 E_c = Energía por uso de cal (MJ/día)
 Pt = Producción de tortilla (Kg/día)

Los coeficientes utilizados para transformar los insumos en energía se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Coeficientes energéticos de los insumos utilizados para hacer tortillas en tortillería

Insumo	Unidades	Equivalente energético (MJ)	Referencia
Gas	Lt	27.65	Alonso y Rodríguez 1982
Refinación del gas	Eficiencia 95.9 %	1.18	SENER 2005
Electricidad	Kwh	3.6	Goldemberg 1996
Producción de electricidad	Eficiencia 35.4%	6.67	SENER 2005
Trabajo humano	H	1.045	Goldemberg 1996
Cal	Kg	0.03	Dalgaard <i>et al.</i> 2001

5.4 Cálculo de las emisiones de CO₂

5.4.1 Subsistema tradicional

Las emisiones de CO₂ se calcularon con base en el consumo de combustibles fósiles en la etapa de producción y consumo así como en el uso de insumos que tienen asociadas emisiones. Su cálculo siguió el mismo método que para la estimación del uso de energía. Para el subsistema tradicional en la etapa de producción se utilizaron las ecuaciones 20 y 21.

$$C_p = \frac{1}{30} \sum_1^{30} C_u \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

C_p = Emisiones brutas de CO₂ en la producción del maíz (kg CO₂/kg)

C_u = Emisiones brutas de CO₂ en la producción de maíz en cada unidad muestral (kg CO₂/kg)

$$C_u = \frac{C_1 + C_2 \dots + C_i}{P_m} \quad (\text{Ecuación 21})$$

C_u = Emisiones brutas de CO₂ en la producción de maíz en cada unidad muestral (kg CO₂/kg)

C_i = Emisiones brutas de CO₂ en cada una de las actividades para la producción del maíz (preparación de suelo, siembra, fertilización, etc.) (kg)

P_m = Producción de maíz (kg)

La estimación de emisiones en la etapa de procesamiento se hizo con base en la ecuación 22. Los coeficientes utilizados para ambas etapas se muestran en el Cuadro 11.

$$C_r = C_l + C_e \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

C_r = Emisiones brutas de CO₂ en el procesamiento del maíz (kg CO₂/kg)

C_l = Emisiones brutas de CO₂ por uso de leña (kg CO₂/kg)

C_e = Emisiones de CO₂ por uso de electricidad (kg CO₂/kg)

Cuadro 11. Coeficientes utilizados para el cálculo de emisiones de CO₂ en el subsistema tradicional

Insumo	Unidades	Emisiones de CO ₂	Fuente
Diesel	kg CO ₂ /MJ	0.073	IPCC 1997
Gasolina	kg CO ₂ /MJ	0.069	IPCC 1997
DAP	kg CO ₂ /kg	0.437	EPA 2005
Sulfato de amonio	kg CO ₂ /kg	0.491	EPA 2005
Urea	kg CO ₂ /kg	0.552	EPA 2005
Herbicidas	kg CO ₂ /kg	8.67	Wind y Wallender 1996
Leña ¹	kg CO ₂ /kg	0.435	Keith y Rhodes 2002
Electricidad	kg CO ₂ /KWh	0.688	CCA 2005

¹ las emisiones netas de CO₂ son cero si la leña utilizada es obtenida de manera renovable.

5.4.2 Subsistema agroindustrial

Se calcularon las emisiones de CO₂ en la fase de producción con base en los insumos y el consumo de combustibles fósiles de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_p = \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{R1i} \right) * P_{R1} \right] + \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{R2i} \right) * P_{R2} \right] + \left[\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{R3i} \right) * P_{R3} \right] \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

C_p = Emisiones brutas de CO₂ en la producción del maíz (kg CO₂/kg)

C_{R1i} = Emisiones brutas de CO₂ en cada parcela estudiada de la región Noreste (kg CO₂/kg)

P_{R1} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Noreste

C_{R2i} = Emisiones brutas de CO₂ en cada parcela estudiada de la región del Bajío (kg CO₂/kg)

P_{R2} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región del Bajío

C_{R3i} = Emisiones brutas de CO₂ en cada parcela estudiada de la región Ciénega de Chapala (kg CO₂/kg)

P_{R3} = Proporción de maíz utilizado en Pichátaro procedente de la región Ciénega de Chapala

Las emisiones de CO₂ en la etapa de transporte se calcularon con base en el consumo de diesel para llevar el maíz desde los centros de producción hasta Pichátaro, según la proporción de maíz consumido de cada lugar. Para el caso del maíz del Noroeste se calculó la emisión de CO₂ por el secado del grano asumiendo que se usa gas LP. En el Cuadro 12 se presentan los coeficientes de emisión de CO₂ por insumo y quema de combustible fósiles para las tres etapas del subsistema.

Cuadro 12. Coeficientes utilizados para el cálculo de emisiones de CO₂ en el subsistema agroindustrial

Insumo	Unidades	Emisiones	Referencias
Urea	kg CO ₂ /kg	0.552	EPA 2005
Amoniaco anhidro (82-00-00)	kg CO ₂ /kg	1.020	EPA 2005
Fertilizante (11-52-00)	kg CO ₂ /kg	0.382	EPA 2005 y Wind y Wallender 1996
DAP (18-46-00)	kg CO ₂ /kg	0.437	EPA 2005 y Wind y Wallender 1996
MAP (00-48-17)	kg CO ₂ /kg	0.293	Wind y Wallender 1996
Sulfato de amonio	kg CO ₂ /kg	0.491	EPA 2005
Triple 17	kg CO ₂ /kg	0.349	EPA 2005 y Wind y Wallender 1996
K mag (22K-11mg 22S)	kg CO ₂ /kg	0.081	Wind y Wallender 1996
Nitrato de amonio	kg CO ₂ /kg	0.414	EPA 2005
Cloruro de potasio	kg CO ₂ /kg	0.222	Wind y Wallender 1996
Potasio líquido	kg CO ₂ /kg	0.241	Wind y Wallender 1996
Super fosfato de calcio triple	kg CO ₂ /kg	0.216	Wind y Wallender 1996
Herbicidas	kg CO ₂ /kg	8.670	Wind y Wallender 1996
Insecticidas	kg CO ₂ /kg	7.520	Wind y Wallender 1996
Semilla	kg CO ₂ /kg	2.910	Wind y Wallender 1996
Riego	kg CO ₂ /cm	4.042	CCA 2005
Aplicación aérea	kg CO ₂ /MJ	0.069	IPCC 1997
Cal	kg CO ₂ /kg	0.440	IPCC 1997
Gasolina	kg CO ₂ /MJ	0.069	IPCC 1997
Diesel	kg CO ₂ /MJ	0.073	IPCC 1997
Electricidad	kg CO ₂ /Kwh	0.688	CCA 2005
Gas	kg CO ₂ /MJ	0.063	IPCC 1997

Las emisiones en la etapa de procesamiento se calcularon con base en el consumo de gas, electricidad y cal. La estimación se hizo de acuerdo a las ecuaciones 24 y 25.

$$Cr = \frac{1}{2} \sum_1^2 Ca \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

Cr = Emisiones de CO₂ etapa de producción de tortilla (kg CO₂/kg)

Ca = Emisiones de CO₂ en cada una de las tortillerías de Pichátaro (kg CO₂/kg)

$$Ca = \frac{C_g + C_e + C_c}{Pt} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

Ca = Emisiones de CO₂ en cada una de las tortillas de Pichátaro (kg CO₂/kg)

C_g = Emisiones de CO₂ por consumo de gas LP (kg CO₂/kg)

C_e = Emisiones de CO₂ por consumo de electricidad (kg CO₂/kg)

C_c = Emisiones de CO₂ por uso de cal (kg CO₂/kg)

5.5 Indicadores energéticos y de emisiones de CO₂ para comparar el subsistema tradicional y el agroindustrial

Para la comparación energética y de emisiones de CO₂ de los subsistemas alimentarios se seleccionaron los siguientes indicadores:

1. Uso de energía en la etapa de producción: energía total que ingresa en la etapa de producción por kilogramo de maíz producido (MJ/kg).
2. Eficiencia en la etapa de producción: equivalente energético del maíz entre el total de ingresos de energía en la producción (sin unidades).
3. Intensidad de la mano de obra en la etapa de producción: cantidad de trabajo humano para producir una unidad de producto (h/kg).
4. Uso de combustibles fósiles en la etapa de producción: energía por concepto de combustibles fósiles por kg de maíz (MJ/kg).
5. Uso de energía por subsistema: energía total usada en el subsistema para producir un kilogramo de tortilla (MJ/kg).
6. Eficiencia del subsistema: equivalente energético de la tortilla entre el ingreso total de energía en todo el subsistema (sin unidades).
7. Uso de combustibles fósiles por subsistema: energía por concepto de combustibles fósiles utilizada en todo el subsistema para producir un kilogramo de tortilla. (MJ/kg).
8. Emisiones de CO₂ por subsistema: gramos de CO₂ emitidos por uso de combustibles fósiles por kilogramo de tortilla producida (g/kg).

6 CAPITULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 El maíz en las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

6.1.1 Abasto y consumo de maíz

En total, en las 52 comunidades rurales muestreadas se encontraron 109 molinos en funcionamiento, 23 tiendas con venta de maíz durante todo el año, o parte de éste, y 33 tortillerías con servicio diario.

En la cuenca del Lago de Pátzcuaro se identificaron dos fuentes de abasto de maíz: 1) la interna, producida en cada una de las comunidades; y 2) la externa, que incluyó tanto maíz en grano como harina nixtamalizada. En el Cuadro 13, se muestra la producción interna calculada con base en la información de la superficie sembrada por comunidad. Estos datos sólo toman en cuenta la producción de las comunidades que están dentro de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Si consideramos el rendimiento promedio para cada municipio (SIAP 2004), la producción anual asciende aproximadamente a 7692 ton/año (Cuadro 13).

La población total de las comunidades rurales de la cuenca asciende a 46190 (INEGI 2001), por lo que, considerando que el consumo *per cápita* promedio es de 342 g por día (FAO 2003), el consumo humano anual de maíz se estima en 5755 ton. Según estos cálculos, el maíz producido localmente podría satisfacer la demanda de las propias comunidades; sin embargo, buena parte del grano se destina al ganado en la magnitud que se estima más adelante. Pero bajo esta perspectiva, las cabeceras municipales, que no fueron consideradas en este estudio, difícilmente podrían abastecerse con los rendimientos actuales y la superficie cultivada en la cuenca.

La fuente externa de maíz, que puede ser maíz en grano y harina nixtamalizada, abastece principalmente a las tortillerías y a las tiendas (Figura 9). Estas últimas cubren la demanda de maíz en las comunidades que no son productoras y durante la temporada en la que la disponibilidad de maíz local baja en las comunidades productoras. Las tortillerías son el establecimiento clave dentro del sistema agroindustrial. El maíz local, que se produce en la unidad de producción familiar se usa para el autoabasto, o se vende dentro de la misma comunidad en tiendas o a las tortillerías, mientras que otra parte se usa para el ganado. Los

molinos son parte del sistema tradicional y las tiendas son el vínculo entre el sistema agroindustrial de producción de maíz y el sistema tradicional de producción de tortilla, como se discute más adelante.

Cuadro 13. Superficie sembrada de maíz en la cuenca del Lago de Pátzcuaro por municipio (Fuente: Distrito de Desarrollo Rural Pátzcuaro SAGARPA, 2003)

Municipio	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)
Erongarícuaro	650	1.18	766
Pátzcuaro	1199	2.38	2849
Quiroga	1009	2.20	2220
Tingambato	422	1.30	548
Tzintzuntzan	618	2.11	1307
Total general	3899		7692

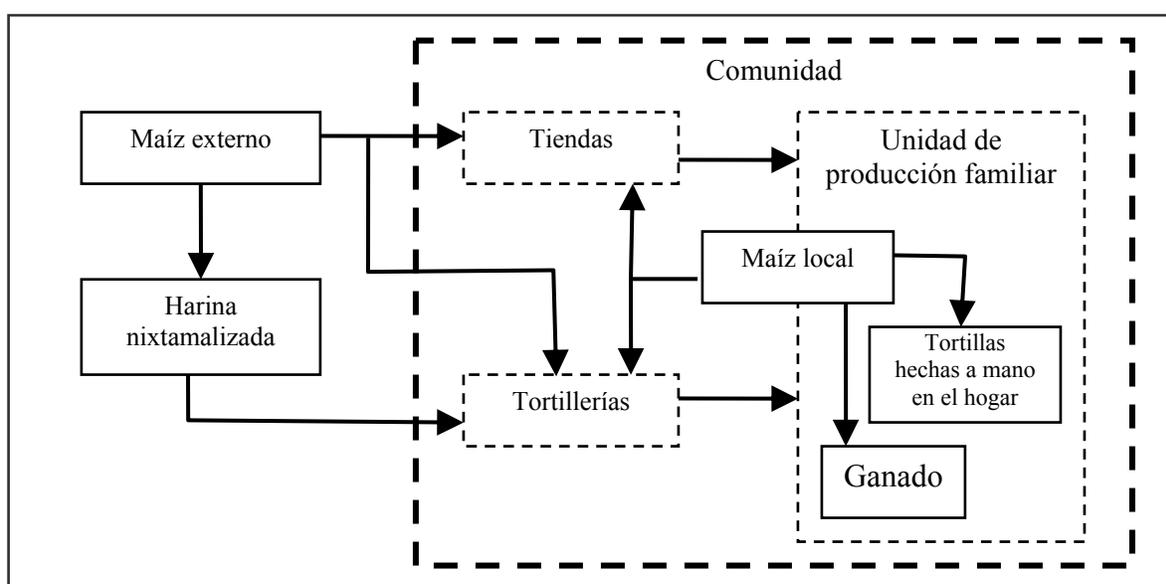


Figura 9. Modelo de flujo de abasto de maíz externo e interno a la comunidad

Un indicador del consumo de maíz local es la cantidad de masa producida en los molinos de cada comunidad. Sin embargo, este indicador está sesgado pues el consumo local incluye también el maíz que se vende en las tiendas de la comunidad, el cual proviene de varias fuentes, como se explica párrafos abajo. En total existen 109 molinos en la región (sin considerar los que existen en las cabeceras municipales) los cuales, en conjunto, procesan un estimado de 8.38 ton/día de masa, misma que equivale a 3.98 ton/día de maíz

(usando el coeficiente reportado por Acevedo (1997) para la transformación de maíz blanco a masa) y a 1,454 ton/año de maíz.

En su mayoría, los molinos son establecimientos pequeños que, en promedio, producen 77 ± 8 kg de masa al día. El 50% de éstos produce menos de 50 kg/día de masa, un 40% se ubica en el rango de 51-150 kg/día y menos del 10% produce más de 151 kg/día de masa.

Hay un número no cuantificado de molinos familiares. Los molinos pequeños que van de un rango de 0 a 50 kg/día de masa en promedio atienden a 10 ± 1 personas por día, aunque en Santa Fe de la Laguna se atiende un promedio de 22 ± 6 personas por día, debido a que allí se acostumbra llevar muy poco nixtamal al molino comparado con el promedio de otras comunidades (el promedio regional es de 4.4 ± 0.2 kg de masa por persona). En Santa Fe de la Laguna el promedio es 2.4 ± 0.4 kg por persona. Además, en estas comunidades donde los molinos procesan poco maíz, es frecuente que existan tortillerías que compiten con éstos. En la frecuencia (en porcentaje) que se muestra en la Figura 10, se puede ver como la mayoría de los molinos producen poca masa, mientras que muy pocos de éstos producen mucha.

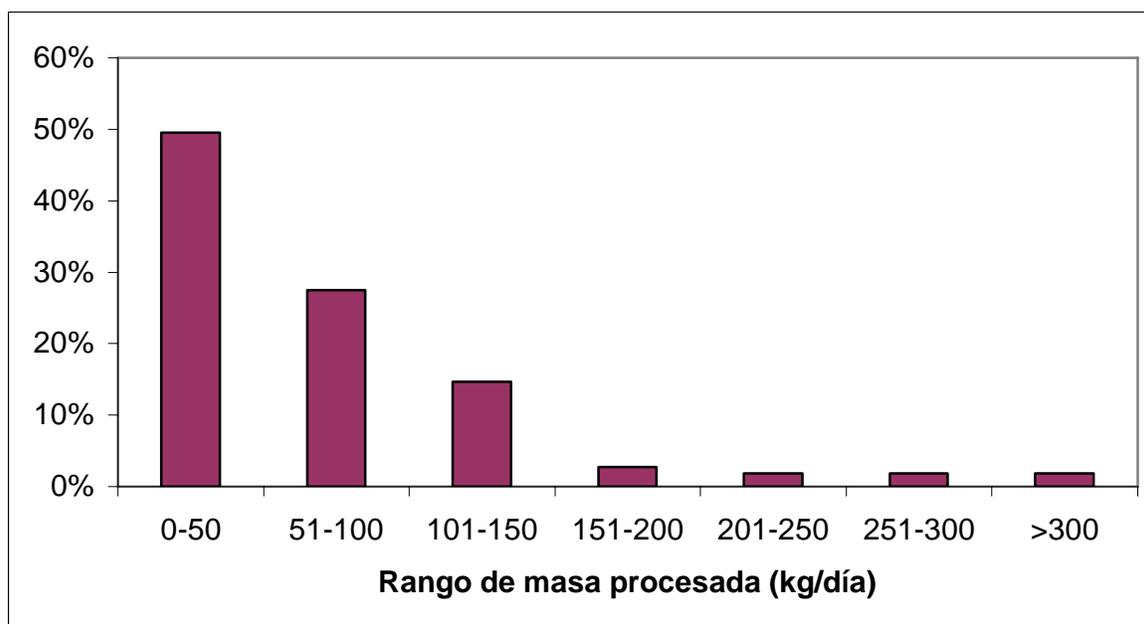


Figura 10. Porcentaje de molinos según cantidad de masa procesada (kg/día)

La distribución de los molinos es homogénea en la región; es decir, en todas las comunidades muestreadas (excepto en una) hay al menos un molino, pero la cantidad de masa que procesan es diferente. En el Cuadro 14 se muestra el maíz anual *per cápita* en kilogramos procesado en los molinos (M_I), ello con el fin de comparar la importancia de los molinos en cada comunidad. Este indicador representa la importancia relativa de las tortillas hechas a mano y del maíz local. El indicador también se presenta de forma grafica en el mapa de la cuenca, en la Figura 11. Así se puede observar que en la porción oriental de la cuenca se tienen los valores más altos. En esta zona se ubican comunidades pequeñas que no justifican la instalación de una tortillería, además de que tienen tierras de cultivo planas y algunas con acceso a riego. El valor de importancia de los molinos disminuye porque es más clara la presencia de las tortillerías en la ribera sur del Lago de Pátzcuaro.

Cuadro 14. Índices de maíz procesado en molinos, vendido en tiendas y procesado en tortillerías en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Municipio	Comunidad	M_1^1 (kg/año/hab)	M_2^2 (kg/año/hab)	M_3^3 (kg/año/hab)
Erongarícuaro	Arócutin	55	0	0
Erongarícuaro	Jarácuaro	27	4	14
Erongarícuaro	Napízaro	20	0	0
Erongarícuaro	San Miguel Nocutzepo	17	0	8
Erongarícuaro	Oponguio	106	0	0
Erongarícuaro	Puácuaro	30	0	7
Erongarícuaro	Tócuaro	4	0	51
Erongarícuaro	San Francisco Uricho (Uricho)	68	0	18
Erongarícuaro	Zarzamora, La	20	0	0
Erongarícuaro	Yótatiro	11	0	0
Erongarícuaro	Exhacienda de Charahuén	16	11	0
Pátzcuaro	Ajuno	27	0	7
Pátzcuaro	Buenavista	57	0	0
Pátzcuaro	Chapultepec	54	0	0
Pátzcuaro	Huecorio	3	0	46
Pátzcuaro	Santa Maria Huiramangaro	37	0	30
Pátzcuaro	Janitzio (Isla Janitzio)	35	0	23
Pátzcuaro	Lázaro Cárdenas	20	0	33
Tzintzuntzan	Noria, La	14	0	0
Pátzcuaro	Vitela, La (Los Pozos)	16	0	0
Pátzcuaro	Primo Tapia	23	0	23
Pátzcuaro	San Pedro Pareo	7	0	47
Pátzcuaro	Tinaja, La	89	0	0
Pátzcuaro	Trojes, Las	19	0	0
Pátzcuaro	Tzentzenguaro	11	0	0
Pátzcuaro	Urandén De Morelos	28	0	0
Pátzcuaro	Zurumútaro	35	3	49
Pátzcuaro	Colonia Nueva Puerta De Cadena	31	0	0
Pátzcuaro	Pequeña Tinajita	39	0	0
Pátzcuaro	San Juan Tumbio	10	0	9
Quiroga	Atzimbo	17	0	0
Quiroga	Caríngaro	39	0	0
Quiroga	Sanambo	72	0	0
Quiroga	San Andrés Ziróndaro	17	0	41
Quiroga	San Jerónimo Purenhécuaro	21	4	49
Quiroga	Santa Fe De La Laguna	13	0	29
Tingambato	San Francisco Pichátaro	65	0	16
Tzintzuntzan	Coenembo	34	0	0
Tzintzuntzan	Corrales, Los	34	0	0
Tzintzuntzan	San Pedro Cucuchucho	14	18	27
Tzintzuntzan	Cuevas, Las	34	0	0
Tzintzuntzan	Ichupio	16	77	0
Tzintzuntzan	Ihuatzio	21	25	36
Tzintzuntzan	Jaguey, El	99	0	0

Municipio	Comunidad	M_1^1 (kg/año/hab)	M_2^2 (kg/año/hab)	M_3^3 (kg/año/hab)
Tzintzuntzan	Nuevo Rodeo (El Rodeo)	101	0	0
Tzintzuntzan	Patambicho	68	7	0
Tzintzuntzan	Santa Cruz	67	0	0
Tzintzuntzan	Santiago Tzipijo	0	17	0
Tzintzuntzan	Tarerio	30	5	0
Tzintzuntzan	Tigre, El	24	0	0
Tzintzuntzan	Ucasanástacua (El Espíritu)	37	11	0
Tzintzuntzan	Colonia Lázaro Cárdenas	0	46	0

¹ Representa el maíz procesado en todos los molinos de la comunidad respecto a la población total, sus unidades son kg/año/habitante. ² Representa el maíz vendido en todas las tiendas de la comunidad durante un año respecto a la población total, sus unidades son: kg/año/habitante. ³ Representa el maíz procesado en las tortillerías anualmente con respecto a la población total (incluye el harina nixtamalizada que se mezcla), sus unidades son kg/año/habitante

Otro elemento importante dentro del sistema tradicional de elaboración de tortillas son las tiendas en donde se vende el maíz. Éstas representan un flujo de entrada de maíz de muy distintos lugares del país y son un vínculo entre la producción agroindustrial de maíz y la elaboración manual de tortillas. Se encontraron 23 tiendas en un total de 13 comunidades. El 56% de las mismas son particulares y 44% son de la red de tiendas DICONSA. El 25% de las comunidades tiene tiendas, el restante 75% no las tienen o su comercio ocurre en los hogares, con maíz local. El promedio de ventas en las tiendas es de 7 ± 2 ton/año y el volumen total vendido es de 165 ton/año. En el Cuadro 15 se puede observar el volumen de maíz introducido por las tiendas, según su procedencia inmediata y su área de producción. En Tzintzuntzan se localiza la bodega regional de DICONSA, es por eso que aparece como el 40% del volumen expendido, sin embargo este maíz es introducido de La Barca, Jalisco.

La venta en las tiendas tiene un comportamiento estacional, incrementándose en la temporada de verano y reduciéndose cuando inician las cosechas. El mes en que menos se vende maíz es febrero, con 9.6 ton y septiembre es el que mayor venta registra con 17.8 ton (Figura 12). Este comportamiento muestra que la disponibilidad del maíz local es mayor inmediatamente después de la cosecha, entre los meses de diciembre y enero. A partir de ese período empieza a disminuir su disponibilidad hasta alcanzar su punto más bajo en septiembre.

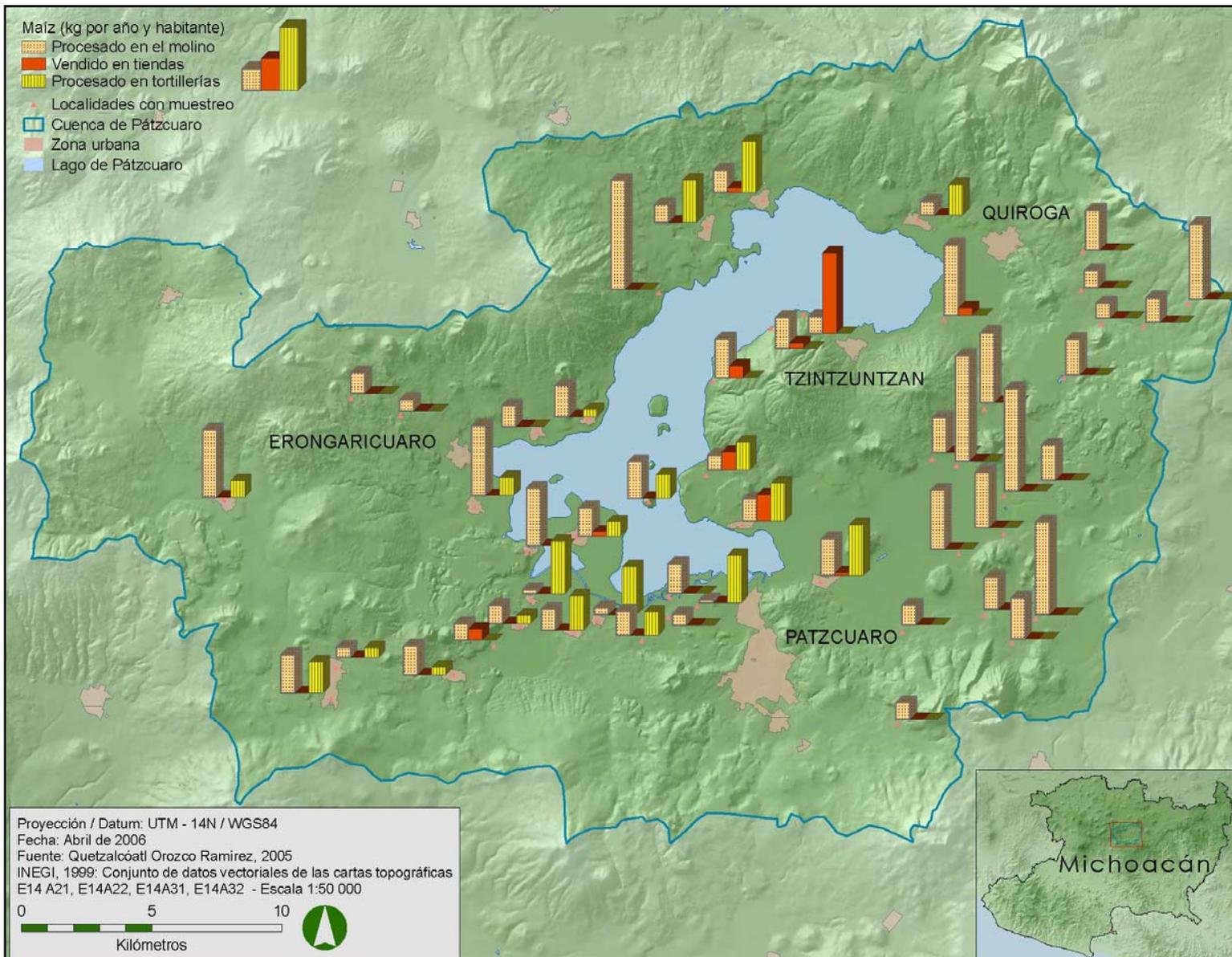


Figura 11. Distribución geográfica de los molinos, las tiendas que venden maíz y las tortillerías en la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Cuadro 15. Lugar de abasto del maíz vendido en las tiendas (ton/año) y regiones donde produce

Procedencia inmediata	Consumo ton/año	Porcentaje	Lugar de producción
Morelia	71.9	43.5%	Sinaloa, El Bajío y la Ciénega de Chapala
Tzintzuntzan	68.1	41.2%	Ciénega de Chapala
Pátzcuaro	15.1	9.1%	Sin determinar
Sin determinar	8.44	5.1%	Sin determinar
Tzurumútaro	1.43	0.9%	Ciénega de Chapultepec
Zacapu	0.26	0.2%	Sinaloa y Ciénega de Chapala
Total general	165	100.0%	

La Figura 13 muestra el mapa de abasto del maíz externo a la cuenca a través de las tiendas, el grosor de las flecha indica el porcentaje del volumen abastecido. El maíz cuya procedencia no se logró determinar no aparece en el mapa; éste representa el 14.2% del total expendido. Tampoco se representa el maíz que es producido en las propias comunidades de la cuenca, debido a que menos del 1% del maíz que se vende en las tiendas es producido en las propias comunidades. Se nota gráficamente la importancia de la producción de Sinaloa que llega a través de la Central de Abastos de Morelia. También, el 8.4% del maíz que entra por Morelia, proviene de la región de La Barca, por lo cual recorre más kilómetros de los mínimos necesarios para llegar a la cuenca.

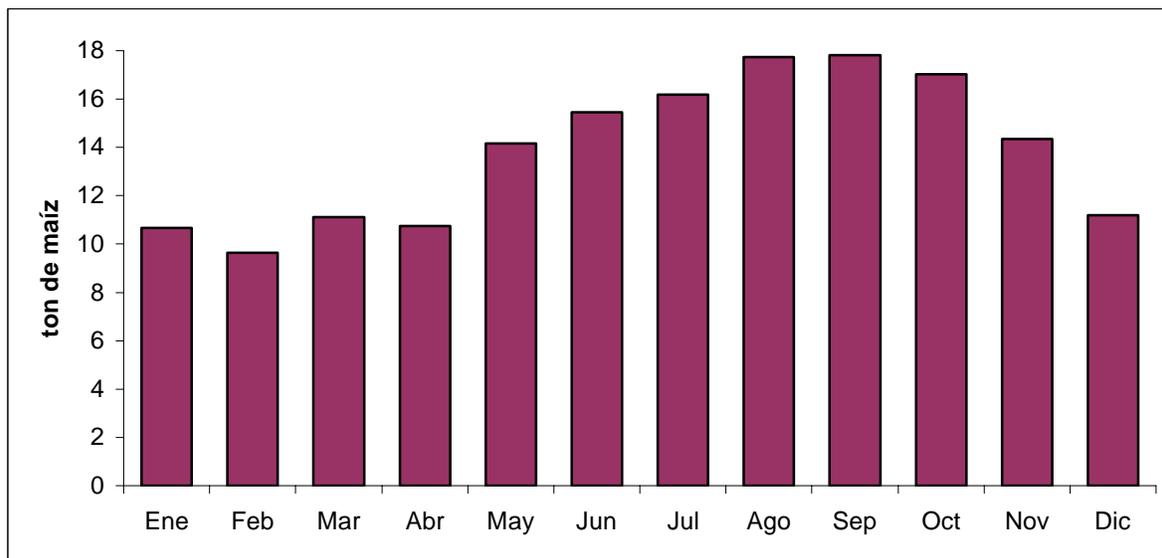


Figura 12. Ventas mensuales de maíz estimadas en el total de tiendas de las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (ton/mes)

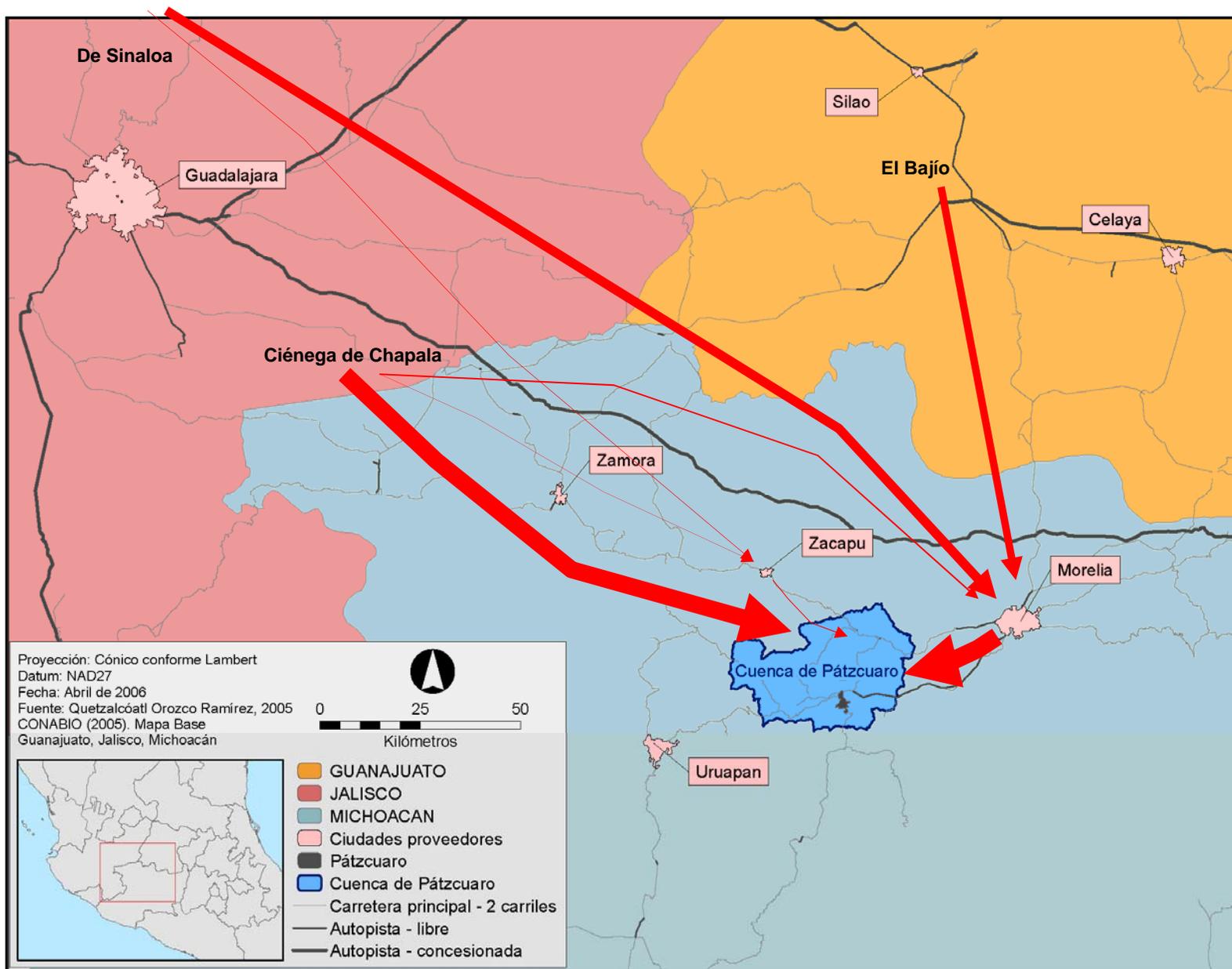


Figura 13. Mapa de abasto del maíz externo que se vende en las tiendas de las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (el grosor de la flecha indica el porcentaje de abasto)

Las tiendas no presentan una distribución homogénea en la cuenca del Lago de Pátzcuaro (ver Figura 11). Éstas son más importantes en las comunidades de la porción oriental de su ribera, de acuerdo con el índice M_2 (venta de maíz anual *per cápita*, ver Cuadro 14). Esto puede indicar que honesta porción produce menos maíz y requiere de una fuente externa. Sin embargo, en algunas de sus comunidades, la venta de maíz en las tiendas es mayor que el maíz procesado en los molinos, lo que se puede explicar por la presencia de molinos en los hogares, los cuales no fueron entrevistados. Ello, también se puede explicar debido a que dichas comunidades se encuentran muy cerca de alguna cabecera municipal donde se hay molinos. Este puede ser el caso de las comunidades de Santiago Tzipijo, Ichupio y la Colonia Lázaro Cárdenas, las cuales están muy cerca de la ciudad de Tzintzuntzan. Otra explicación puede ser que, parte de ese maíz se usa para alimentar animales, aunque esto es poco probable ya que para el ganado el maíz amarillo quebrado es más barato y se vende en las tiendas de forrajes.

Las tortillerías son el elemento clave del sistema agroindustrial en la región. Están presentes en 20 comunidades de las 52 visitadas, o sea, en el 39% de las mismas. Su volumen de producción es muy variable, pues va de los 25 kg/día a los 325 kg/día. En promedio, la producción de tortilla se encuentra en 115.6 ± 13 kg/día. En la Figura 14 se puede apreciar que el 50% de las tortillerías producen 100 kg/día o menos de tortilla y que más del 75% producen menos de 150 kg/día. Por otro lado, aquellas que producen más de 300 kg/día no llegan a representar más del 5%.

Cada una de las tortillerías utiliza diferentes cantidades de maíz y de harina nixtamalizada para preparar las tortillas; así, el 75% de los establecimientos utiliza más del 50% de maíz y menos del 50% harina nixtamalizada; más del 30% de las tortillerías utiliza más del 75% de maíz y menos del 25% de harina y sólo el 3% utiliza más del 75% de harina y menos de 25% de maíz. Estas estimaciones se realizaron tomando como base el peso de grano de maíz y harina con una humedad del 13% y 12%, respectivamente (Figura 15).

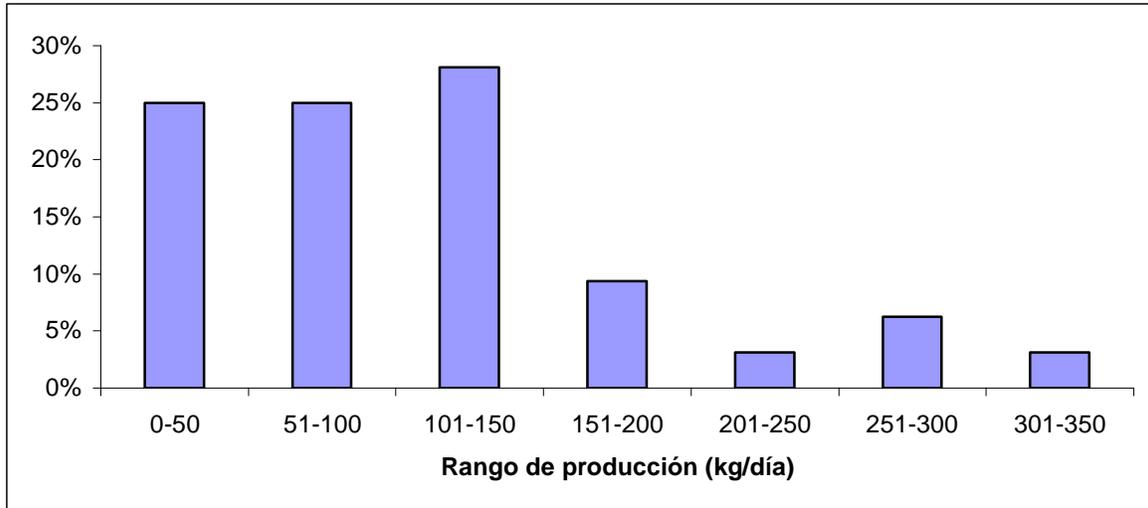


Figura 14. Distribución de tortillerías según rango de producción (kg/día). Se muestra el porcentaje de tortillerías dentro de cada categoría

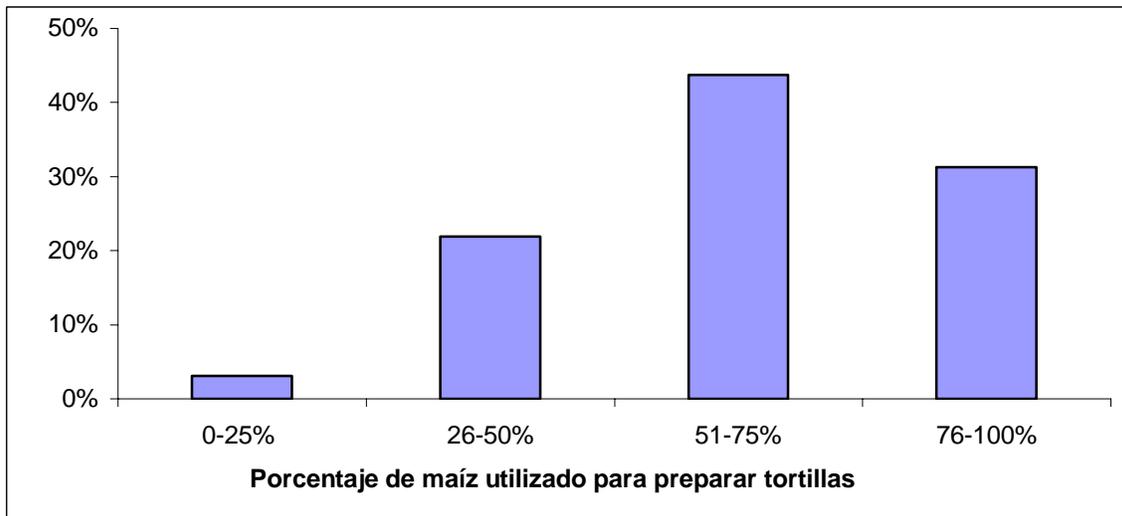


Figura 15. Porcentaje de tortillerías según proporción de maíz para preparar las tortillas (el porcentaje faltante para el 100% corresponde a harina nixtamalizada, las proporciones se hicieron en base al peso)

El Cuadro 16 muestra la procedencia del maíz utilizado en las tortillerías. En este cuadro se aprecia que la principal ciudad de abasto es Zacapu, con el 41% del abasto. Un 15% del maíz llega a las tortillerías directamente de Sinaloa, lugar donde se produce, lo mismo que el 11% que procede del Bajío. El otro 11% que llega de Morelia, proviene del Bajío y de Jalisco durante la temporada de noviembre a mayo y de Sinaloa, durante abril y noviembre. Estos datos varían según los intermediarios, debido a que algunos de ellos comienzan a

introducir maíz de Sinaloa un poco antes que otros. Para el caso de Zacapu, el maíz proviene de Sinaloa entre los meses de mayo a diciembre, mientras que de enero a abril procede de la región de la Ciénega de Chapala. Destaca el hecho de que sólo el 9% del maíz consumido por las tortillerías tiene su origen en la región. Esto apunta a que el sistema agroindustrial de producción de tortillas utiliza preferentemente maíz que se produce bajo la tecnología convencional, utilizando semillas híbridas diseñadas especialmente para un mayor rendimiento de tortillas y un más fácil manejo.

Cuadro 16. Lugares de abasto de maíz para las tortillerías de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Lugar de abasto	Volumen mensual (ton)	Volumen anual (ton)	Porcentaje
Zacapu	22	269	40.7%
Sinaloa	8	99	15.1%
Morelia	6	74	11.2%
Bajío	6	71	10.8%
Región	5	61	9.3%
Uruapan	3	33	5.0%
Zamora	2	26	3.9%
Tienda Local	2	27	4.1%
Total general	54.25	660	100.0%

La Figura 18 muestra el mapa del flujo del abasto de maíz a las comunidades. Lo que destaca el mapa es que, aunque hay sólo tres lugares de producción de maíz externos a la cuenca, hay siete rutas de abasto de maíz y tres de ellas provienen directamente de los lugares productores y de cuatro de las principales ciudades que rodean la región. Es importante mencionar que las flechas representan sólo las rutas de abasto, más no significan que sea un solo proveedor, pues para el caso de Morelia hay por lo menos tres. También resalta el “turismo de granos” (viajes innecesarios de los productos por cuestiones del mercado) (Bassols *et al.* 1994) en el caso del abasto de la ciudad de Uruapan, ya que se transporta el maíz del Bajío y a veces se hace a través de Zamora. Esta situación ocurre porque Uruapan abastece la parte occidental de la cuenca, que es más accesible desde ese punto, que desde Morelia o Zacapu. Además que, aunque en términos absolutos, la distancia es mayor por el volumen que se transporta, los costos del maíz en Uruapan son (más) competitivos que los de las otras ciudades más cercanas a las áreas de producción.

A la región también llega la harina nixtamalizada procedente de varios lugares; éstos se muestran en el Cuadro 17. Como se puede apreciar en el cuadro, la principal fuente está en

Guadalajara, Jal., en donde se ubica una planta productora de harina. También hay plantas productoras de harina en Silao y en Celaya, Gto.. En Zamora, Mich., existe otra, pero actualmente opera sólo como una bodega que se abastece de la planta de Guadalajara. En los demás lugares hay distribuidores o intermediarios que se abastecen de las tres ciudades mencionadas.

La Figura 19 muestra el mapa de abasto de harina. El mapa resalta la importancia de la ciudad de Guadalajara, donde se ubican dos plantas productoras de las dos principales marcas del mercado nacional (MASECA y MINSA). Este flujo también indica que la mayor parte de la harina consumida en las tortillerías se adquiere sin intermediarios. Por ejemplo, el abasto de la ciudad de Zamora se realiza sin intermediarios, porque, como se mencionó, allí existe una bodega de la misma empresa. El principal intermediario se ubica en Zacapu, pero en un porcentaje bajo con respecto al total (13.9%). Al igual que en el caso del maíz, el abasto desde la ciudad de Uruapan llega a la comunidad de Pichátaro y a los alrededores del oriente de la cuenca.

Cuadro 17. Lugares de abasto de la harina nixtamalizada para las tortillerías de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Lugar de Abasto inmediato	Cantidad mensual (ton)	Cantidad anual (ton)	Porcentaje
Guadalajara	9.6	117	40.2%
Silao	4.1	49	16.9%
Zacapu	3.3	41	13.9%
Morelia	2.3	28	9.5%
Zamora	2.0	25	8.5%
Celaya	1.1	13	4.4%
Pátzcuaro	0.8	9	3.2%
Ihuatzio	0.5	6	2.1%
Uruapan	0.3	4	1.3%
Total general	24.0	292	100.0%

Las tortillerías se localizan en las comunidades con mayor población. La comunidad de Lázaro Cárdenas (San Bartolo Pareo) es la que menos población tiene (480 habitantes, de acuerdo con el censo del año 2000) y cuenta también con tortillería. Sin embargo, el promedio de población de las comunidades con tortillería es de 1878 habitantes (desviación estándar de 1171 habitantes). En la Figura 11 se muestra la ubicación de las comunidades que tienen tortillería así como el índice M_3 que muestra la importancia de las mismas,

calculado con base en la cantidad de maíz *per capita* procesado anualmente para hacer tortillas (Cuadro 14). En dicho mapa se puede apreciar que en los alrededores de la ciudad de Pátzcuaro se concentran las tortillerías. Las comunidades de mayor tamaño siempre tienen presente a las tortillerías pero conviven con los molinos. En muchos casos éstos últimos son más importantes, como en Pichátaro, San Juan Tumbio, Santa María Huiramangaro y en Uricho, lo que indica una importancia mayor del cultivo de maíz respecto de otras comunidades. También puede indicar la presencia de tortilleras tradicionales que venden tortillas, como es el caso de Uricho (Astier 2004).

En la Figura 16 se muestra el gráfico de dispersión entre el tamaño de la comunidad (habitantes) y la cantidad de maíz procesado en las tortillerías (kg/día). El gráfico denota un salto en la cantidad de maíz procesado en las comunidades que tienen más de 2000 habitantes. En las comunidades menores a esa población el maíz procesado no pasa de los 150 kg/día, y en las comunidades con más de 2000 habitantes éste se procesa en más de 200 kg/día. También se muestra la ecuación de regresión lineal, la cual es significativa ($R^2 = 0.75$, $F(1,48) = 143$, $p < 0.0001$).

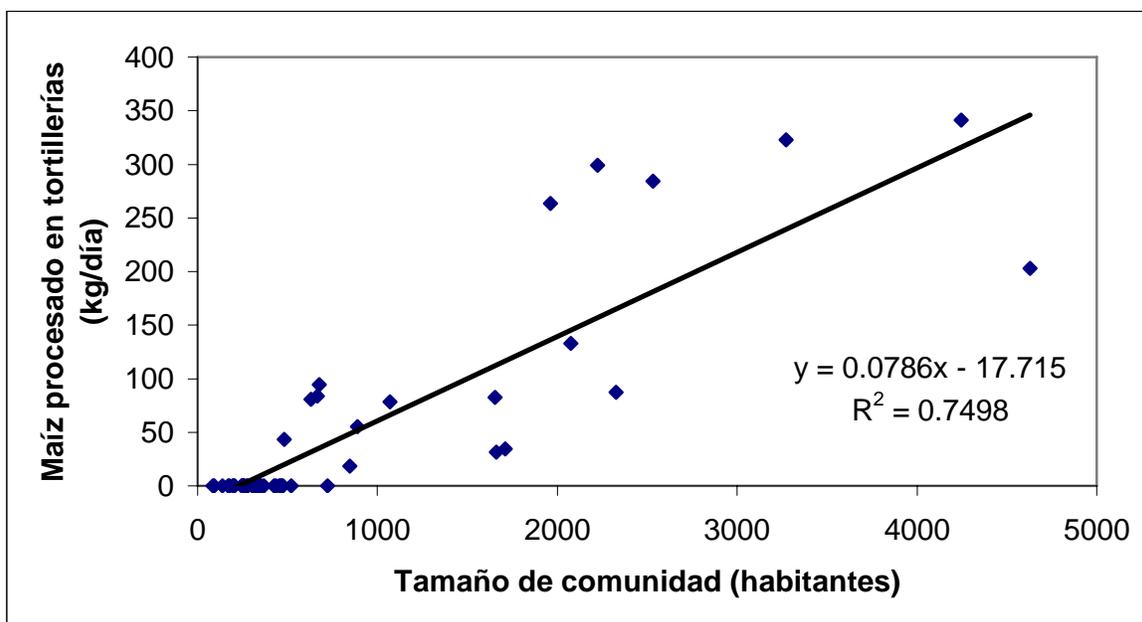


Figura 16. Gráfico de dispersión entre el tamaño de la comunidad y el maíz procesado en las tortillerías

Todas las tortillerías utilizan maíz externo excepto en Ajuno y en Nocutzepo. El maíz que se vende en las tiendas también proviene del exterior de la cuenca. La dependencia de las comunidades al maíz externo tiene una fuerte relación con el tamaño de la misma (ver Figura 17) ($R^2 = 0.66$, $F(1,48) = 94$, $p < 0.0001$).

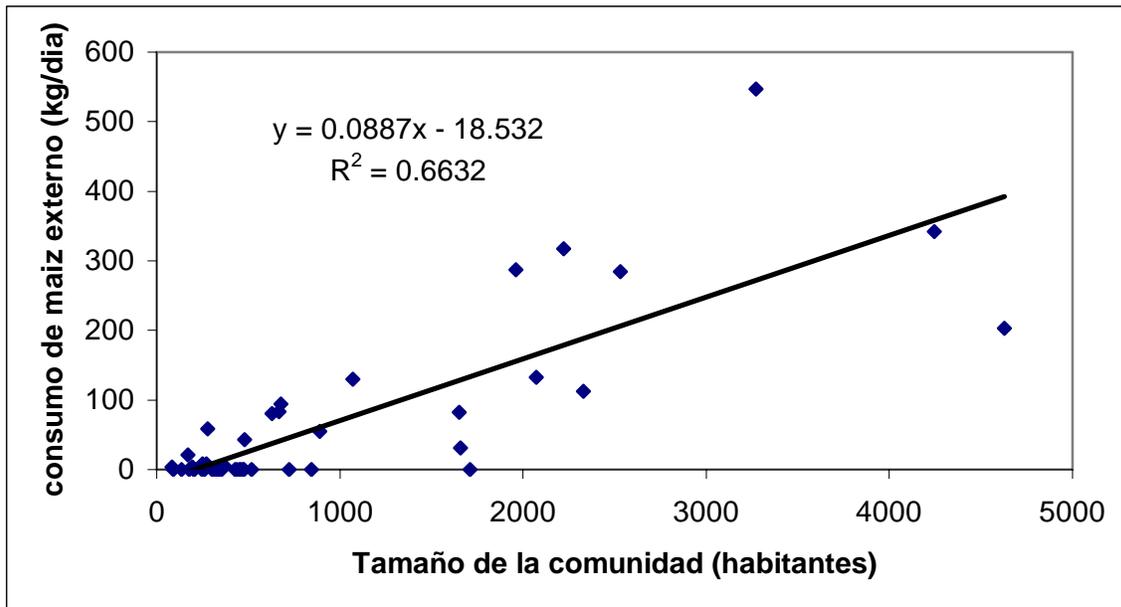


Figura 17. Gráfico de dispersión entre el tamaño de la comunidad y el maíz externo consumido

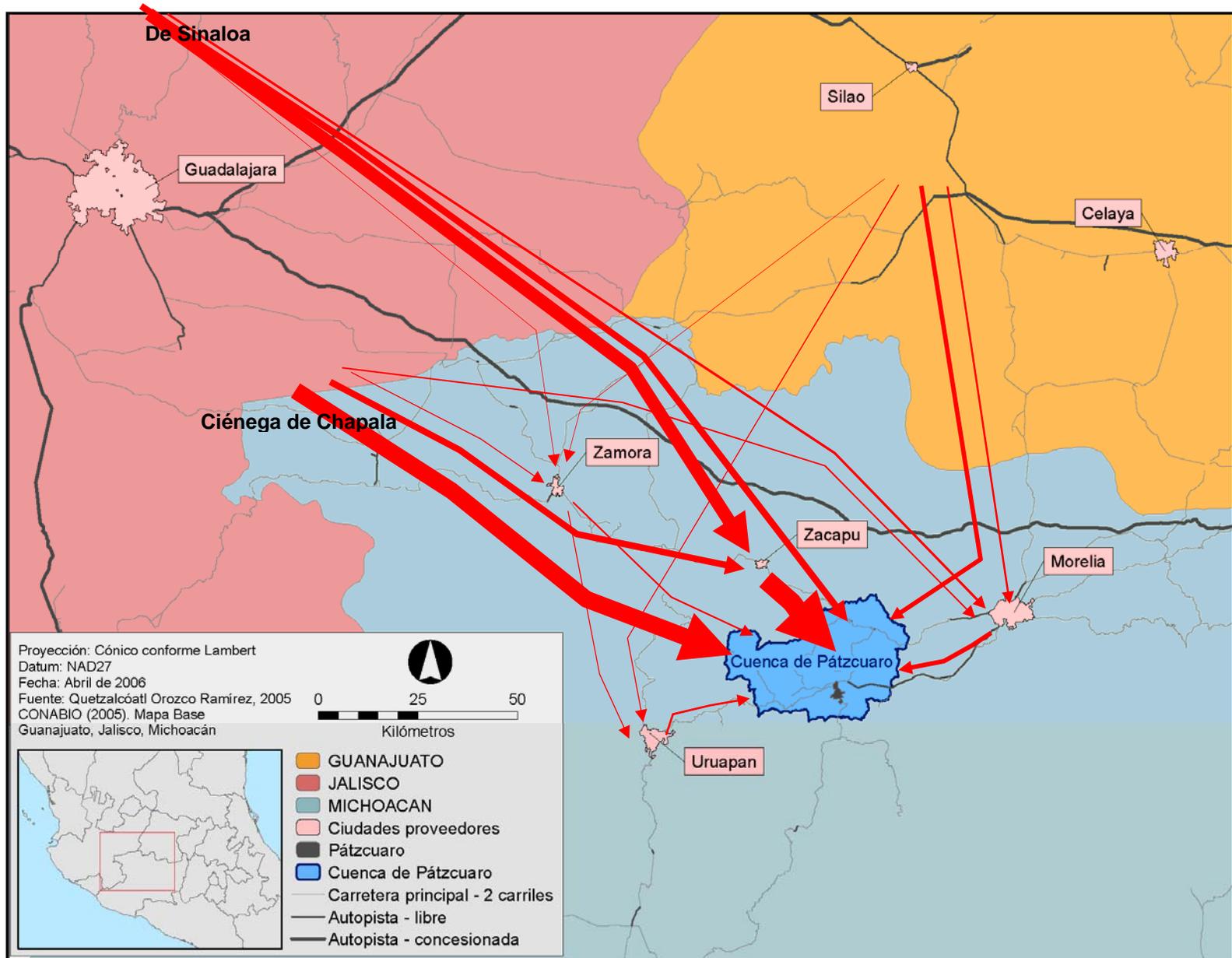


Figura 18. Mapa de abasto del maíz usado en las tortillerías de las comunidades de la cuenca. El grosor de la flecha es proporcional al porcentaje de abasto

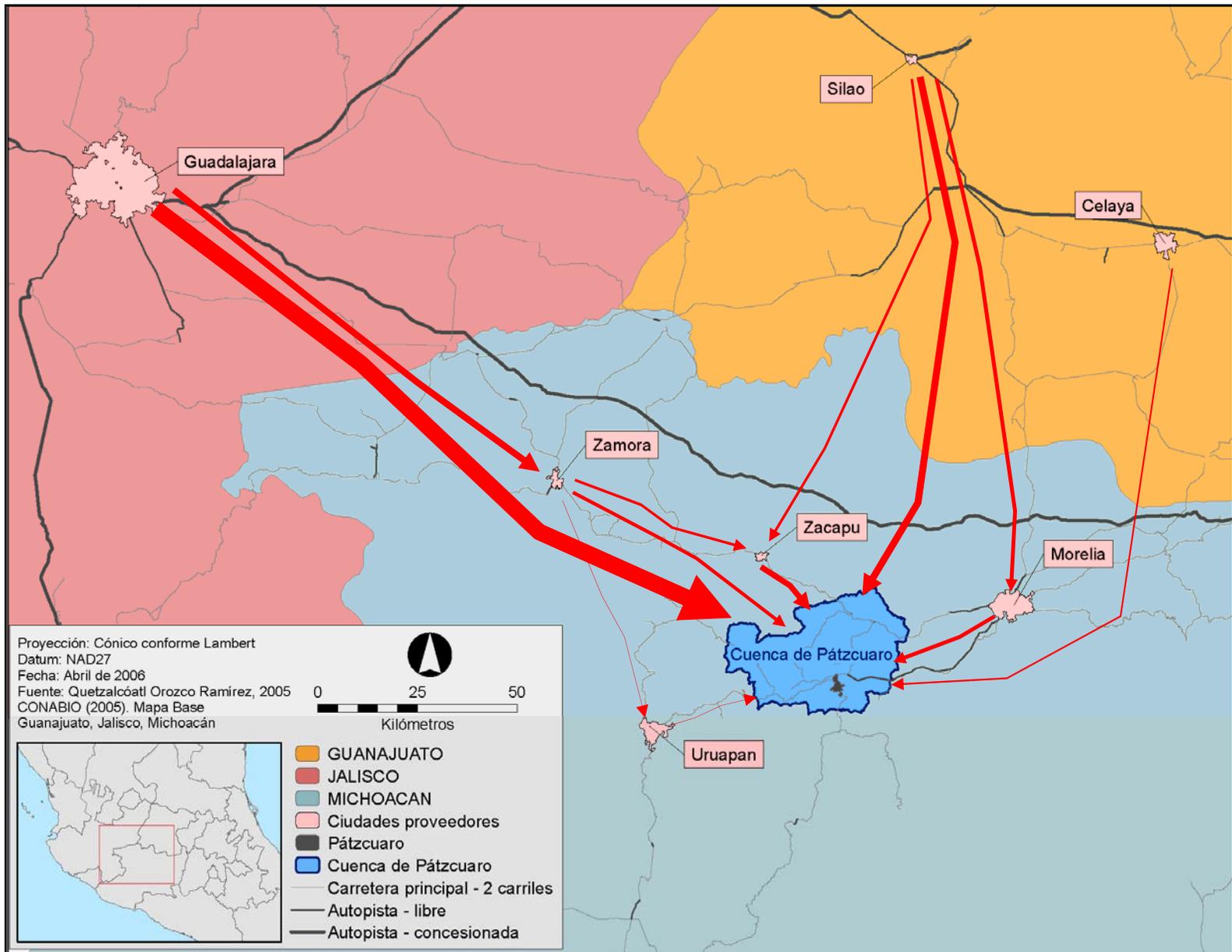


Figura 19. Mapa de abasto de la harina nixtamalizada que se usa en las tortillerías de las comunidades de la cuenca. El grosor de la flecha es proporcional al porcentaje de abasto

Considerando los molinos y las tortillerías como piezas clave tanto en el subsistema tradicional como en el agroindustrial, su aparición en el tiempo puede indicar cambios en el sistema alimentario de la región. En la Figura 20 se observa que los molinos comenzaron su aparición desde antes de la década de los 50's. Su instalación tiene relación directa con la introducción de la energía eléctrica a las comunidades. Las primeras tortillerías se instalaron en la segunda mitad de la década de los 80's, su apertura puede explicar un cambio en las actividades productivas de la comunidad. La primera tortillería reportada fue instalada en la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro y las cinco primeras comunidades en donde se instaló una tortillería se encuentran dentro de las seis comunidades con mayor población ocupada en las actividades terciarias, reportadas por el INEGI en el censo del 2000. Además, de las cinco comunidades señaladas, cuatro mantienen una importante actividad artesanal en donde las mujeres juegan un papel muy importante (Reyes 1993). En la misma Figura 20 se puede observar cómo el incremento en tortillerías y molinos ha sido constante en cuanto al número acumulado. Sin embargo, la velocidad del aumento en el número de establecimientos varía. Los molinos nunca han crecido más del 100% para cada periodo respecto del anterior, pero las tortillerías han aumentado más del 100% para cada periodo, llegando incluso al 400% (Figura 21).

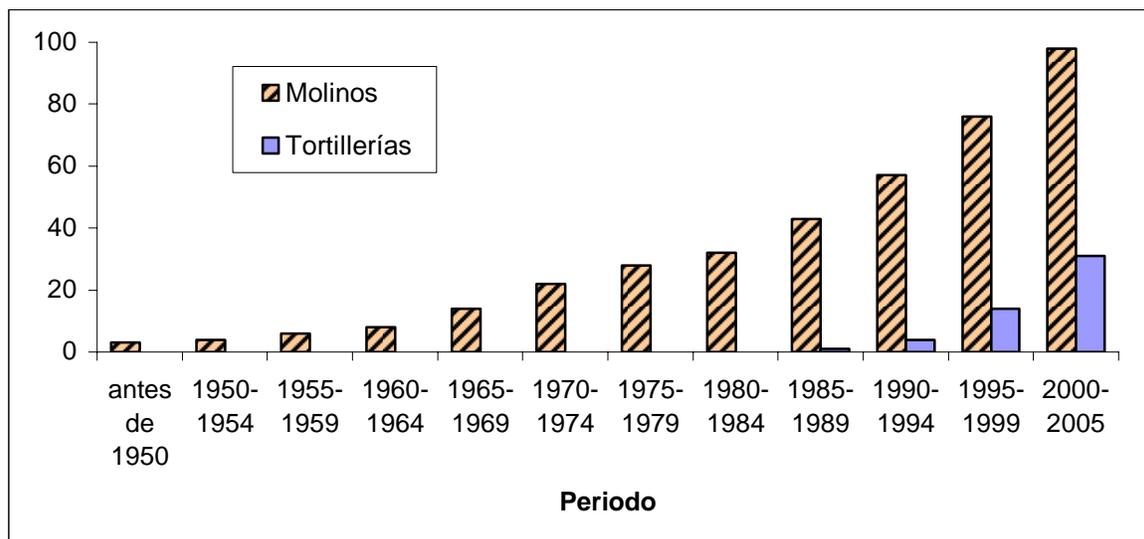


Figura 20. Número acumulado de molinos y tortillerías en periodos de 5 años

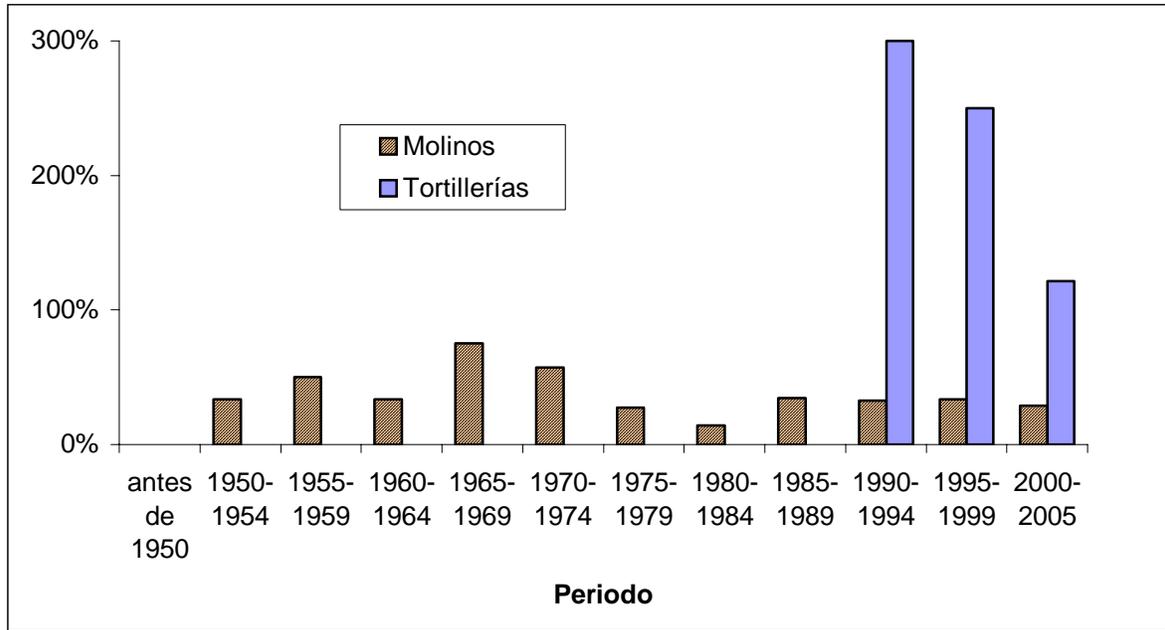


Figura 21. Aumento relativo del número de molinos y tortillerías en relación al periodo anterior, en periodos de 5 años

En la Figura 22 se muestra el flujo de maíz anual en toda la cuenca del Lago de Pátzcuaro, según las estimaciones a partir de la encuesta a tortillerías, molinos y tiendas, en la cual no se consideran las tortillas que se producen en las cabeceras municipales y se llevan a las comunidades aledañas, ni tampoco las tortillas que se producen en casa con molinos familiares. El dato que resalta es que en promedio más del 50% del maíz consumido es producido en las mismas localidades, aunque varía por comunidad. Además de que en las tortillerías sólo se usa menos del 3% del maíz producido en la cuenca con respecto al total consumido. Los lugares de producción del maíz que se vende en las tiendas y que se usa en las tortillerías que se muestran en el Cuadro 18, destaca que del volumen de maíz utilizado en las tortillerías o vendido en la tiendas 47.1% viene de Sinaloa, y el 21.8 de la Ciénega de Chapala, el segundo lugar en importancia de abasto; mientras sólo el 7.7% es maíz producido localmente.

Cuadro 18. Lugar de producción del maíz utilizado en las tortillerías y vendido en las tiendas de las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Procedencia del maíz	Porcentaje
Local	7.7%
Sinaloa	47.1%
El Bajío	17.6%
Ciénega de Chapala	21.8%
Sin determinar	5.8%
Total	100%

La Figura 22 es un concentrado del flujo maíz (en porcentaje) en todas las comunidades encuestadas. Cabe destacar que aunque los volúmenes absolutos estén subestimados porque están basados en la información recabada con las encuestas a molinos, tortillerías y tiendas, los porcentajes pueden dar un perfil del tipo de maíz que se consume. Los cálculos están con base en cantidad de maíz, por cual la harina nixtamalizada se transformó a su equivalente en maíz. Este esquema representa un momento estático y promedio de todas las comunidades, se abstrae lo dinámico que puede ser a escala familiar el consumo de maíz. Ya que el núcleo familiar toma decisiones basado en múltiples factores y consume en mayor o menor medida de los dos tipos de tortilla. Además de que solo se estima el consumo de maíz para tortilla y otros derivados de masa como tamales, pero quedan fuera otros alimentos como el pozole, pinole, atoles, ponteduro, etc.

En la primera columna de derecha a izquierda se presenta el total de tortillas consumidas en las comunidades de la cuenca, incluye todas las tortillas hechas a mano como la de máquina. En la segunda columna se muestra el tipo de tortilla: hecha a mano en casa o hecha en tortillería. Resalta que casi el 60% de las tortillas consumidas son hechas en casa, y poco más del 40% se producen en las tortillerías. De las tortillas hechas en casa el 51% se hacen con maíz de la misma familia o comprado en la comunidad a los vecinos que lo producen. El restante 7% se hacen comprándolo en las tiendas de la comunidad.

El maíz que se vende en las tiendas es introducido a la cuenca por el sistema DICONSA o por particulares. El sistema DICONSA tiene una bodega en Tzintzuntzan (columna 4) que a su vez se abastece de maíz de la región de la Ciénega de Chapala (columna 5). Las tiendas particulares compran el maíz principalmente en Morelia (Columna 4) en la central de abastos, o en Zacapu o a medianos productores de la misma cuenca, para el último caso el

porcentaje es tan bajo que en la figura se agrupan en el número 11 con la denominación “otros”.

Por lo que respecta a las tortillas hechas en la tortillería, las cuales corresponden a 42% del total, éstas se elaboran con una mezcla de maíz (29.5%) y harina nixtamalizada (12.5%), los datos se muestran en la columna 3 de la figura. El maíz llega por varias vías. Algunos tortilleros compran el maíz en las zonas productoras como Sinaloa (4.5%) y El Bajío (3.2%), los datos se ven en la columna 4, estos productores de tortilla por lo general elaboran gran cantidad por tener varios establecimientos en varias comunidades. Otros compran el maíz en la región (2.7%), y otros más se abastecen de las centrales de abasto de Zacapu (12%), Morelia (3.3%), Zamora o Uruapan (los lugares de abasto que tuvieron porcentajes menores de uno están agrupados en la categoría “otros” en la figura). Estos corresponden a establecimientos más pequeños y que compran un volumen menor de maíz. El maíz que llega a las Centrales de Abasto proviene de las mismas tres regiones productoras mencionadas: Sinaloa, El Bajío y la Ciénega de Chapala. En la Figura 22, los porcentajes de los lugares de abasto se agruparon para presentarse en la columna 5, que corresponde al lugar de producción.

La harina nixtamalizada (12.5%), para hacer las tortillas de tortillería (columna 3), se adquiere directamente en las fábricas ubicadas en Guadalajara (5%), Silao, Gto. (2%) y Celaya Gto.; o también se consigue con distribuidores ubicados en Morelia, Zacapu, Uruapan o Zamora, los cuales a su vez se abastecen de las fábricas ubicadas en las ciudades mencionadas. Para la harina no se obtuvo con certeza el lugar de producción del maíz que se utiliza, pero según la información de las empresas privilegian el maíz de la región donde está ubicada la planta para disminuir los costos de arrastre.

En total los lugares de producción del maíz consumido en la cuenca se muestran en el Cuadro 19. El porcentaje mayor corresponde a maíz producido en la misma cuenca (61%). El principal abastecedor externo es Sinaloa (17%), la sigue la Ciénega de Chapala (8%) y por último el Bajío (6%). Estos porcentajes de abasto son coherentes con la importancia que tiene cada uno de estos estados en el concierto nacional de producción de maíz, donde destaca Sinaloa y Jalisco (Figura 5).

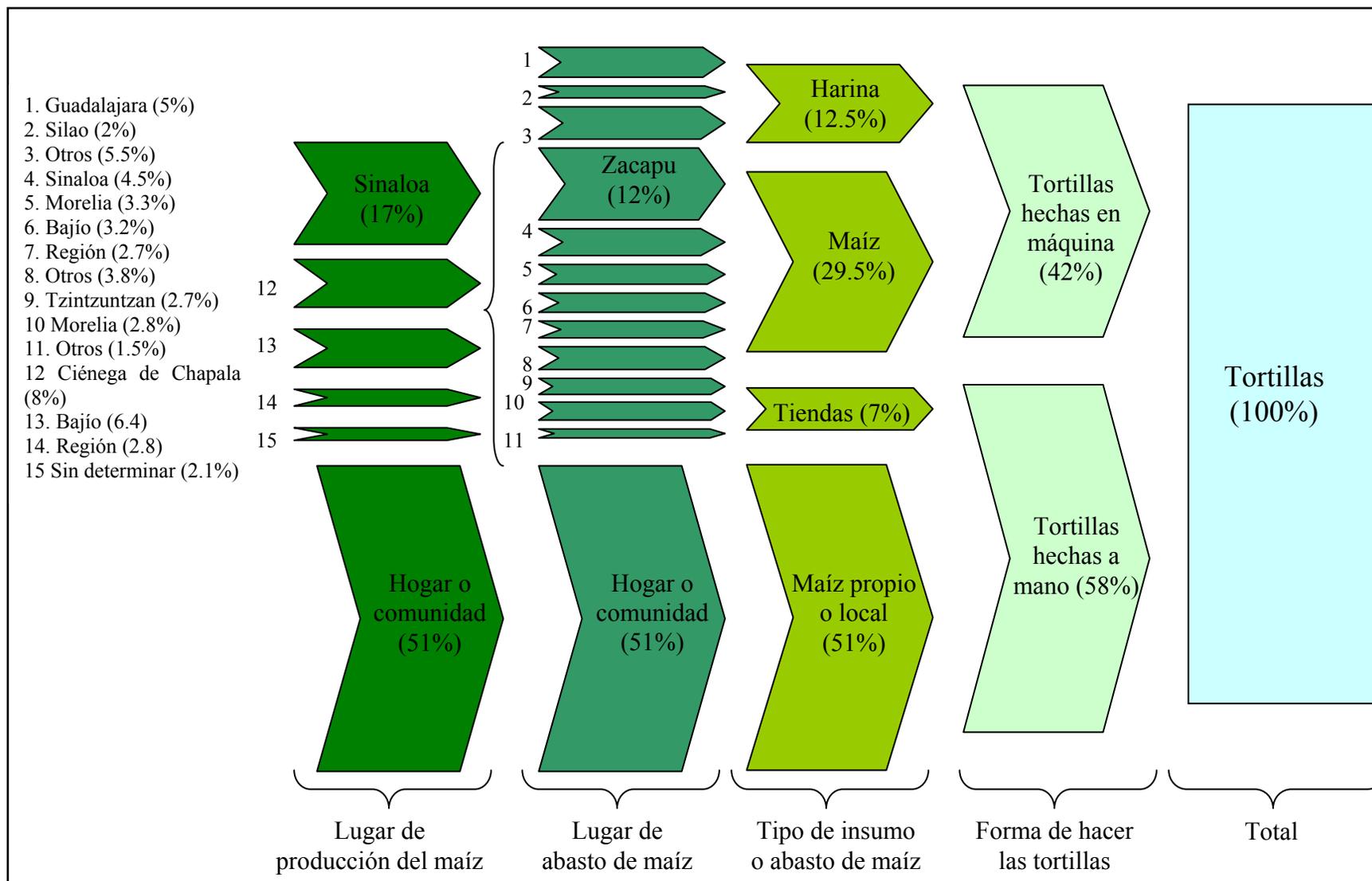


Figura 22. Clasificación del consumo humano de maíz en las Comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, cada caja se descompone en porcentajes en su correspondiente columna de la izquierda. En la base se encuentra el título de cada columna (los porcentajes son con base en cantidad de maíz). Mayor explicación en el texto

Cuadro 19. Lugar de producción del total de maíz consumido en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

Lugar de producción	Porcentaje
Cuenca de Pátzcuaro	61 %
Sinaloa	17 %
Ciénega de Chapala	8 %
Bajío	6 %
Sin determinar	8 %
Total	100 %

6.1.2 Discusión

El abasto de maíz en la zona rural de la cuenca del lago de Pátzcuaro muestra una clara división en términos del tipo y origen del maíz utilizado según el tipo de tortilla que se elabora. Por un lado el maíz producido localmente, predominantemente criollo, abastece a las familias que hacen tortillas a mano, del volumen total de tortillas hechas a mano el 88% se hace con maíz local.

Una parte de las tortillas que se elaboran a mano se dedica a la venta en las mismas comunidades y en las cabeceras municipales. Astier (2004) estimó en las comunidades de Uricho, Ihuatzio y Ajuno, y en las cabeceras municipales de Erongarícuaro y Tzintzuntzan un total de 123 unidades de producción de tortilla tradicional. Destaca la población de Uricho con 60 e Ihuatzio con 23 unidades. En total se estima que en la producción de tortilla tradicional para la venta se utilizan unas 167 toneladas de maíz, del cual el 90% corresponde a maíz criollo local y el 10% a maíz híbrido externo a la región

Por otro lado, las tortillerías utilizan maíz y harina producida fuera de la cuenca, del volumen total de tortillas elaboradas en las tortillerías el 94% se hacen con maíz y harina externa a las comunidades y sólo el 6% se hacen con maíz de la localidad o de otras vecinas.

La preferencia del maíz híbrido por parte de los dueños de las tortillerías se sustenta en tres causas: 1) Existe el conocimiento empírico generalizado que este tipo de maíz produce más tortillas por kilogramo, aunque no se ha comprobado que el maíz criollo rinde menos en comparación de éste, porque el rendimiento de tortilla está dado por la reducción de las pérdidas de sólidos en la nixtamalización, por el tamaño de la partícula de la masa, y por la

capacidad de absorción de agua de la masa (Iturriaga 1993, García 1994, Arámbula-Villa *et al.* 2001); 2) El abasto es constante a lo largo del año y con la cantidad suficiente que asegura que el proceso de producción de tortilla no se detenga; 3) La homogeneidad del grano híbrido facilita el procesamiento, debido a que como señala Acevedo (1997) la variabilidad en la calidad de la materia prima (maíz) para elaborar las tortillas hace necesario ajustar el tiempo y la temperatura de nixtamalización para cada lote. En un estudio realizado con maíces criollos de Puebla se encontró que hay variación en las características de las tortillas según el tipo de maíz criollo que se use (Rangel-Meza *et al.* 2004).

El sistema agroindustrial de producción de tortilla establece un flujo de abasto opuesto a lo que anteriormente sucedía: el maíz era producido en las áreas agrícolas de la región y abastecía los centros urbanos de la misma. Hoy en día más del 42% del maíz que se consume en las comunidades rurales de la cuenca pasa antes por los centros de acopio y distribución de las ciudades (Figuras 13 y 18). Esto supone un cambio fundamental en el papel que juegan las comunidades rurales pues éstas se vuelven dependientes del abasto de alimentos de las regiones agrícolas altamente productivas, y peor aún, de las ciudades que funcionan como receptoras y luego reexpendedoras hacia el medio rural, con un elevado costo social y económico. Esto ocurre porque las ciudades concentran la infraestructura del abasto, dando como resultado un sistema de abasto centralizado que muchas veces deja desprotegidas a regiones rurales al conjugarse con la dispersión y la inaccesibilidad (Bassols *et al.* 1994, Gazca 1996).

Las rutas de abasto de maíz a las comunidades de la cuenca varían en función de su posición. La parte norte se abastece principalmente de Zacapu; el este y sur de Morelia; y, el oeste de Uruapan. Los grandes productores de tortilla prefieren traer el maíz desde los lugares de producción para evitar intermediarios. En el contexto del TLC y la apertura del sector transportista Cortes (1996) menciona que el transporte de carga en el país se está modernizado según las exigencias de los nuevos mercados, pero la modernización está más orientada a la importación y no a mejorar el abasto interregional al interior del país, el cual sufre un grave estancamiento. Muestra de esto es la desorganización que se presenta en el abasto de las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro (Figura 13 y Figura 18).

Dentro de la cuenca se da una diversidad de situaciones respecto al abasto y consumo de maíz. Hay comunidades con un menor o mayor grado de dependencia de maíz externo. Esto se puede observar en la Figura 11. En las comunidades en donde la barra correspondiente al maíz procesado en tortillerías o vendido en tiendas es mayor a la barra del maíz procesado en los molinos se puede asumir que tienen una mayor cantidad de maíz no producido en la comunidad. Esto significa que actualmente hay algunas comunidades que no son autosuficientes en un alimento básico en la dieta. Esto puede ser porque no hay la producción suficiente o porque el maíz local no está integrado a la elaboración industrial de tortillas, tal como se ve en la Figura 22, la cual muestra que en las tortillerías se usa principalmente maíz externo a la cuenca. La dependencia de maíz externo tiene relación con el tamaño de la comunidad (Figura 17). A medida que la población crece el maíz producido localmente no alcanza para satisfacer la demanda, además de que la población cambia sus actividades hacia el sector primario y secundario.

La estimación de producción de maíz en las comunidades de la cuenca asciende a 7692 ton aproximadamente. El maíz procesado en los molinos anualmente se estima en 1454 ton, pero de esta cantidad 165 ton corresponde a maíz que se compra en las tiendas que a su vez proviene de fuera de la cuenca. Las tortillerías utilizan 61 ton anuales de maíz local. En global del total de maíz local disponible solo se usa para consumo humano 1350 ton, que corresponde al 17.5% del total disponible estimado. La cantidad restante, 6342 ton, se usan predominantemente para el consumo animal y una pequeña parte se vende a las ciudades. Estas estimaciones indican que el maíz producido en las comunidades puede abastecer la demanda interna para consumo humano, pero que por los motivos ya expuestos los tortilleros no lo utilizan y tiene que importar maíz de otras regiones. Además esta situación observada a escala de las comunidades en su conjunto varía en cada comunidad en particular, mientras algunas tienen excedentes de maíz otras tienen un fuerte déficit, por ejemplo Ihuatzio y Jaracuaro. Por lo que se requeriría reactivar el mercado regional (a escala de la cuenca) como existía antes para que todas las comunidades cubrieran sus necesidades.

Los datos presentados sobre los porcentajes de consumo por tipo de tortilla son una fotografía agregada de la situación actual. Pero es posible hacer algunas conjeturas a cerca

de las tendencias en el consumo de maíz basadas en: la fecha de instalación de los molinos y las tortillerías en la región (Figuras 20 y 21), y en la proporción que hay de uno y otro establecimiento según el tamaño de la comunidad (Figura 16). Es evidente el incremento de las tortillerías en la década de los noventa y su paulatina desaceleración. Como se mencionó, este aumento fue provocado por la desregulación del gobierno en el mercado de la tortilla y por el apoyo a su industrialización (Mitastein 1996, Torres 1996). Además, el cambio en las actividades productivas de las comunidades demanda también mayores cantidades de tortilla elaboradas fuera de casa, esto se observa en las comunidades de mayor población en comparación con las de menor número de habitantes. Lo anterior nos puede sugerir que en el futuro se incrementará el consumo de tortilla industrial en detrimento de la elaborada de forma tradicional. Sin embargo, hay otros factores a considerar como la preferencia del consumidor, la cual está basada en gran medida en la cultura. Esto explica la importancia actual de las tortillas hechas a mano que se venden por un precio superior que las de máquina (Astier 2004). Por otro lado la producción de maíz para el autoconsumo de la familia rural sigue siendo un asunto de seguridad vital, que se sostiene aún invirtiendo más, en términos financieros, de lo que se produce. Por lo que no corresponde a únicamente a una lógica productivista (Barkin 2003).

6.2 El sistema a escala de la comunidad: San Francisco Pichátaro

6.2.1 El sistema alimentario comunitario

San Francisco Pichátaro (Ubicación en la Figura 8) es una comunidad en donde existen los dos subsistemas alimentarios de maíz. Se siembra maíz y la cosecha, casi en su totalidad, es consumida dentro de la comunidad. Pero también hay tres tortillerías que introducen maíz y harina nixtamalizada de las principales regiones agrícolas del país. Sin embargo, estos dos subsistemas se mantienen casi por completo separados uno del otro. En la etapa de consumo hay interacciones debido a que las tortillerías utilizan un poco de maíz de la comunidad (cantidad que no pudo ser cuantificada, pero los dueños aseguran que es poco), y por otro lado un 10% de las familias de la comunidad consumen tanto tortillas hechas a mano y elaboradas con maíz local, como tortillas compradas en la tortillería. Pero las tortillas tradicionales elaboradas en las casas se hacen sólo con maíz de la comunidad, y el que introducen los dueños de las tortillerías es sólo para su uso.

De acuerdo con la encuesta realizada, el 73% de los hogares consumen sólo tortillas hechas a mano, el 17% consumen sólo de tortillería y el 10% comen tanto hechas a mano como de tortillería. De las familias que consumen tortillas hechas a mano el 93% las hacen en la propia casa y el 7% restante las compran hechas. Las familias que hacen sus propias tortillas el maíz lo consiguen de la siguiente manera: el 39% siembran el maíz, el 55% lo compran en la misma comunidad y el restante 6% lo obtienen en el tiempo de la cosecha ayudando a los que lo siembran. La costumbre es que a los que cosechan el maíz se les paga con un costal de acuerdo a lo que cosechan y a los que ayudan a acarrearlo con su carreta o camioneta también se les dan un costal por cada 10 transportados.

En la comunidad de Pichátaro el porcentaje de tortilla hecha a mano con base en cantidad de maíz utilizado es de 85% (Figura 23), mientras que el promedio de la cuenca es 58% (Figura 22). Esto significa que en Pichátaro es más importante el subsistema tradicional del maíz que en el promedio de todas las comunidades de la cuenca.

El 85% (tortillas hechas a mano) el 79% se hacen en los hogares y el 6% se compran (columna tres, Figura 23). Todas las tortillas hechas a mano se elaboran con maíz de la

comunidad. En lo que referente a las tortillas de tortillería (15%) el 11% corresponde a maíz y el 4% a harina nixtamalizada. El maíz que usan las tortillerías se produce en Sinaloa (5.5%), Ciénega de Chapala (3.2%) y el Bajío (2.3%).

El consumo per cápita de maíz es de 430g/día (e. e. 20.12 gr/día). El consumo de tortilla hecha en tortillería es de 455 g/día (e. e. 31.35 gr/día). Que a su vez equivalen a 259 g/día de maíz y a 76 g/día de harina nixtamalizada, de acuerdo con las proporciones medias de maíz y harina que utilizan en las tortillerías de la comunidad.

En términos de consumo anual, el sistema alimentario de maíz en la comunidad de Pichátaro tiene las siguientes cifras, considerando la población del censo de 2000 (4627 pobladores): se consumen 700 toneladas anuales de maíz, de las cuales 598 ton (85%) son producidas en Pichátaro; 33 ton (5%) proceden de una bodega de Uruapan; 44 ton (6%) de un comercializador de Zamora y 25 ton (4%) corresponden a harina nixtamalizada de las plantas de Guadalajara Jalisco y Silao Guanajuato. Las cifras en términos relativos se pueden ver en la Figura 24.

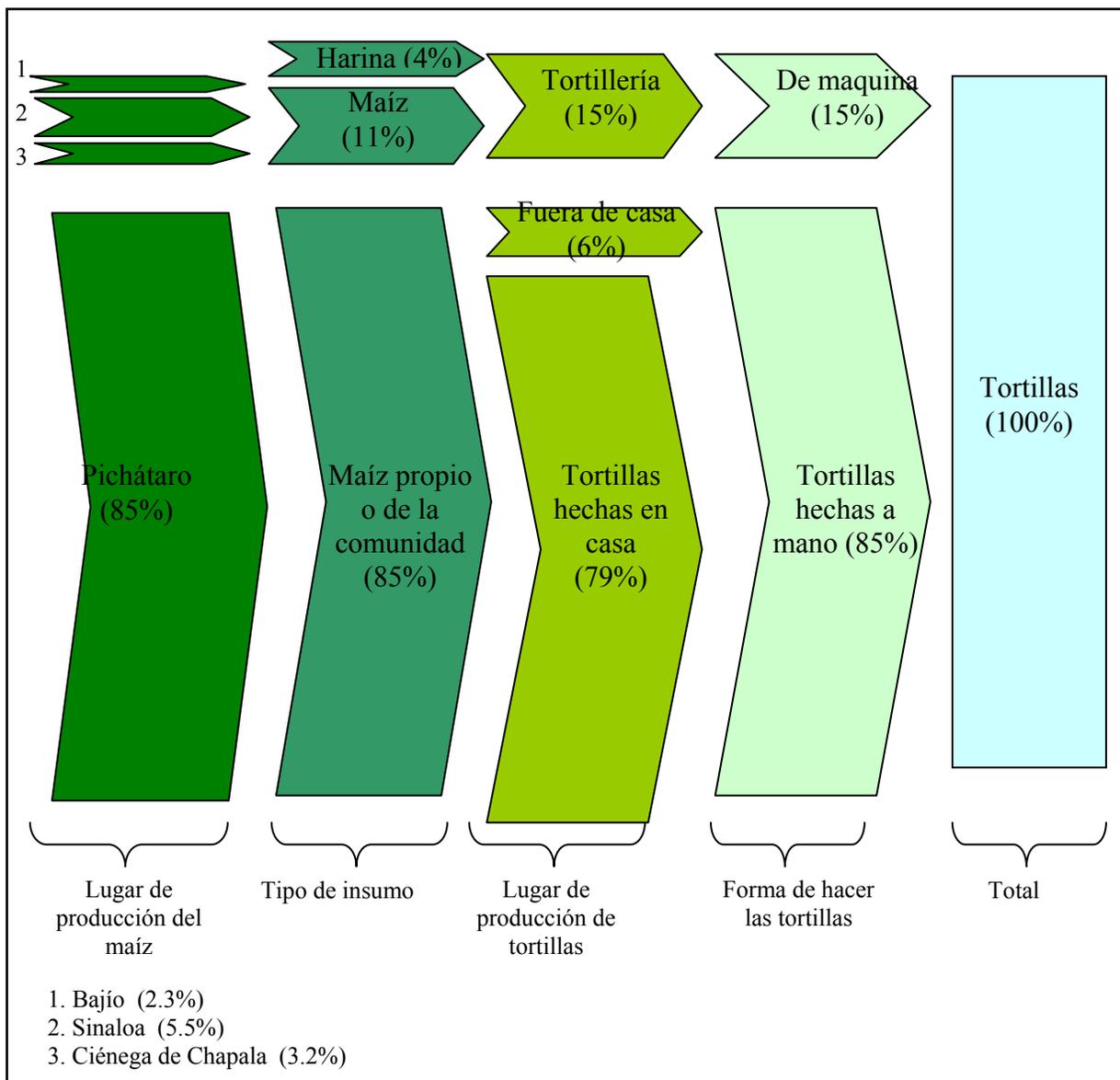


Figura 23. Tipo de tortillas y origen del maíz utilizado en los hogares de San Francisco Pichátaro

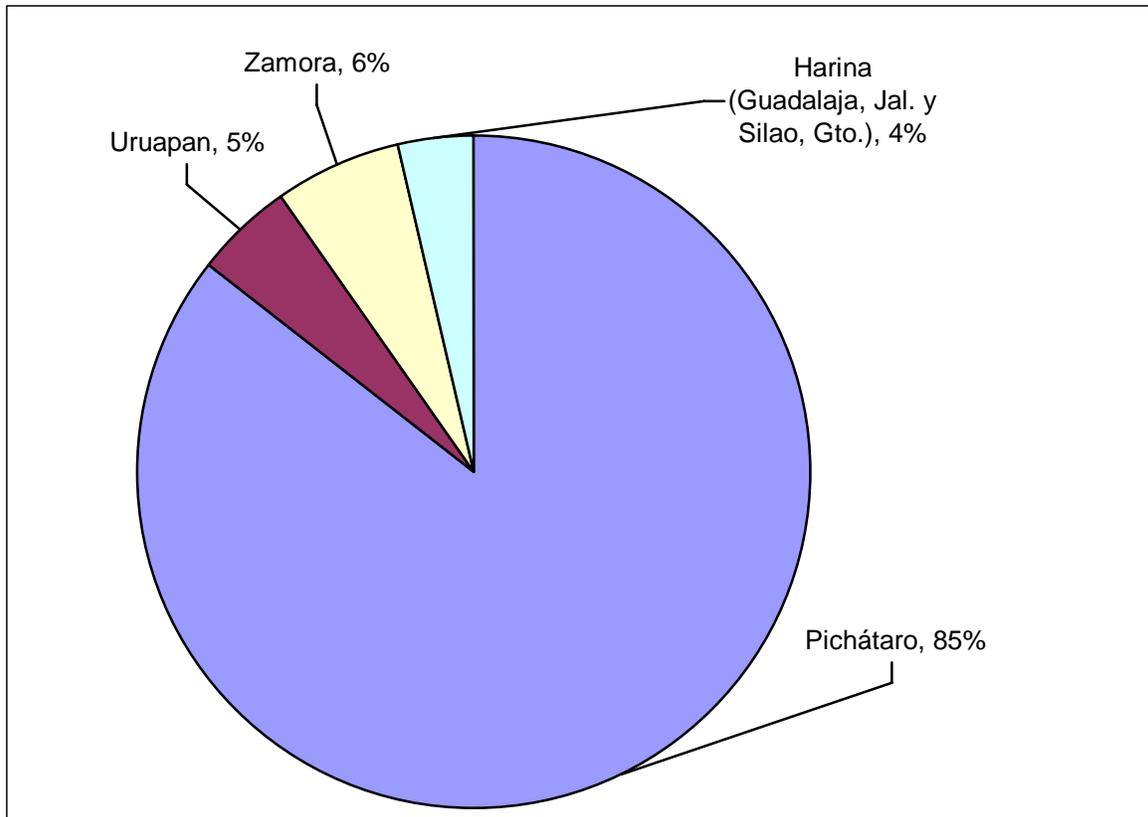


Figura 24. Lugar de abasto del maíz utilizado anualmente en San Francisco Pichátaro

6.2.2 El subsistema tradicional

En la comunidad de Pichátaro durante el ciclo agrícola del año 2005 se sembraron 422 has, mismas que tuvieron un rendimiento promedio de 882 ± 84 kg/ha, lo cual da una producción total de 372 ton. Este rendimiento promedio corresponde al reportado por Ramírez (1987) 900 kg/ha; mientras que Barrera-Bassols (2003) señala que el rendimiento puede ir de menos de los 900 kg/ha en las áreas altas o de temporal a los 3000 kg/ha en los valles intermedios con buena humedad; Álvarez-Icaza *et al.* (1993) reporta que el promedio en la región purhépecha es de 1300-1400 kg/ha. El rendimiento en el año 2005 se vio afectado por la baja precipitación. El maíz producido en el ciclo del año 2005 se consume durante año 2006, por lo que se esperara un año con escasez de maíz. Según la necesidad estimada de 700 ton, las 372 ton sólo alcanzan para poco más de la mitad de la demanda. Será necesario importar más maíz a la comunidad para abastecer el aumento de la demanda de tortilla hecha en la tortillería.

El cultivo de maíz sigue presentando características netamente tradicionales, mezclado con algunas tecnologías modernas tales como el uso de maquinaria agrícola para la preparación del suelo, el uso de fertilizantes químicos y herbicidas. A continuación se describe de forma general el proceso productivo del cultivo de maíz durante el ciclo del año 2005.

El ciclo de cultivo inicia con el barbecho de la tierra (arado). En el ciclo 2005, el 93% de los campesinos usaron tractor y el 7% usaron yunta. La temporada ideal para esta actividad es de noviembre a enero, pero algunas veces se alarga hasta abril. La siguiente actividad es la cruza (rastreo), la cual se realizó por el 57% de los campesinos, mientras que el restante 43% no la hicieron. El 100% utilizó tractor para la cruza. La siembra se realizó entre el 31 de marzo y el 15 mayo. El 100% del maíz utilizado para siembra fue criollo y se sembró una media de 20.4 ± 1.5 kg/ha. El 60% de los campesinos sembraron a mano con tracción animal de yunta (bueyes) o caballos y el 40% utilizó el tractor. Así mismo el 30% no fertilizó durante la siembra; el 43% utilizó fertilizante fosfato diamonio (18-46-00 DAP, por sus siglas en inglés) aplicando en promedio 107 ± 13 kg/ha; y el restante 27% de los campesinos fertilizaron con estiércol de vaca, caballo, borrego o gallina aplicando en promedio 3240 ± 396 kg/ha.

Al inicio de las lluvias se realizó la primera escarda. En el ciclo estudiado el 83% utilizó tracción animal (bueyes o caballos) y el 17% utilizó tractor. Después de la escarda se puede volver a fertilizar o fertilizar por primera vez si es que no se hizo durante la siembra. De los que no fertilizaron en la siembra, el 45% fertilizó en este momento y la mitad utilizaron fertilizante químico (sulfato de amonio o urea) y la otra mitad utilizó estiércol. De los campesinos que habían fertilizado en la siembra el 43% volvió a fertilizar y utilizaron fertilizante químico principalmente (90%) el resto utilizó sólo estiércol. La segunda escarda normalmente se realiza entre los meses de junio y julio. En este ciclo, por la escasa lluvia que atrasó la primera escarda y no todos los campesinos realizaron la segunda escarda, sólo el 53% la practicaron y todos con tracción animal. El control de arvenses se dio de la siguiente forma: un 90% lo hizo a mano, con azadón o machete y el 10% utilizó algún tipo de herbicida.

La cosecha del maíz se realizó entre los meses de diciembre y enero. Ésta se hizo de forma manual separando la mazorca de la planta, sin tumbar la mata. Las mazorcas se echaron en “chundes” o canastos y después se pasaron a costales de ixtle. Los costales llenos de mazorcas se llevaron en camionetas para la casa.

Los lugares donde se guarda el maíz son los tapancos de las trojes, o los pasillos de las casas. Una vez colocada la cosecha en estos sitios se marca una división en la actividad agrícola. El trabajo en el campo, desde la siembra hasta la cosecha es dirigida por el hombre; pero una vez que el maíz es puesto en la casa, la mujer es quien se encarga de su manejo hasta la elaboración de las tortillas; excepto para el control de plagas y el desgrane, actividades en las que participa también el hombre.

Una vez en casa el maíz se desgrana a mano o en olotera (artefacto hecho con olotes amarrados fuertemente en posición transversal, por el lado inferior del olote se raspan las mazorcas para que desgranen). Es común que el maíz se desgrane como se va necesitando, pero cada vez se usa más desgranar mucho cuando el maíz recién se cosecha para venderlo o almacenarlo en un menor espacio.

Para hacer las tortillas el maíz ya desgranado se nixtamaliza, proceso que consiste en cocerlo con cal y agua a fuego lento. La cocción se realiza en un fogón tradicional (3 piedras) (50% de las familias entrevistadas) o en un fogón modificado, llamado localmente chimenea, que puede ser de tabique, concreto piedras o adobe. La diferencia principal entre el fogón de tres piedras y el segundo es que el primero está a ras del piso y el segundo está sobre un banco a la altura de una mesa y en ocasiones tiene un chacuaco para sacar el humo fuera la cocina. La nixtamalización lleva en promedio 44 ± 2 min al fuego y unas 12 horas de reposo. Un 45% de las familias lo hacen en olla de metal (aluminio o hierro) y el 55% en olla de barro. Al día siguiente, el nixtamal se lava y se lleva al molino para convertirlo en masa.

En la comunidad hay 6 molinos, según la encuesta realizada; éstos muelen un promedio de 1735 kg/día de masa. Sin embargo, de acuerdo con la encuesta a los hogares y a la población total reportada por el censo 2000 se deberían de procesar en promedio 1637

kg/día de maíz, que equivalen a una cantidad de masa entre los 2946 y los 3437 kg/día. Esta diferencia se atribuye principalmente a los datos aportados por los dueños de los molinos, los cuales están por debajo de los reales. Las amas de casa regresan del molino con la masa lista para hacer las tortillas, es común que se agregue harina de trigo para mejorar la consistencia de la masa, un 38% de las mujeres lo hace. Años antes era común llevar el nixtamal al molino junto con un puño de trigo remojado, actualmente sólo el 10% de las entrevistadas lo hace. Otra práctica es agregar harina nixtamalizada (“maseca” o “minsa”), el 7% de las entrevistadas lo hace.

Las tortillas se hacen sobre un comal de barro en el mismo fogón donde se coció el nixtamal. El combustible utilizado corresponde en 47% a pino (*Pinus spp.*), 32% a encino (*Quercus spp.*) y 21% a ambos e incluso se usan olotes (*Zea Mays*), tepamo (*Alnus spp.*) y otras. Estas mismas proporciones de uso de leña se usan en la nixtamalización. El tiempo promedio para hacer las tortillas es de 11.2 ± 1 min/kg. De acuerdo con la encuesta realizada en los molinos, el consumo *per cápita* de maíz es de 442 ± 3 g/día; esta estimación está un poco arriba de la realizada con la encuesta a los hogares que fue de 430 ± 20 g/día), pero por los límites de confianza no hay diferencia significativa para $\alpha = 0.05$.

6.2.3 El subsistema agroindustrial

A diferencia del subsistema tradicional, la producción de maíz en este subsistema se ubica en las regiones con producción comercial, el maíz que llega a Pichátaro se cultiva en el norte de Sinaloa y sur de Sonora (Noroeste de México); y en el centro occidente del país: en la Ciénega de Chapala (Jalisco) y en el Bajío (Guanajuato). En la primera región, el maíz se cultiva en el ciclo otoño-invierno, la cosecha ocurre entre los meses de Enero y Septiembre; en la segunda zona se cultiva en primavera-verano y la cosecha se hace entre Mayo y Marzo. Esta integración de los ciclos de cultivo asegura el abasto nacional a largo del año (FIRA 1998).

En las zonas productivas del noroeste de México, Así como en Jalisco y el Bajío el maíz se siembra utilizando el paquete tecnológico de la agricultura convencional, con uso intensivo de capital y tecnología para producir mayores cosechas a menor precio (FIRA 1998). En el

Cuadro 20 se muestran tres paquetes tecnológicos típicos de cada una de las regiones, así como su rendimiento promedio.

Cuadro 20. Paquetes tecnológicos típicos para la producción de maíz en el Noroeste, El Bajío y la Ciénega de Chapala

Actividad	Unidades	Noroeste	El Bajío	Ciénega de Chapala
Preparación de suelos				
Labranza	Paso	5	4	1
Siembra				
Semilla mejorada	kg	30	20	25
Siembra		Mecánica	Mecánica	Mecánica
Fertilización				
Fertilizantes	kg	779	522	1036
Aplicación manual	Jornales	1	2	4
Aplicación mecánica	Paso			1
Labores culturales:				
Escarda	Paso	2	2	
Deshierbe	Jornales	1	4	
Vigilante	Jornales	3		
Riego y drenaje:				
Agua	cm	50	15	
Riegos	Jornales	5.5	3	
Labores de preparación	Jornales	3	2	
Control de plagas				
Asistencia técnica	Jornales	1		0.5
Insecticidas	kg	1.25	2	21.25
Aplicación mec/manual	Paso/jornales	1	4	1
Control de arvenses				
Herbicidas	kg		4.66	5.5
Aplicación manual	Jornales		4	0.5
Aplicación mecánica	Paso			1
Cosecha				
Trilla		Mecánica	Mecánica	Mecánica
Rendimiento (kg/ha)		10000	6200	7400

El maíz cosechado tanto en el noroeste como en el centro occidente del país, es acopiado en las bodegas 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.

En la bodega de Zamora el manejo de maíz se da de la siguiente manera. El maíz se compra en dos temporadas, una de las cuales es de noviembre a enero de la región del Bajío y de la Ciénega de Chapala. Este maíz debe salir de la bodega a más tardar el mes de mayo. La otra

temporada es entre mayo y julio, cuando se compra en Sinaloa. El maíz se transporta en camiones de 20 y 40 ton o en furgones de ferrocarril hasta La Barca, Jal. Como esta empresa también abastece a los estados de Zacatecas, Jalisco, Guanajuato y Estado de México, planea sus entregas con anticipación para evitar lo más posible el acarreo innecesario del grano. En cada temporada de cosecha se manejan entre 15 y 20 mil ton. Las instalaciones en Zamora miden 2 has, las bodegas ocupan 0.75 has, son tres bodegas con una capacidad de 6500, 5500 y 5000 ton cada una; el terreno restante se usa para el patio de maniobras y una pequeña parte para la oficina.

El maíz que llega a la bodega es transportado por un camión, el cual descarga en una rampa. El maíz cae en una tolva de donde es elevado y distribuido a las bodegas por un gusano eléctrico. La capacidad de descarga y distribución a la bodega es de 80 ton/hora. Ya dentro de la bodega el maíz se protege contra plagas aplicando 5 pastillas de fosforo de aluminio por tonelada de grano. Si el maíz tiene mucha humedad, arriba del 14%, se debe secar, para lo cual se utiliza una secadora de gas que tiene la capacidad de 15 ton/h. Una vez almacenado el grano, se envasa lo más pronto posible. Primero se limpia por viento generado en una turbina, luego es elevado hasta la maquina envasadora la cual deposita los costales de 50 kg c/u en el camión para su transporte. La capacidad para envasar y cargar es de 40 ton/h. El transporte para la comunidad de Pichátaro se hace en camiones de 10-15 ton.

Por otro lado, el maíz que procede de Uruapan los intermediarios lo compran en bodegas de mayoristas en las ciudades de La Barca, Jalisco, y de Zamora o La Piedad, Michoacán. Para el caso de Zamora se trata del mismo distribuidor que se describió en párrafos anteriores. Para el caso de La Piedad o La Barca se trata de bodegas que siguen el mismo patrón de abastecimiento que el descrito, cada una en su respectiva área de producción.

Con respecto a la harina nixtamalizada utilizada en la comunidad de Pichátaro, ésta proviene de un distribuidor de Uruapan, el cual a su vez la obtiene directamente de las plantas de Guadalajara, Jalisco o de Silao, Guanajuato. El Transporte de la harina nixtamalizada se hace en camiones de 18 a 25 toneladas desde las plantas hasta el almacén de la ciudad de Uruapan. Las fábricas de harina nixtamalizada usan de preferencia el maíz

que se produce en su propia región para reducir los costos de transporte; sin embargo, la oferta de maíz del área no es suficiente y recurren a la producción de Sinaloa.

En Pichátaro el subsistema agroindustrial continúa en las tortillerías, allí existen tres. Dos son del mismo dueño y parte del proceso lo maneja en conjunto. La nixtamalización, la molienda y el mezclado de la masa con la harina se hace en un solo local, donde esta la tortillería más productiva, en el centro del poblado. Para la otra tortillería, a la orilla del pueblo, transporta la masa ya preparada. Por esta razón se consideran sólo dos tortillerías en total, pero una con dos sucursales. La producción y los insumos utilizados en las dos tortillerías se presentan en el Cuadro 21. Las cantidades mostradas no corresponden a las estimadas con base en la población total, al parecer los tortilleros no reportaron el total de tortillas que producen. Cada una de las dos tortillerías abastece cerca de la mitad de la demanda de tortillas de hechas en máquina, pero hay diferencia en la proporción de maíz y harina de maíz que utilizan.

El proceso de producción de tortillas inicia con la nixtamalización del maíz, que al igual que en la escala familiar, se pone a cocer durante unos 40 minutos en una paila con agua y cal. Éste reposa toda la noche y a la mañana siguiente se lava y se muele. A la masa se le agrega la harina y un poco más de agua hasta tener una mezcla homogénea. La masa se coloca en la tolva de la máquina tortilladora y se recogen las tortillas a la salida de la misma. La máquina consta de dos motores eléctricos, uno que mueve el cabezal, que corta las tortillas, y otro que mueve la banda en la que se cuecen las tortillas. El combustible que se usa para la cocción es el gas LP.

Cuadro 21. Producción e insumos utilizados en las tortillerías de San Francisco Pichátaro, según los datos aportados por los dueños de las tortillerías

	Producción de Tortillas			Proporción masa		Consumo maíz		Consumo harina	
	kg/día	ton/año	%	Maíz	Harina	kg/día	ton/año	(kg/día)	ton/año
Tortillería 1	105	38.3	43%	0.89	0.11	70	25.6	8.6	3.1
Tortillería 2	140	51.1	57%	0.66	0.34	66	24.2	34.8	12.7
Total	245	89.4	100%			136	49.8	43.4	15.8

La costumbre de los consumidores es obtener las tortillas a la hora de las comidas, por esta razón entre las 10:00 y las 11:00 horas y las 15:00 y las 16:00 horas es cuando hay más demanda de tortilla, en esos lapsos las máquinas funcionan continuamente.

6.2.4 Discusión

En la comunidad de Pichátaro el abasto de maíz depende mayoritariamente de la producción local. Sin embargo, ante la variación del clima y por ende de las cosechas el subsistema agroindustrial amortigua y proporciona un abasto seguro durante todo el año. En el año agrícola 2005 se obtuvieron rendimientos por debajo de los promedios reportados por los autores Barrera-Bassols (2003) 0.9 a 3.0 ton, Álvarez-Icaza *et al.* (1993) 1.3 a 1.4 ton/ha, CREFAL (1994) 1.9 ton/ha. Por lo que se deberá considerar esta variación en los rendimientos para hacer las estimaciones y las comparaciones entre el subsistema tradicional y el agroindustrial.

Por el tipo de maíz consumido (según su abasto) la comunidad de Pichátaro es diferente a la cuenca de Pátzcuaro en general. El 85% del maíz consumido en Pichátaro se produce al interior, mientras que en toda la cuenca el maíz local representa el 61%. Además el mercado interno de maíz en la comunidad equivale al 60% del total de maíz consumido. Aunque en las comunidades de toda la cuenca no se pudo determinar este porcentaje con fiabilidad en las tiendas se vende menos del 1.5% de maíz local. Esta diferencia en el abasto quizá se debe a la condición indígena de la comunidad y al arraigo del consumo de tortillas hechas a mano y con maíz local. Al cual consideran de calidad superior respecto del maíz comprado.

Además en este estudio quedaron fuera los variados usos alimenticios del maíz al interior de la comunidad. Barrera-Bassols (2003) describe a detalle la diversidad de maíces criollos, la cual también se expresa en una gran variedad de platillos, que forman parte del sistema alimentario del maíz a escala comunitaria. Sin embargo, su estudio particular merece una investigación propia y necesaria.

Así mismo, en la comunidad no hay una interacción evidente o flujos de intercambio entre los dos subsistemas. El maíz que se produce localmente se usa en los hogares y éstos no adquieren maíz del exterior. Por el contrario las tortillerías usan el maíz producido en otras regiones agrícolas del país y no adquieren maíz local. Sin embargo, esta independencia entre subsistemas no se reproduce en todas las comunidades de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro con tanta claridad como en Pichátaro.

Bajo el término de producción agrícola tradicional se agrupa a un conjunto de campesinos de la comunidad que no tienen el mismo patrón tecnológico. Pero hay que considerar que algunas de las características de la agricultura tradicional son: 1) una amplia experiencia empírica que ha configurado las prácticas actuales, 2) un profundo conocimiento del medio por parte de los productores, 3) la transmisión de habilidades y conocimientos a través de la educación no formal, 4) un acervo cultural en población que se dedica a la agricultura (Hernández 1987). En Pichátaro ha habido la incorporación de la tecnología moderna en tres actividades principales: el uso del tractor para hacer la labranza primaria, el uso de herbicidas para controlar las malezas y el uso de fertilizantes químicos. Sin embargo, hay agricultores que si bien han incorporado el uso tractor para la labranza primaria, siguen usando las labores culturales y el chaponeo para combatir las arvenses y no utilizan fertilizante químico. El uso de semilla criolla y la cosecha a mano son las dos prácticas en donde no se ha incorporado tecnología moderna. Pero aún y con la incorporación de estos elementos productos de los avances científicos la práctica agrícola sigue teniendo características tradicionales de acuerdo con Hernández X (1987).

Los datos obtenidos en este estudio permiten hacer una comparación del uso de la tecnología moderna en dos comunidades de la meseta Purhépecha. En la comunidad de Cherantzicurin, ubicada en la meseta Purhépecha, se hizo un estudio energético donde se

describió el tipo de tecnología empleada en las labores agrícolas hace 20 años (Masera *et al.* 1987). Las tendencias, si consideramos al estudio de Cheranatzicurin como un estado anterior, son mayor uso de tracción mecánica en las labores de preparación del suelo. En el barbecho, antes el 73% de los campesinos uso tractor y ahora en Pichátaro lo hizo el 93%; la cruz a pasó de 61% con tractor a un 100%. Sin embargo, en la siembra y las labores culturales la tendencia es a la inversa. En la siembra el uso del tractor es menor ahora que antes, pues pasó del 62% a 40% de los agricultores; la escarda pasó de 39% a 17%; y la segunda escarda ahora todos los que la realizaron usaron tracción animal y antes el 43% uso tracción mecánica.

Estos cambios en la adopción de la tecnología indican que no porque la tecnología esté disponible la adopción será completa. Existen causas de peso desde la lógica campesina para preferir la tracción mecánica en las labores más pesadas, pero también para revalorar e incluso recuperar el uso de tracción animal para aquellas labores donde es ventajoso. Y definitivamente ni siquiera intentar incorporar la tecnología en aquellas labores en donde por las propias características del sistema es inoperante, por ejemplo, el uso de cosechadoras mecánicas para el maíz.

Por otro lado la agricultura tradicional que se practica en la comunidad se diferencia claramente de la producción agroindustrial porque obedecen a dos objetivos distintos: la primera busca abastecer de alimento a la unidad familiar y la segunda busca producir un bien para el mercado. En la primera la lógica la ganancia monetaria no esta incluida mientras que en la segunda sí. Está es una de las características que proponen Toledo *et al.* (2002), para diferenciar la producción campesina de la agroindustrial.

Históricamente el sistema de abasto de la cuenca del lago de Pátzcuaro se integraba regionalmente. Pichátaro era una comunidad que abastecía de maíz a comunidades de la ribera del lago a través del mercado de Erongarícuaro (Stanislawski 1950). Las comunidades productoras de maíz estaban integradas en un mercado regional con sus comunidades vecinas con las que intercambiaban otros productos en las que eran deficitarias. Sin embargo, hoy las relaciones comerciales de las comunidades a través del

maíz se han roto. El principal abasto de maíz para las tortillerías proviene de fuera de la cuenca y ocurre por las causas ya comentadas en el apartado anterior.

La elaboración de tortillas en casa es una tarea que requiere un trabajo físico arduo y que ocupa mucho tiempo de la esposa. En una comunidad Purhépecha se estimó casi una hora diaria, sin considerar el tiempo en lavar el nixtamal y llevarlo al molino (Maserá *et al.* 1987). En las comunidades rurales la elaboración de tortillas a menudo organiza la dinámica de la vida doméstica (Novelo y García 1987). Por lo tanto la producción de tortillas en máquinas libera mano de obra en la familia y permite que la mujer se incorpore al trabajo remunerado, sea en el hogar, como en el caso de los talleres artesanales; o fuera de él principalmente en el sector de los servicios. Una clara evidencia de esto es que el perfeccionamiento de las máquinas tortilladoras ocurrió precisamente en la década de los años cincuenta cuando la industrialización del país requería de la mano de obra femenina ocupada en las labores del hogar (Novelo y García 1987). Es por esto también que hay una relación entre las comunidades más grandes, con población dedicada a las actividades secundarias y terciarias y la mayor producción de las tortillerías.

Stanislawski (1950) reporta la existencia de 10 carpinterías en todo el poblado. Barrera-Bassols (2003) reporta el 24 % de los hogares dedicados a la carpintería y el 28% a la agricultura, menciona la existencia de 300 carpinterías. Aunque en la segunda mitad del siglo pasado la población creció a tasas nunca presentadas estas fueron menores a la tasa de aparición de carpinterías. Hoy la elaboración de muebles es la principal actividad económica tal como menciona autor anterior. En la década de los noventa se dio un cambio en la composición de la familia nuclear al reducirse el número de integrantes, sin embargo, el incremento neto de la población disminuyó la disponibilidad de la tierra para los hogares jóvenes. Sumado a esto las políticas nacionales que desincentivaron la actividad agrícola de subsistencia provocaron un cambio en las actividades económicas de las familias (Barrera-Bassols 2003). Por esta razón, mientras que Pichátaro a mediados del siglo XX era autosuficiente en maíz y existía un intercambio con comunidades de la ribera del lago (Stanislawski 1950), actualmente parte de la necesidad de maíz de algunos hogares se cubre con maíz externo. Este cambio puede formar parte de una estrategia para reproducir la unidad familiar, porque se dedica menos mano de obra a la producción de maíz debido a

que hay disponibilidad de tortillas baratas en términos monetarios. Además de que la disponibilidad de tierra para las familias jóvenes cada vez es menor (Barrera-Bassols 2003).

A pesar de la disponibilidad de tortillas de maquina su consumo no se ha generalizado. Aun y cuando preferirlas sobre las hechas en casa redundaría en evitar un arduo trabajo, y sin embargo no se cuenta con maíz, implica reducir el gasto en tortillas. La razón de la poca penetración de las tortillas industriales en la comunidad de Pichátaro se ubica en el plano cultural y no obedece a una lógica económica. Culturalmente se considera a las tortillas hechas a mano de mayor calidad (Iturriaga 1993) respecto de las de maquina. Además las tortillas de la casa tienen un valor simbólico derivado de cientos de años de tradición que no pueden ser borrados inmediatamente por un desarrollo tecnológico (Lind y Barham 2004).

6.3 Análisis energético

6.3.1 Uso de energía en el subsistema tradicional (Campesino)

Los cálculos del ingreso energético se hicieron para cada una de las dos etapas: la producción y el procesamiento. A continuación se presentan los datos del uso de energía para la producción de maíz en la comunidad de Pichátaro y elaboración de tortillas en los hogares.

a) Etapa de producción del maíz

La cantidad de energía que ingresa a la producción es una función directa de los insumos y las prácticas agrícolas, los cuales varían de parcela en parcela y aún con el mismo agricultor. Una forma de presentar esa variabilidad es mostrando las parcelas con el mayor y menor ingreso de insumos, estos datos se presentan en el Cuadro 22 y la Figura 25. El rango de las entradas de energía entre los dos cultivos es de 6945 MJ/ha, en porcentaje equivale a 298% respecto de la parcela con la menor entrada. Sin embargo, en la parcela de mayor uso de energía el rendimiento no se incrementa de forma equivalente, siendo solamente 75% mayor. Como se puede ver en la Figura 25 el fertilizante químico es el insumo con mayor aporte energético para la parcela con el máximo ingreso energético, representa el 52% del total de entradas al cultivo, mientras en la parcela con mínimo aporte es de 0%. En la parcela con la menor entrada de energía el concepto que más aporte energético tiene es el trabajo mecánico que representa el 73% del total. El rango en el uso de energía en una parcela y otra es de 2 MJ/kg a 6 MJ/kg y la eficiencia de 2.2 a 5. La parcela donde se usa menos energía tiene el rendimiento más bajo pero cada unidad de maíz cosechado requiere menos energía.

Cuadro 22. Rango de entradas de energía por hectárea en la producción de maíz en San Francisco Pichátaro, se muestra la parcela con las entradas mínimas y máximas

Actividad	Insumo	Parcela con mínima entrada de energía (MJ/ha)	Parcela con máxima entrada de energía (MJ/ha)
Barbecho		0	1853
Cruza		490	490
Siembra	Semilla	287	226
	T mecánico	848	848
	Fertilizante	0	2382
	T humano	7	23
Control de arvenses 1	T humano	139	8
	Herbicida	0	78
Escarda	T humano	20	7
	T mecánico	373	373
Segunda escarda	T humano	0	1
	T mecánico	0	371
Segunda Fertilización	Fertilizante	0	2461
	T humano	0	11
Transporte insumos	Transporte	0	7
Chaponeo	T humano	69	0
Cosecha	T humano	41	37
	Transporte	11	19
	Desgrane	42	74
Entradas de energía (MJ/ha)		2331	9276
Rendimiento (kg/ha)		794	1391
Uso de energía (MJ/kg de maíz)		2	6
Eficiencia energética		5	2

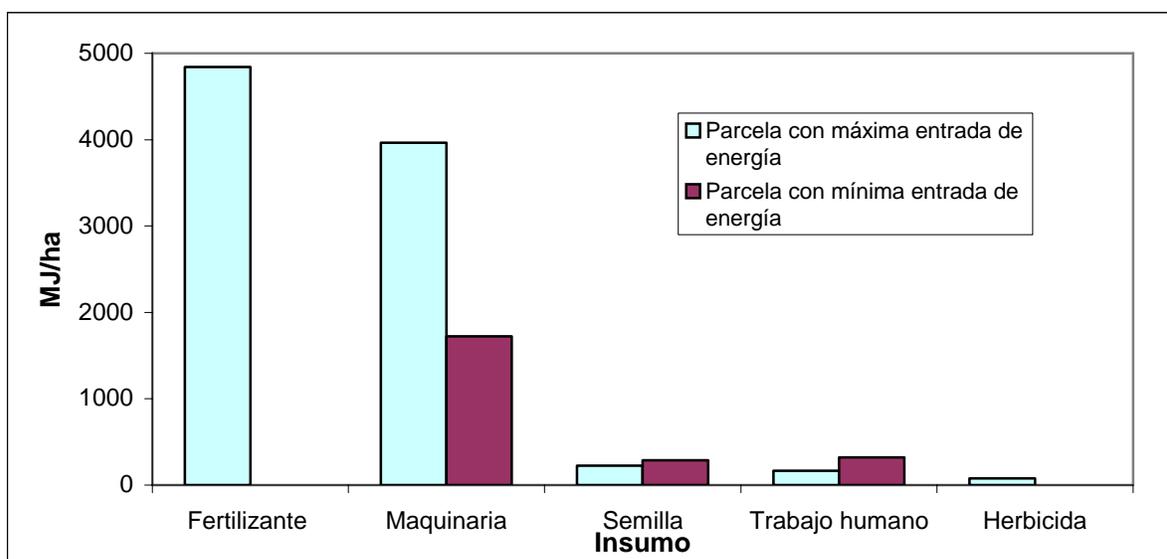


Figura 25. Parcela con mínima y máxima entrada de energía para el cultivo de maíz en San Francisco Pichátaro

La energía promedio utilizada por unidad de área (ha), así como por kilogramo de maíz y la eficiencia se muestra en el Cuadro 23. Esta media se compone del promedio de todas las actividades, no significa que en todas las parcelas se realicen todas las actividades agrícolas y se apliquen todos los insumos. En cada actividad se indican los componentes principales como son los insumos y el trabajo humano, animal o mecánico; excepto para el barbecho y el rastreo que integran tanto el trabajo mecánico como el humano.

Cuadro 23. Entradas de energía promedio por hectárea en la etapa de producción para el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro

Actividad	Insumo	Entrada promedio de energía (MJ/ha)	Desviación estándar
Limpia		1	4
Barbecho		1699	476
Cruza		294	276
Siembra	Semilla	300	119
	T animal	326	315
	T mecánico	367	427
	Fertilizante	674	895
	Estiércol	226	441
	T humano	42	39
Control de arvenses 1	T humano	59	100
	Herbicida	2	14
Escarda	T humano	32	19
	T mecánico	62	141
	T animal	285	187
Segunda escarda	T humano	10	11
	T animal	107	136
	T mecánico	31	99
Control de arvenses 2	Herbicida	9	34
	T humano	0	1
Segunda Fertilización	Fertilizante	620	865
	Estiércol	19	51
	T humano	4	6
Transporte insumos	Transporte	12	19
Chaponeo	T humano	32	44
Cosecha	T humano	34	17
	Transporte	28	37
	Desgrane	45	25
Entradas de energía (MJ/ha)		5332	1657
Rendimiento (kg/ha)		881	450
Uso de energía (MJ/kg de maíz)		6	3
Eficiencia energética		2	

En el subsistema tradicional el total de entradas de energía es de 5332 MJ/ha, con una producción de 882 kg de maíz, el uso de energía por kilogramo de maíz es de 6 MJ. La eficiencia en la producción es de 2.4; es decir por cada unidad de energía que se incorpora en la producción se obtiene 2.4 unidades en la cosecha. En términos porcentuales las principales entradas de energía, agrupadas por tipo de insumo, en la producción tradicional son (Figura 26): La maquinaria que representa el 46% (maquinas y combustibles) y el fertilizante químico (24%). Los insumos que menos energía representan son los herbicidas (0.2%) y el transporte mecánico (1%).

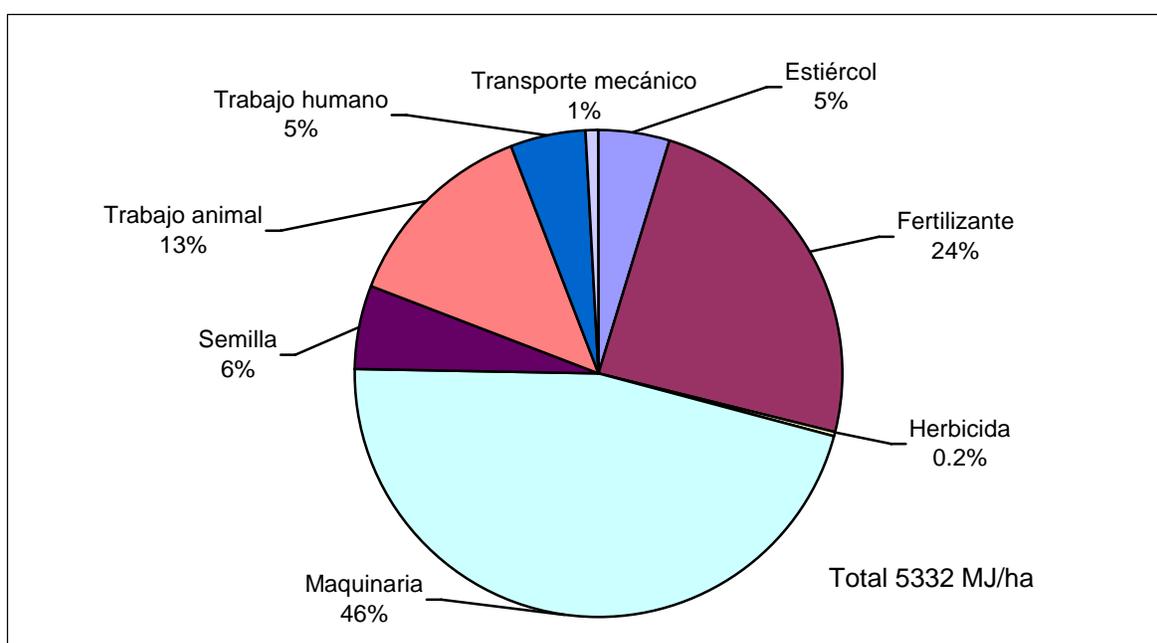


Figura 26. Entradas de energía en términos porcentuales en la etapa de producción en el subsistema tradicional

El uso de trabajo humano se muestra en el Cuadro 24. Con fines ilustrativos también se muestra el trabajo animal y mecánico utilizado en las parcelas con menor y mayor intensidad, así como el promedio. Se puede observar una gran variación en la intensidad del trabajo humano pues ésta va desde un décimo de hora hasta poco más de una hora para producir un kilogramo de maíz.

El uso promedio de combustibles fósiles se muestra en el Cuadro 25. El consumo de energía promedio de combustibles fósiles representa el 38 % del total de energía utilizada, equivale a 2.3 MJ de energía fósil por kilogramo de maíz producido. Dentro de los insumos

derivados de fuentes energéticas fósiles los fertilizantes son el principal insumo pues representan el 65% y el uso de combustibles en la maquinaria el 32%

Cuadro 24. Total de trabajo humano, trabajo animal, trabajo mecánico e intensidad de la labor humana en una hectárea de cultivo de maíz en San Francisco Pichátaro

	Parcela con mínima labor	Parcela con máxima Labor	Promedio	Desviación estándar
Labor humana (h/ha)	94.5	838.7	257.9	155.6
Trabajo animal (h/ha)	0.0	95.5	60.2	45.7
Trabajo mecánico (h/ha)	5.6	3.4	4.9	2.2
Rendimiento (ton/ha)	837.3	824.9	881.9	450.6
Intensidad de la labor humana (h/kg)	0.11	1.02	0.29	

Cuadro 25. Uso de combustibles fósiles en la etapa de producción del subsistema tradicional en San Francisco

Actividad	Insumo	Entrada de energía Promedio (MJ/ha)
Barbecho	T mecánico	414
Cruza	T mecánico	83
Siembra	T mecánico	96
	Fertilizante	674
Control de arvenses 1	Herbicida	3
1ª Escarda	T mecánico	31
2ª Escarda	T mecánico	14
Control de arvenses 2	Herbicida	9
Segunda Fertilización	Fertilizante	620
Transporte insumos	Transporte	13
Cosecha	Transporte	28
Total entradas de energía fósil (MJ/ha)		1985
Rendimiento (kg/ha)		882
Uso de energía (MJ/Kg)		2.3

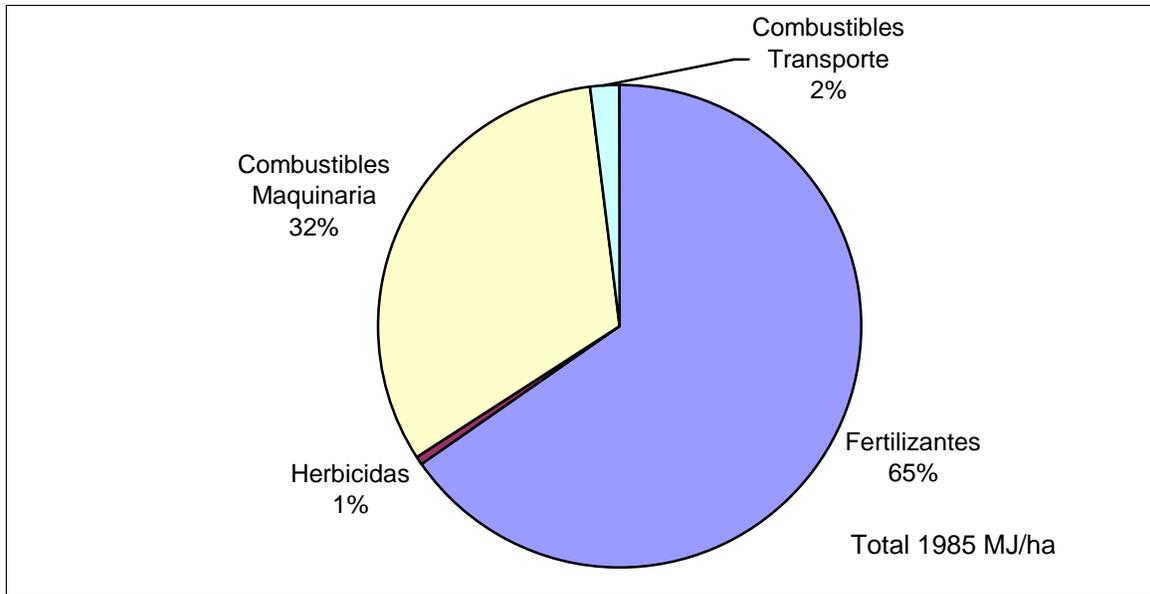


Figura 27. Entradas de energía derivadas de combustibles fósiles en porcentaje en la etapa de producción del subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro

b) Etapa de procesamiento

A diferencia de la etapa de producción, la etapa de procesamiento está a cargo de la mujer. Ésta se realiza principalmente en casa teniendo como insumos el maíz, la cal, la leña, y sobre todo el trabajo humano; el molino que se encuentra fuera del hogar es otro insumo energético importante. En el Cuadro 26 se muestran las entradas de energía por actividad e insumo, la cal no se incluyó porque se utiliza una cantidad tan pequeña que no alcanza a ser contabilizada. Las unidades de energía son MJ/Kg de tortilla producida. De esta forma por kilogramo de tortilla el total de energía utilizada es de 37.15 MJ/kg.

En términos porcentuales, en la etapa de procesamiento, la leña representa el principal insumo con un 92%, muy por arriba del la mano de obra el segundo aporte energético con el 7% y la energía comercial sólo representa el 1% por concepto de electricidad (Figura 28).

b) Energía en el proceso completo

En todo el proceso desde el cultivo del maíz hasta la elaboración de tortilla en el subsistema tradicional o campesino se tiene una entrada de energía total de 41.7 MJ/kg de tortilla, de los cuales la producción del maíz representa el 11% con 4.6 MJ (para elaborar un kilo de

tortillas se necesitan 762 gr). El procesamiento es la etapa que más requiere de energía, en particular el combustible para elaborar las tortillas, éste representa el 82% de todo el proceso; la mano de obra en la etapa de procesamiento le sigue en importancia con el 6% (Figura 29). La eficiencia total del subsistema tradicional es de 0.25, considerando un contenido energético de la tortilla de 9.45 MJ/Kg (Bourges et al.1974), el cual es menor al del maíz (14.71 MJ/Kg) (Pimentel 1996).

Cuadro 26. Entradas de energía por kilogramo de tortillas elaboradas en el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro

Actividad	Insumo	Horas	Kg	Entrada de energía (MJ/Kg de tortilla)
Nixtamalización	Trabajo humano	0.78		0.8
	Combustible (leña) ¹		0.23	4.6
	Trabajo humano recolección de leña ²	0.17		0.2
Molienda	Trabajo Humano	0.06		0.0
	Electricidad		0.03	0.1
	Producción de electricidad ³			0.2
Hacer las tortillas	Trabajo Humano	0.29		0.3
	Combustible (leña) ⁴		1.5	29.8
	Trabajo humano recolección de leña ²	1.09		1.13
Total				37.15

¹ Se utilizó el consumo promedio de leña reportado por Masera *et al.* 1987 y el coeficiente 20 MJ/Kg de leña reportado por Masera *et al.* 2005. ² Se utilizó el tiempo promedio para la recolección de leña reportado por Masera *et al.* 1987. ³ se utilizó la eficiencia de la generación de electricidad para México 2004 reportada por la SENER (2005). ⁴ Se utilizó el consumo promedio de leña reportado por Masera *et al.* 2005 y el coeficiente 20 MJ/Kg de leña reportado por Masera *et al.* 2005.

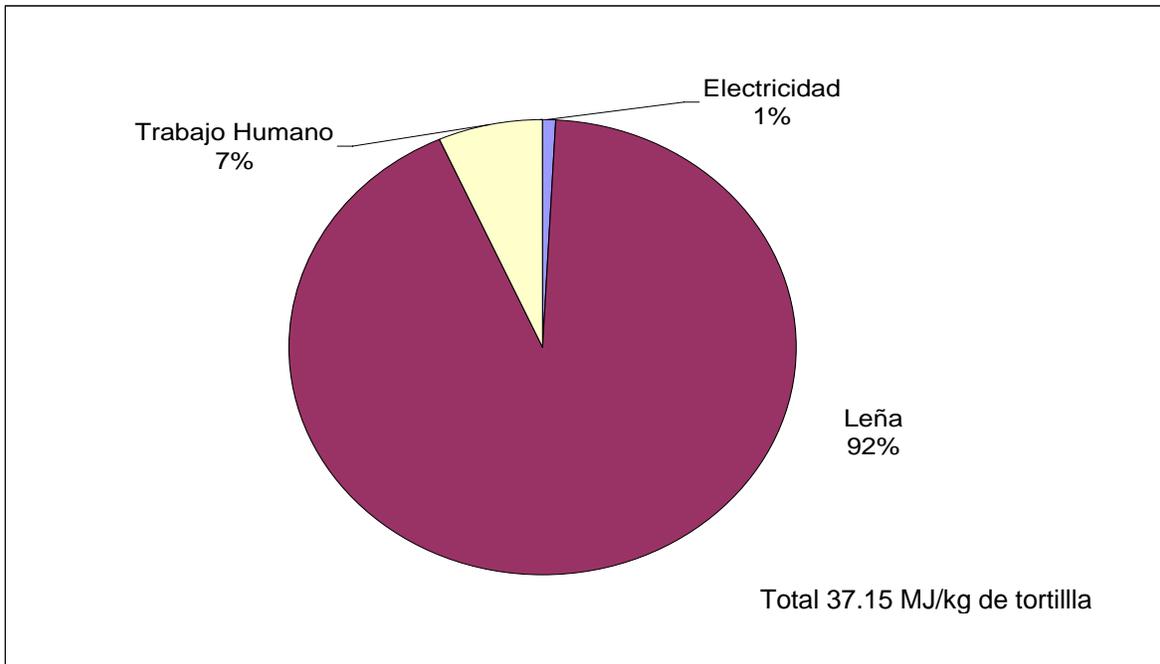


Figura 28. Entradas de energía en porcentaje en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional

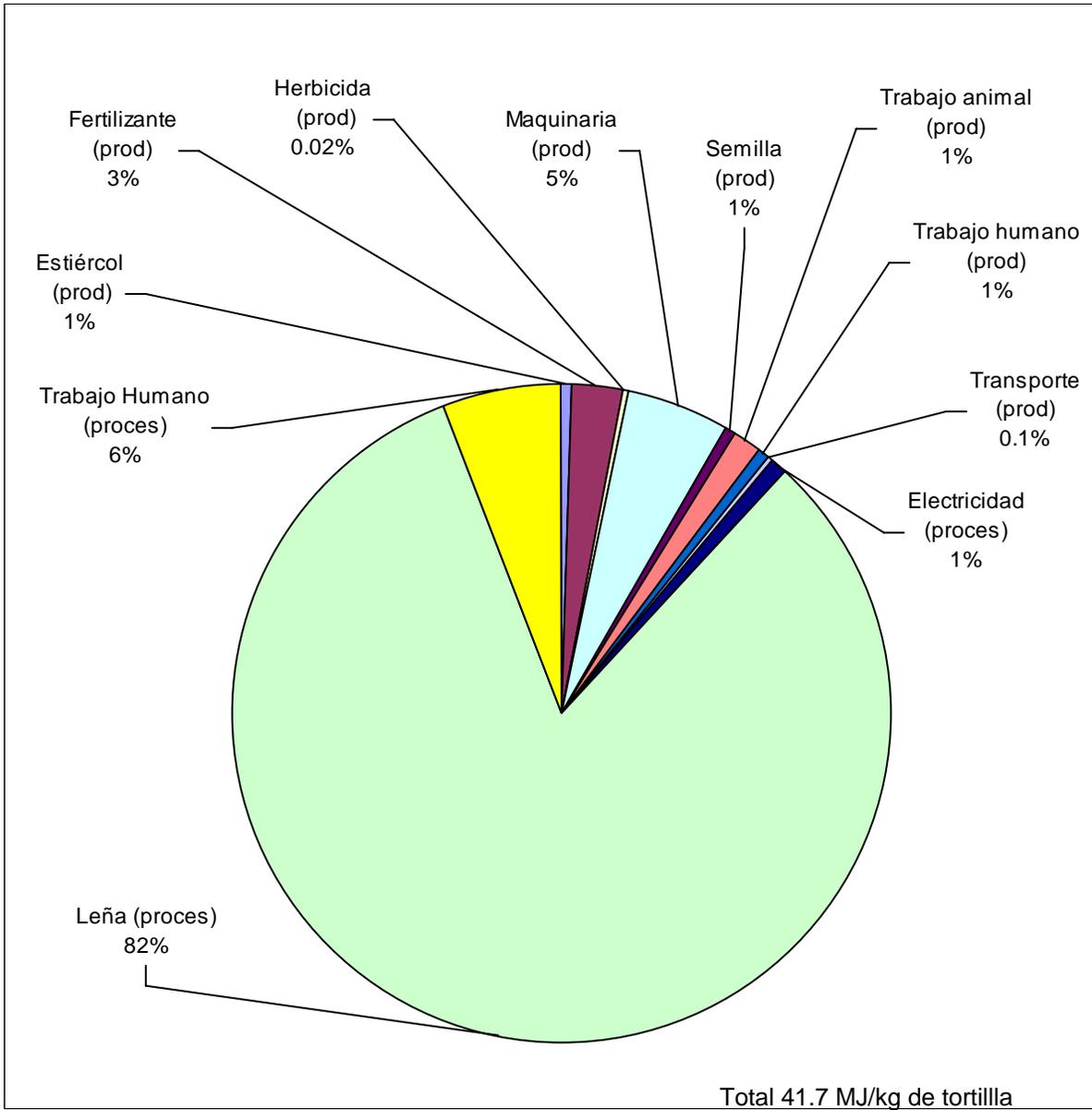


Figura 29. Ingresos de energía en porcentaje en el subsistema tradicional completo en San Francisco Pichátaro (Proces = procesamiento, prod = producción)

6.3.2 Uso de energía en el sistema agroindustrial

a) Etapa de producción del maíz

Para entender la etapa de producción en el subsistema agroindustrial hay que conocer la procedencia del maíz que se utiliza en las tortillerías. El maíz procede de dos intermediarios: 33 ton de una bodega de Uruapan y 44 ton de un comercializador de Zamora. El comercializador de Uruapan a su vez se abastece de Zamora y del Bajío, el maíz que compra en Zamora viene de Sinaloa. En cuanto al comercializador de Zamora, éste se abastece de la región de La Barca, Jalisco, durante la cosecha de primavera-verano y de Sinaloa en el ciclo Otoño-invierno. Los porcentajes estimados según el lugar de producción se muestran en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Lugar de producción del maíz utilizado en las tortillerías de San Francisco Pichátaro

Lugar de Producción	Cantidad consumida en Pichátaro (ton)	Porcentaje
Sinaloa (Región de los Mochis)	38.6	50%
Jalisco (Región de la Barca)	22.0	29%
El Bajío	16.6	22%
Total	77.3	100%

Con fines ilustrativos en el Cuadro 28 se muestra el consumo energético en la etapa de producción en cada una de las regiones. Se seleccionó un paquete tecnológico de los reportados en la literatura. Para seleccionar la referencia se tomó en cuenta el rendimiento promedio reportado por la SAGARPA (SIAP 2004), además del conocimiento empírico sobre el tema. El consumo de energía se agrupó por actividad, en el caso correspondiente se desglosaron los insumos. En los tres casos el insumo que representa los mayores aportes de energía es el fertilizante, representa entre el 58% y el 63%.

Cuadro 28. Entradas de energía por hectárea en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial en las tres regiones de producción

Actividad o insumo	Noroeste	El Bajío	Ciénega de Chapala
Preparación de suelos			
Labranza	3697	2834	490
Siembra			
Semilla	3105	2070	2588
Siembra	1222	849	849
Fertilización			
Fertilizantes	16859	10875	12068
Flete y maniobras	3	2	4
Aplicación manual	8	17	33
Aplicación mecánica			373
Labores culturales:			
Escarda	747	747	
Deshierbe	8	33	
Vigilante	25		
Riego y drenaje:			
Agua	1058		
Riegos	46	25	
Labores de preparación	21	17	
Control de plagas			
Asistencia técnica	8		4
Insecticidas	50	80	850
Aplicación mec/manual	363	33	8
Control de arvenses			
Herbicidas		186	220
Aplicación manual		33	4
Aplicación mecánica			363
Cosecha			
Trilla	1473	1310	1310
Flete	35	22	26
Entradas de energía (MJ/ha)	28727	18733	19190
Rendimiento (kg/ha)	10000	6200	7400
Uso de energía (MJ/kg)	2.9	3.0	2.6
Eficiencia	5.1	4.9	5.7
intensidad del trabajo (h/kg)	0.013	0.027	0.008

¹Tomado de Mendoza R *et al.* 2003. ²Tomado de Ramírez 2001. ³Tomado de Vázquez 2000.

Para cada región se calculó el promedio de consumo de energía, los indicadores seleccionados se muestran en el Cuadro 29. Se puede apreciar que en la región del Noroeste es donde se usa más energía, principalmente por la cantidad de fertilizante que se aplica y por el riego, debido a que se siembra en ciclo otoño-invierno, el agua que se usa es más. (Cuadro 28). En promedio en las tres regiones el uso porcentual de energía por insumo de

muestra en el la Figura 30. Los fertilizantes (59%) y la maquinara (23%) y las semillas (13%) son los principales insumos, entre estos tres suman el 95%.

Cuadro 29. Promedio de los indicadores energéticos en las regiones del Noroeste, El Bajío, Gto., y la Ciénega de Chapala

Lugar de Producción		Entradas energía MJ/ha	Rendimiento kg/ha	Trabajo humano (h)	Uso de energía MJ/kg	Eficiencia	Intensidad de la labor h/kg
Noroeste Sin. y Son. (n=2)	Promedio	28440	7900	129.5	3.9	4.1	0.018
	Desv. estándar	407	2970	0.7	1.4	1.5	0.007
El Bajío, Gto. (n=6)	Promedio	17944	5867	125.8	3.3	4.9	0.022
	Desv. estándar	1128	1411	22.8	0.9	1.2	0.004
Ciénega de Chapala, Jal (n=10)	Promedio	23099	8101	65.1	2.9	5.3	0.008
	Desv. estándar	5063	1994	24.4	0.7	1.1	0.003
Promedio Ponderado		24,635	7,509	111	3.5	4.6	0.016

(Energía estimada a partir de los datos de: Ramírez 2001, García 1996, Plaza 1998, Vázquez 2000, Hernández 2000, Bejines 1999, Mendoza *et al.* 2003, DDR Cajeme 2004, Morales 2004)

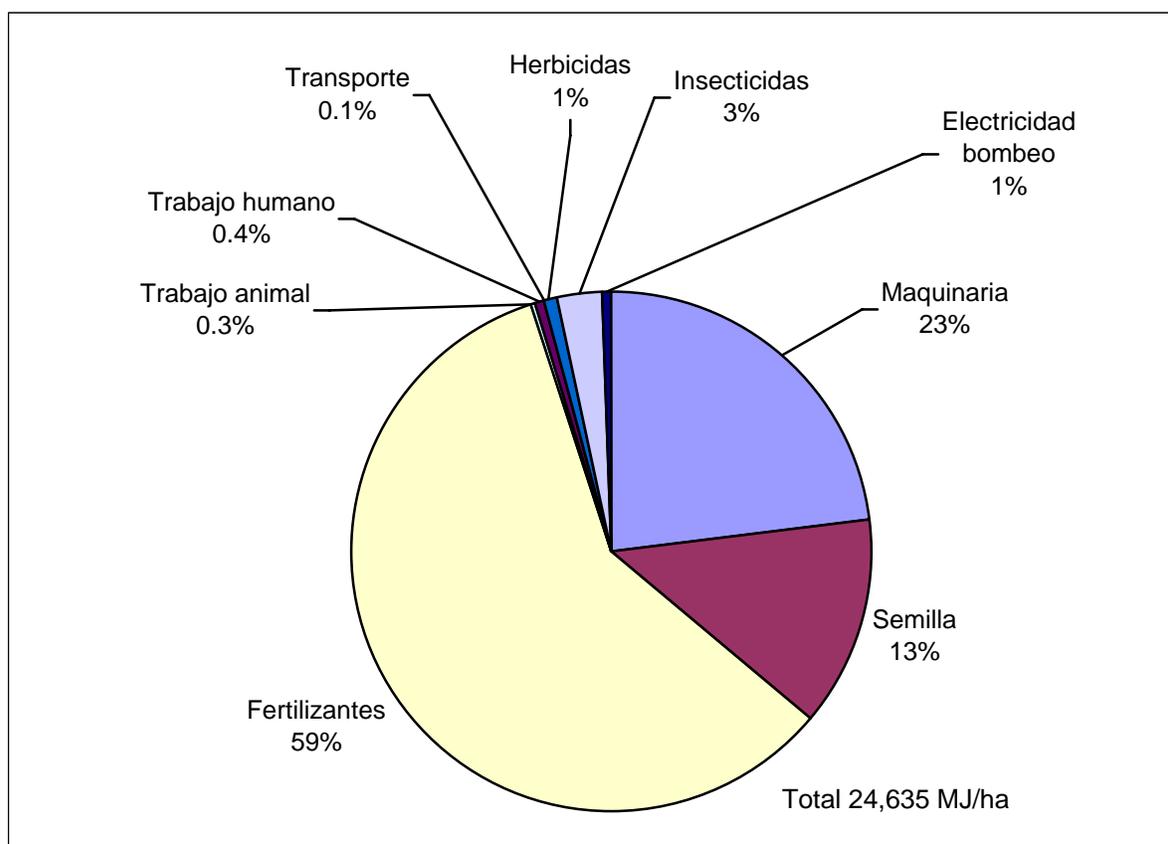


Figura 30. Entradas de energía promedio en porcentaje en la etapa de producción del subsistema agroindustrial

En lo referente al uso de combustibles fósiles en la etapa de producción, los datos promedio por región se muestran en el cuadro 30. A partir de éste y su comparación con el Cuadro 29 se observa que en la producción agroindustrial los combustibles y los insumos derivados de fuentes fósiles representan el 81% en el Noroeste, el 82% en el Bajío y 89% en la Ciénega de Chapala, del total de energía utilizada.

Cuadro 30. Uso de energía derivada de fuentes fósiles en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial

Lugar de Producción		Entrada energía fósil (MJ/ha)	Rendimiento kg/ha	Uso de energía MJ/kg
Noroeste Sin. y Son. (n=2)	promedio	23121	7900	3.1
	Desv. estándar	1036	2970	1.0
El Bajío, Gto. (n=6)	promedio	14699	5867	2.7
	Desv. estándar	793	1411	0.8
Ciénega de Chapala, Jal (n=10)	promedio	20625	8101	2.6
	Desv. estándar	5283	1994	0.7
Promedio Ponderado		20,566	7,508	2.9

b) Etapa de secado y transporte

En el subsistema agroindustrial el transporte es de vital importancia, porque une a las zonas de producción con las de consumo. En el Cuadro 31 se estimó el costo energético del maíz que llega a la comunidad de Pichátaro en función del porcentaje que procede de cada una de las regiones de producción, utilizando la distancia promedio más el secado. En total la estimación del consumo energético para el maíz que llega a Pichátaro es de 4.66 MJ/kg, considerando producción y transporte, es inferior al maíz que se produce en la misma comunidad. La eficiencia del subsistema agroindustrial en la etapa de producción y transporte es de 3.16.

Cuadro 31. Costo energético del secado y del transporte del maíz que se usa en las tortillerías de San Francisco Pichátaro

Lugar de Producción	Distancia (Km)	Porcentaje de abasto	Secado (MJ/kg)	Transporte (MJ/kg)	Total (MJ/kg)
Noroeste	1169	50%	0.85	1.22	2.07
El Bajío Gto.	311	29%	0.00	0.33	0.33
Jalisco (Región de la Barca)	179	22%	0.00	0.19	0.19
Promedio ponderado					1.16

c) Etapa de procesamiento

Los ingresos de energía en la etapa de procesamiento corresponden a la elaboración de tortillas en la tortillería. Los datos se muestran en el Cuadro 32, éstos están agrupados por insumo sin desglosar por nixtamalización, molienda y fabricación de tortillas debido a que estas tres etapas se integran en la tortillería y es difícil medirlas por separado. Se presentan los consumos promedio de insumos por tortillería y el promedio general.

El mayor consumo de energía en la etapa de procesamiento corresponde al gas para nixtamalizar el maíz y cocer las tortillas, representa el 89% del total. En segundo lugar está la energía eléctrica, pero no rebasa el 10% del total de energía (Figura 31).

Cuadro 32. Ingresos de energía en la elaboración de tortillas en las tortillerías de San Francisco Pichátaro

Insumo	Tortillería 1	Tortillería 2	Energía T1 (MJ)	Energía T2 (MJ)	Media (MJ)
Gas (lt)	40	77	1098	2137	1617
Gas refinación (lt)	2	3	47	91	69
Electricidad (kWh)	13	22	48	81	64
Producción de electricidad (kWh)	24	41	88	147	118
Mano de obra (h)	14	28	15	29	22
Cal (Kg)	1	1	0.03	0.03	0.03
Total Energía (MJ)			1296	2485	1891
Producción tortilla (kg)	105	140			123
Uso de energía MJ/kg			12.3	17.8	15.0

c) Energía en el proceso completo

El costo energético total estimado para un kilogramo de tortilla hecha en la tortillería de Pichátaro es de 18.6 MJ/kg considerando el costo energético del maíz y que se requieren 762 gr para producir un kilo de tortilla. Esta estimación es suponiendo que no se usa harina nixtamalizada, sino sólo maíz. Como se vio en la primera parte de los resultados el porcentaje de uso de harina va del 11% al 34%. Se puede esperar que el consumo de energía suba un poco cuando se usa harina nixtamalizada, tal como se muestra en el Cuadro 34. Sin embargo, por la baja proporción de harina que se usa no se espera que se eleve drásticamente esta estimación.

La eficiencia total del subsistema agroindustrial es de 0.51, un poco más del doble del subsistema tradicional. En porcentaje, el insumo que más energía representa en el gas en el procesamiento (73%), seguido por la electricidad (8%) y los fertilizantes en la etapa de producción (8%) (Figura 32).

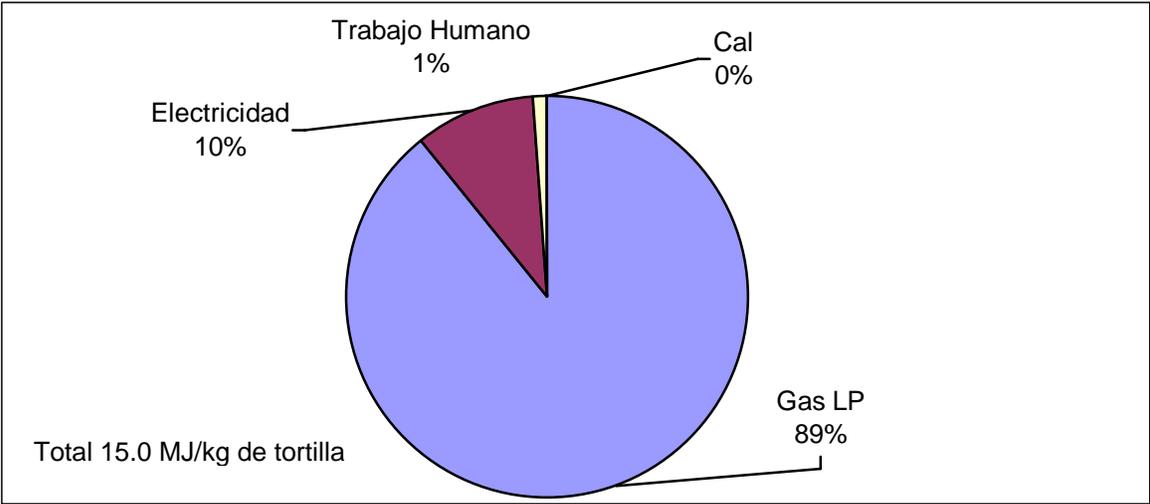


Figura 31. Entradas de energía en porcentaje en la etapa de procesamiento en el subsistema agroindustrial

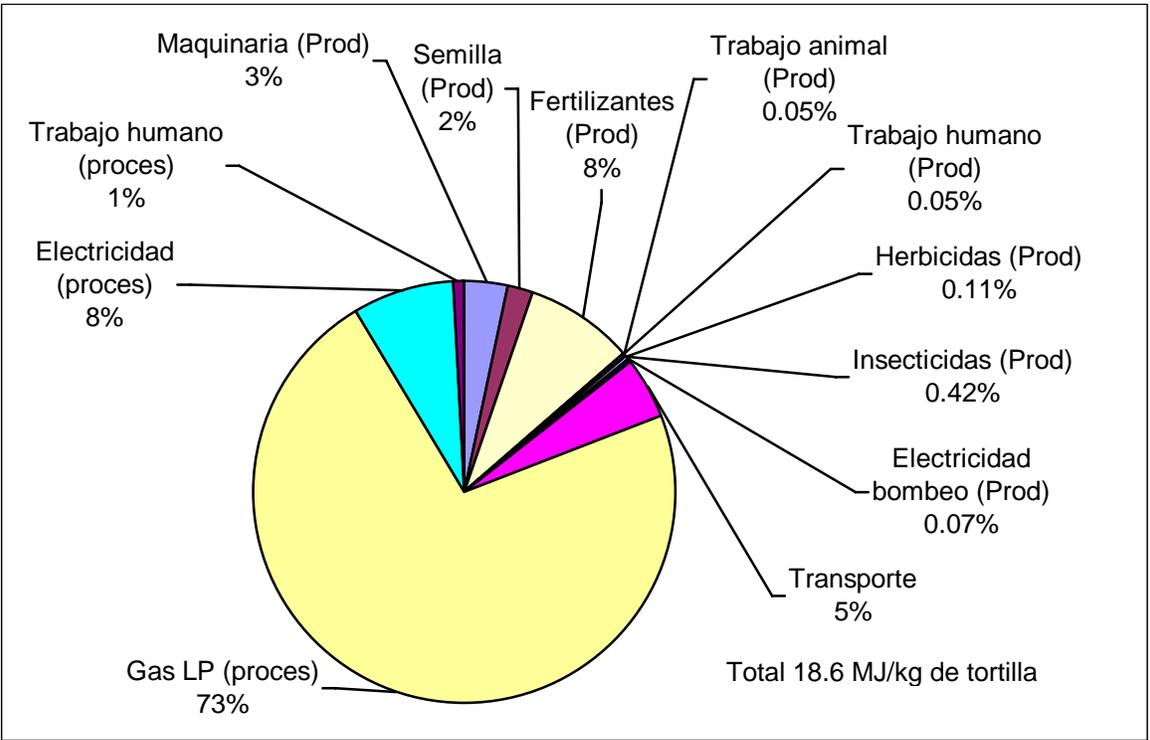


Figura 32: Entradas de energía en porcentaje en el subsistema agroindustrial completo

6.3.3 Discusión

Uno de los aspectos clave que determinan la baja eficiencia de la etapa de producción del subsistema tradicional comparado con el agroindustrial, son los bajos rendimientos del primero. Hay que recordar, como se mencionó en la discusión del apartado anterior, que en el ciclo agrícola del año 2005 se tuvieron rendimientos notablemente bajos respecto de los promedios reportados por algunos autores. Si se consideran algunos promedios reportados en la literatura la eficiencia cambia. En el Cuadro 33 se presenta el rendimiento, el uso de energía y la eficiencia que reporta cada autor. Se puede observar que la eficiencia y el uso de energía calculada en este ciclo (2005) pasan de 2.4 y 6.0 MJ/kg respectivamente, a 8.3 y 1.8 MJ/kg con el rendimiento reportado en los valles. Con un rendimiento promedio de 1350 kg/ha la eficiencia energética llega a ser de 3.7, aún por debajo de la eficiencia estimada para las tres regiones productoras del subsistema agroindustrial (4.6). Pero tomando en cuenta en el subsistema agroindustrial el transporte del maíz hasta la comunidad la eficiencia baja a 3.16. Esta eficiencia es menor en la producción del subsistema tradicional con un rendimiento promedio de 1350 kg/ha.

Cuadro 33: Eficiencia y uso de energía en la producción de maíz en San Francisco Pichátaro según rendimientos reportados por la literatura

rendimiento Kg/ha	Autor	MJ/Kg	Eficiencia
900	Barrera-Bassols 2003	5.9	2.5
3000	Barrera-Bassols 2003	1.8	8.3
1350	Álvarez-Icaza 1993	3.9	3.7
1900	CREFAL 1994	2.8	5.2
1000	Álvarez-Icaza 1988	5.3	2.8
1500	Ramírez 1987	3.6	4.1
1000	Palma 1983 ¹	5.3	2.8
1600	Palma 1983	3.3	4.4

¹Identifica dos unidades edáficas Andosol ocrico (1000 kg/ha), que corresponde al valle de mayor altura (Canangio) y el Andosol húmico más ocrico (1600 Kg/ha) en el valle bajo (Pichátaro)

Los resultados del consumo energético en la producción de maíz (5,332 MJ/ha para el subsistema tradicional y 24,635 MJ/ha para el subsistema agroindustrial) se encuentran dentro del rango reportado en la literatura científica. Por ejemplo: En 1983 Palma determinó una eficiencia entre 2.1 y 6.4 para el cultivo de maíz en cuatro comunidades de la cuenca del lago, y concluye que la variación de debe tanto a factores edáficos como a la

tecnología utilizada. En Ontario, Canadá, en 1991, se calculó un uso de energía de 11,700 MJ/ha con 6.93 ton/ha y el 71% correspondió a los fertilizantes (Swanton *et al.* 1996). En Turquía se estimó en 25,584 MJ/ha con un rendimiento promedio de 6.6 ton/ha y una eficiencia energética de 3.8; el principal insumo energético fue el fertilizante con el 52.7% y el diesel con el 38.7%. (Canakci *et al.* 2005).

En un estudio en Brasil para maíz forrajero, con tecnología convencional se calcularon 9,283 MJ/ha de los cuales 84% se derivan de combustibles fósiles (Zanini *et al.* 2003). En Estados Unidos Pimentel y Pimentel (2005) estimaron que en 1997 el consumo promedio del cultivo de maíz era de 42,293 MJ/ha con un rendimiento de 8000 kg/ha, lo que da un coeficiente producto:insumo de 2.8.

Las comparaciones entre estimaciones para un mismo cultivo en diferentes lugares pueden ser muy diferentes. El cálculo del uso de energía varía principalmente en función del método utilizado y del coeficiente energético de los insumos que se use para el análisis (Fluck 1980).

Es interesante revisar el porcentaje de uso de energía en cada etapa del sistema alimentario. En el subsistema tradicional en el proceso para elaborar la tortilla el procesamiento representa el 89% y la producción agrícola el 11% (Figura 29). En el subsistema agroindustrial el 82% corresponde al procesamiento, el 13% a la producción agrícola y el 5% al transporte (Figura 32). Estos datos son coherentes con lo establecido por (Fluck 1980) quien menciona que en el sistema alimentario de los Estados Unidos se gasta en el procesamiento de los alimentos más de cuatro veces la energía que en la producción agrícola.

Para la etapa de procesamiento del maíz no se cuenta con estudios parecidos que permitan hacer comparaciones, sólo estudios parciales que incluyen algunos de los procesos en particular. Por ejemplo con los datos aportados por Torres (1994) se estima que para producir una tonelada de tortilla usando el proceso de la masa se requieren 1053 MJ, y para producirla con harina nixtamalizada se usan 2228 MJ, considerando sólo la cal, el gas y la electricidad. La diferencia entre el primero y el segundo método es de casi 53%. Esta

diferencia se atribuye a la mayor cantidad de gas utilizado en el secado de la masa y más electricidad por la doble molienda para elaborar la harina, una del nixtamal y otra de la masa seca. En el laboratorio se ha estimado que el gasto mínimo para cocer un kilogramo de tortilla es de 0.479 MJ (Rubio 1997). Estas estimaciones sobre el consumo de energía en la elaboración de tortilla distan mucho de lo encontrado en la comunidad de Pichátaro. Además, no muestra información sobre que tipo de maquina ni bajo que condiciones se usa porque las estimaciones están por debajo de los datos reportados por los principales fabricantes de máquinas (Cuadro 34). Por estas razones son necesarios más estudios de acceso público para comparar el gasto energético. Ya que las empresas escudadas en el secreto industrial y argumentado proteger sus ventajas competitivas no presentan la información que obtienen en sus laboratorios.

Para tener una idea del consumo energético de las máquinas tortilladoras, en el Cuadro 34 se muestran los coeficientes reportados por los diseñadores de las máquinas. El gasto reportado por los fabricantes es un referente bajo ciertas condiciones de trabajo, las cuales por lo general no están presentes en la realidad. Por ejemplo, se supone la operación continua del equipo, buena instalación eléctrica, funcionamiento optimo en sus partes mecánicas, entre otros aspectos. En el Cuadro 34 se puede observar a medida que la capacidad de producción de la máquina aumenta disminuye el consumo energía por kilogramo de tortilla.

Cuadro 34. Ingresos de energía para producción de tortilla en máquinas tortilladoras según un fabricante de maquinas tortilladoras

Producción de tortilla (Kg/h)	Electricidad (MJ)	Gas LP (MJ)	Trabajo Humano (MJ)	Total (MJ/Kg)
70	15.17	152.15	2.09	2.42
100	30.35	190.59	2.09	1.96
200	30.35	293.62	2.09	1.52

Fuente: Máquinas Tortilladoras Celorio, especificaciones técnicas de las máquinas 70-K, 100-K y 200-K.

En el subsistema tradicional el consumo de energía en la etapa de procesamiento está dominado por el consumo de leña, representa el 92% de la etapa de procesamiento (Figura 28) y el 82% de todo en todo el subsistema alimentario (Figura 29), desde la producción hasta la transformación. Esto tiene dos causas principales, por principio los fogones son

menos eficientes comparados con otros dispositivos que se han desarrollado para la cocción con leña, lo cual se discutirá más adelante. En segundo lugar hay que considerar la forma de producción de las tortillas tradicionales en comparación con las industriales. Mientras que la tortilla tradicional se elabora en instalaciones diseminadas por toda la comunidad (cada uno de los hogares), las tortillas industriales se elaboran en tres instalaciones especializadas. Esto quiere decir que por economía de escala el uso de recursos se reduce en las tortillerías, en particular la mano de obra y el combustible. El porcentaje de energía por mano de obra en la etapa de procesamiento para producir un kilo de tortilla tradicional es de 7% y de 1% para la tortilla industrial (Figura 28 y Figura 31). Para elaborar los 245 kg/día de tortillas que se producen en las tres tortillerías de Pichátaro se utiliza el equivalente a 77 fogones y a 281 horas de trabajo humano, mientras que en la tortillería sólo se usan 3 máquinas y 40 horas hombre aproximadamente.

6.4 Emisiones de CO₂

6.4.1 Emisiones de CO₂ en el subsistema tradicional

Las emisiones de CO₂ se presentan por etapa. En la producción en la comunidad de Pichátaro las emisiones se muestran en el Cuadro 35. Éstas se desglosan por actividad e insumo. Las dos emisiones más altas ocurren por el uso de fertilizante (42%) y por el barbecho (maquinaria 35%), tal como se muestra en la Figura 33. En total se tiene una emisión de 0.11 kg de CO₂ por kilogramo de maíz producido.

Cuadro 35. Emisiones promedio de CO₂ en la etapa de producción en el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro

Actividad	Insumo	Emisiones Promedio (Kg CO ₂ /ha)	Desviación estándar
Barbecho	Diesel	30	10
Cruza	Diesel	6	5
Siembra	Diesel	7	8
	Fertilizante	20	27
Control de arvenses 1	Herbicida	1	3
1ª escarda	Diesel	2	5
2ª escarda	Diesel	1	3
Control de arvenses 2	Herbicida	2	7
Segunda Fertilización	Fertilizante	26	37
Transporte insumos	Gasolina	1	1
Cosecha	Gasolina	1	1
Emisiones totales (Kg CO ₂ /ha)		97	
Rendimiento maíz (kg/ha)		882	
Emisiones (Kg CO ₂ /Kg de maíz)		0.11	

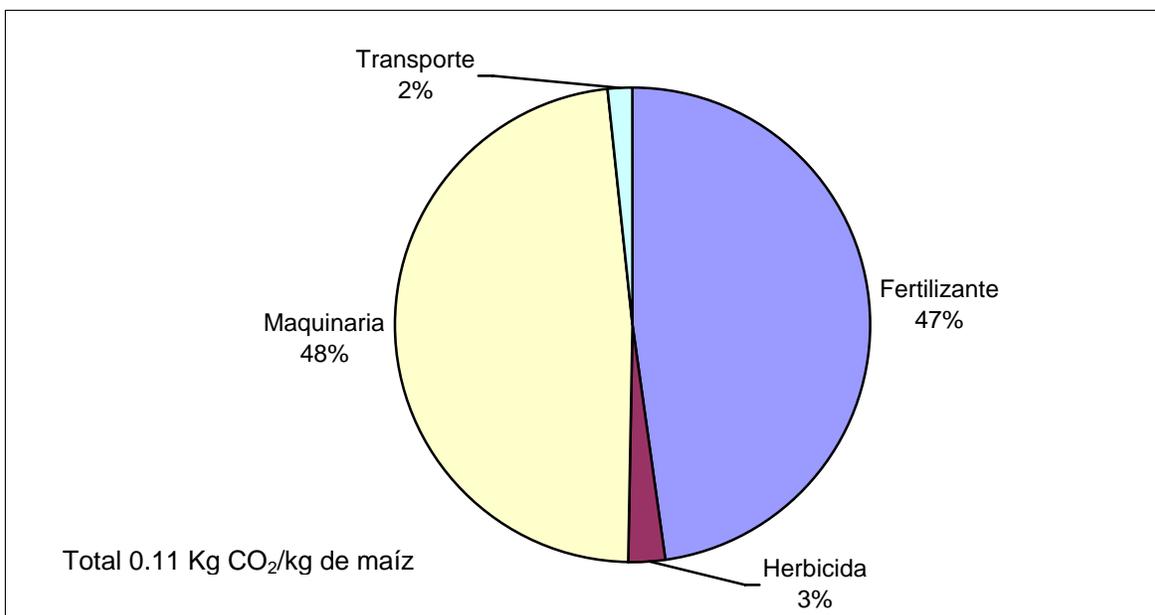


Figura 33: Emisiones de CO₂ en porcentaje en la etapa de producción en el subsistema tradicional en la comunidad de San Francisco Pichátaro

En la etapa de procesamiento las emisiones brutas de CO₂ se deben principalmente a la combustión de leña (Cuadro 36). En total, incluyendo la producción del maíz, se estimó una emisión bruta de 0.854 kg de CO₂ por kilogramo de tortilla. Del total del proceso la cocción del nixtamal y las tortillas la emisión de CO₂ por la combustión de leña equivale al 88% si se considera un aprovechamiento no sustentable de leña (Figura 34). Pero si se considera un uso sustentable de la leña y se asigna una emisión neta de cero por su combustión las emisiones totales son de 0.1 kg de CO₂ por kilogramo de tortilla. En este caso en términos porcentuales las principales emisiones se deben al fertilizante (39%) y la maquinaria (39%), ambas en la etapa de producción (Figura 35).

Cuadro 36. Emisiones de CO₂ en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional por kilogramo de tortilla producida en San Francisco Pichátaro

Proceso	Insumo	Emisiones brutas (CO ₂ /kg de tortilla)	Emisiones netas (CO ₂ /kg de tortilla)
Nixtamalización	Leña	0.10	0.0
Molienda	Electricidad	0.02	0.02
Hechura de tortillas	Leña	0.65	0.0
Total		0.77	0.02

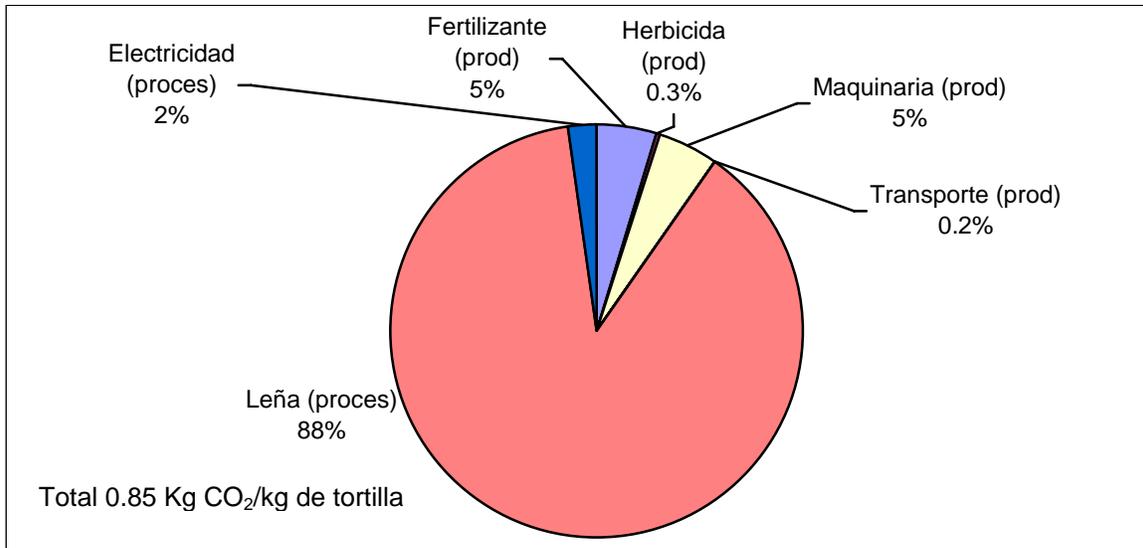


Figura 34. Emisiones porcentuales de CO₂ en el subsistema tradicional completo (considerando un uso no renovable de la leña)

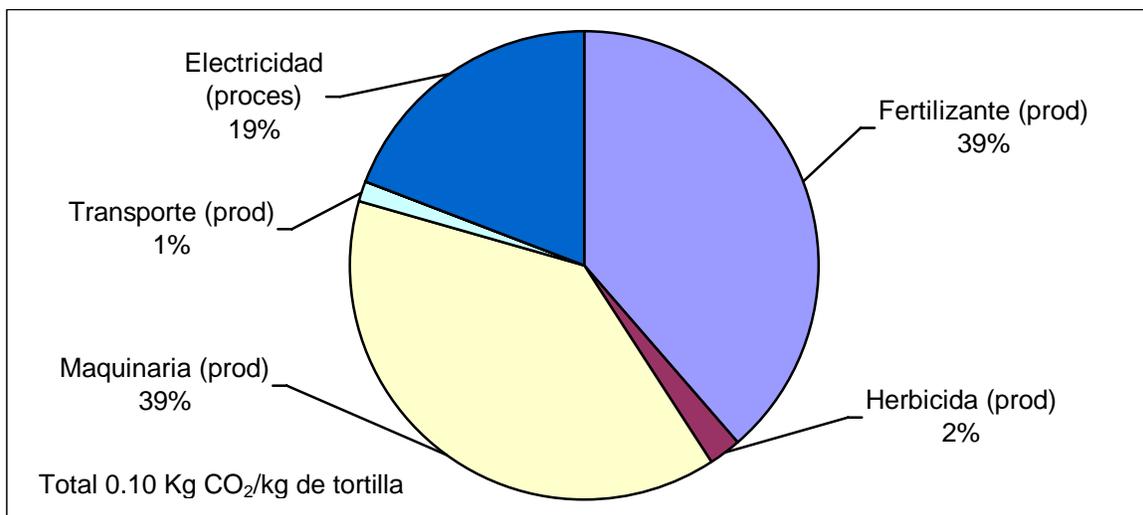


Figura 35. Emisiones porcentuales de CO₂ en el subsistema tradicional completo (considerando un uso renovable de la leña)

6.4.2 Emisiones de CO₂ en el sistema agroindustrial

En el subsistema agroindustrial las emisiones de CO₂, al igual que la energía, se ponderaron por el porcentaje de maíz que se consume en Pichátaro proveniente de cada región productora. En el Cuadro 37 se presentan los kilogramos de CO₂ emitidos por kilogramo de maíz producido en cada lugar de producción y el promedio ponderado. Se observa que las

emisiones más altas ocurren en el Noroeste y la Ciénega de Chapala, sobre todo se deben al uso de fertilizantes.

Cuadro 37. Emisiones promedio de CO₂ en la etapa de producción en el subsistema agroindustrial

Lugar de Producción		Emisiones (Kg CO ₂ /ha)	Rendimiento Kg/ha	Emisiones Kg CO ₂ /Kg
Noroeste Sin. y Son. (n=2)	promedio	968	7900	0.13
	Desviación estándar	84	2970	0.06
El Bajío, Gto. (n=6)	promedio	543	5867	0.10
	Desviación estándar	76	1411	0.03
Ciénega de Chapala, Jal (n=10)	promedio	1038	8101	0.13
	Desviación estándar	533	1994	0.06
Promedio Ponderado		893	7,508	0.13

Obteniendo el promedio (no ponderado según el consumo de maíz en Pichátaro) de las emisiones en las tres regiones productoras el principal insumo emisor de CO₂ es el fertilizante con el 51%, seguido por el uso de maquinaria (19%) (Figura 36).

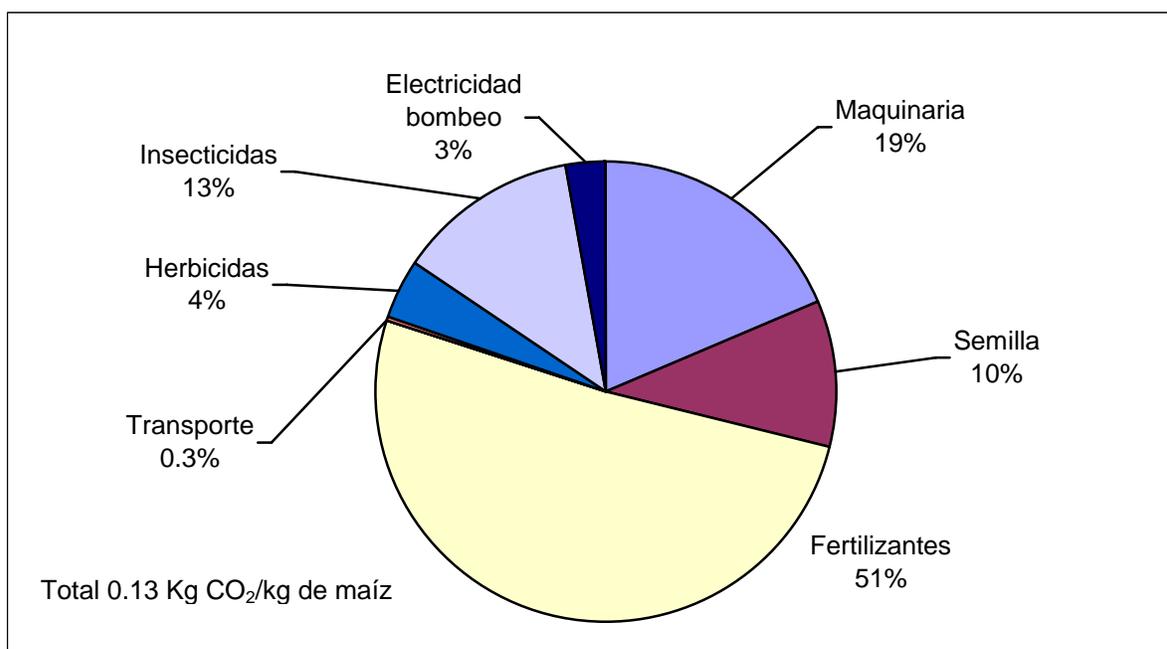


Figura 36. Emisiones promedio de CO₂ en porcentaje en la etapa de producción del subsistema agroindustrial

El transporte es otro emisor de CO₂ debido a la combustión del Diesel. En el cuadro 38 se presenta cuanto se emite por esta actividad, el promedio está ponderado por el consumo en Pichátaro. Para el caso del maíz de Sinaloa se sumó la emisión por el secado asumiendo

que se usa gas LP, el combustible más común de las secadoras de granos de las bodegas comerciales. Al sumar la emisión de CO₂ en la producción y el transporte (Cuadro 38), el maíz que llega a Pichátaro ha emitido 0.21 kg de CO₂ por kilogramo.

Cuadro 38. Emisiones de CO₂ en la etapa de transporte y secado en el subsistema agroindustrial

Lugar de Producción	Porcentaje	Secado (kg CO ₂ /kg)	Transporte (kg CO ₂ /kg)	Total (kg CO ₂ /kg)
Noroeste Sin. Y Son	50%	0.05	0.09	0.14
El Bajío, Gto	22%	0.00	0.02	0.02
Ciénega de Chapala	29%	0.00	0.01	0.01
Promedio ponderado				0.08

En la etapa de producción de tortilla las estimaciones de emisión están supeditadas al estimado de consumo de energía. Así que las especificaciones sobre la exactitud de este último condicionan la emisión de CO₂. Considerando los insumos energéticos y la cal en la producción de tortilla en las tortillerías de Pichátaro se emiten 0.9 kg de CO₂ por kilo de tortilla producida (Cuadro 39).

Cuadro 39. Emisiones de CO₂ en el procesamiento en el subsistema agroindustrial en las tortillerías de San Francisco Pichátaro

	Cantidad de insumos		Emisiones (kg CO ₂)		
	Tortillería 1	Tortillería 2	Tortillería 1	Tortillería 2	Promedio (kg CO ₂)
Gas (lt)	39.7	77.3	68.9	134.1	101.5
Electricidad (kwh)	13.4	22.4	9.2	15.4	12.3
Cal (kg)	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4
Total Emisiones (kg CO ₂)			78.6	149.9	114.2
Producción tortilla (kg)	105.0	140.0	105.0	140.0	123
Emisiones de CO ₂ (kg /kg de tortilla)			0.8	1.1	0.9

Sumando las emisiones de las tres etapas y ponderando por el rendimiento de maíz a tortilla tenemos que por kilogramo de tortilla agroindustrial que se produce se emiten 1.12 kg de CO₂ a la atmósfera. De esta emisión total el 74% se debe a la combustión del gas en las tortillerías y el 10% a la electricidad, ambos en la etapa de procesamiento (Figura 37).

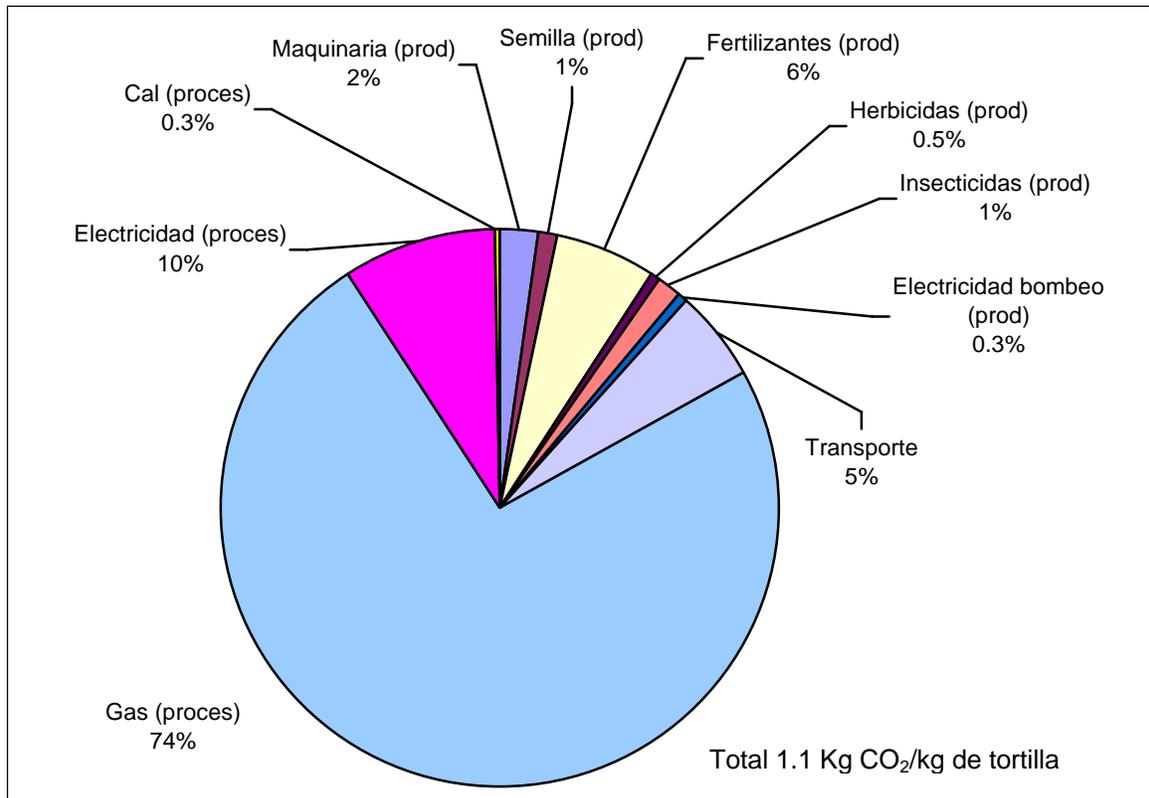


Figura 37. Emisiones promedio de CO₂ en porcentaje en el subsistema agroindustrial completo (prod= producción, proces= procesamiento)

6.4.3 Discusión

Las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al uso de combustibles fósiles y quema de biomasa, en caso de que ésta última sea no renovable. Por esta razón en el subsistema agroindustrial se emite más que en el tradicional. Sin embargo, se puede comentar que en el subsistema tradicional en la etapa de producción las principales actividades emisoras de CO₂ son el uso de maquinaria (48%) y la aplicación de fertilizante (47%) (Ver Figura 33). En el subsistema agroindustrial en la etapa de producción las emisiones de deben principalmente al fertilizante (51%) y a la maquinaria 19%. Esto es indicativo del mayor uso de fertilizantes en el subsistema agroindustrial (Ver Figura 36). Comparando las emisiones por hectárea de cultivo en el subsistema agroindustrial se emiten 9 veces más, 983 contra 97 kg de CO₂/ha. En modelos para mitigar la emisión de CO₂ en el cultivo de maíz se ha encontrado que por el alto uso de fertilizantes sería más efectivo subir el precio de éstos, que imponer un impuesto ambiental por la emisión de CO₂. Además esta

medida impacta menos negativamente la rentabilidad del cultivo disminuyendo lo menos posible el rendimiento (Wind y Wallender 1997).

Dentro del subsistema tradicional las emisiones de CO₂ en la etapa de procesamiento representan el 90% con aprovechamiento no sustentable de leña y del 19% con uso sustentable de la misma (Figuras 34 y 35). En el subsistema agroindustrial el procesamiento contribuye con el 84% y el transporte con el 5% (Figura 37). Al igual que la estimación de la energía, las actividades de procesamiento y distribución emiten nueve veces más que la producción agrícola. En el subsistema tradicional en la etapa de procesamiento las emisiones se deben principalmente a combustión de leña (83%), si no se aprovecha bajo un manejo sustentable (Figura 34) y en el subsistema agroindustrial a la combustión del gas (74%) (Figura 37).

Las emisiones de CO₂ en el sistema tradicional debidas a la combustión de la leña se deben discutir en particular. La leña a diferencia del gas o el diesel se genera por el crecimiento de los árboles, mismos que capturan carbono. Cuando ésta se quema, se libera el CO₂ capturado previamente por lo que la cantidad neta de CO₂ en la atmósfera no aumenta. En contraposición el diesel o el gas al ser quemados aumentan el contenido de CO₂ en la atmósfera porque el CO₂ liberado estaba secuestrado bajo la tierra (Keith y Rhodes 2002, IPCC 2001a, IPCC 2000). Ahora bien, la emisión neta de dióxido de carbono por la quema de biomasa depende básicamente del manejo del bosque. Si se hace un aprovechamiento de leña acorde a las tasa de crecimiento del bosque no habrá emisiones netas de CO₂, pero si, por el contrario, el recurso forestal se deteriora, entonces el CO₂ secuestrado en el bosque se libera a la atmósfera (IPCC 2000, IPCC 2001b). En este estudio se estimó el CO₂ emitido por la leña mostrando una estimación bruta y otra neta, pues representan situaciones límite de no renovabilidad y renovabilidad de la leña, respectivamente. En la sección siguiente se discute la implicación del uso de leña y gas en la producción de tortilla.

No existe una manera de comparar estas estimaciones de emisiones de CO₂ con otras estimaciones para México, porque el inventario de gases de efecto invernadero no comprende una sección que trate sobre la industria alimentaria en particular para poder comparar la etapa de procesamiento de maíz (INE 2000).

6.5 Comparación energética y de emisiones de CO₂ de los subsistemas

En el Cuadro 40 se presentan los indicadores energéticos de cada subsistema y en las diferentes etapas. A continuación se analizará uno por uno. Hay que considerar que en las metodologías de los estudios energéticos siempre hay datos que se deben estimar, experimentar o sustentarse en la experiencia (Taylor *et al.* 1993). En particular un punto débil del cálculo total del uso de energía en el sistema alimentario es que se suman procesos de muy diversa índole. En este estudio en particular no fue posible incluir el consumo de energía en la producción de harina nixtamalizada, ni tampoco se contabiliza el costo energético de las instalaciones de almacenamiento del maíz, como energía indirecta, pues se considera que en ambos subsistemas el maíz fluye inmediatamente desde el campo de cultivo al procesamiento.

Cuadro 40. Resumen de indicadores energéticos y de emisiones de CO₂ para los subsistemas alimentarios de maíz

Indicador	Unidades	Subsistema tradicional	Subsistema agroindustrial	Diferencia Porcentual ¹
Uso de energía en la producción	(MJ/kg) de maíz	6.0	3.5	71%
Eficiencia en la producción		2.4	4.6	92%
Intensidad de la mano de obra en la producción	(h/kg) de maíz	0.29	0.016	1700%
Uso de combustibles fósiles en la producción	(MJ/kg) de maíz	2.3	2.9	26%
Uso de energía en el procesamiento	(MJ/kg) de tortilla	37.2	15.0	148%
Uso total de combustibles fósiles	(MJ/kg) de tortilla	2.1	18.0	757%
Uso total de energía	(MJ/kg) de tortilla	41.7	18.6	124%
Eficiencia total del subsistema		0.25	0.51	104%
Emisiones brutas de CO ₂	(kg/kg) de tortilla	0.85	1.10	29%
Emisiones netas de CO ₂	(kg/kg) de tortilla	0.10	1.10	1000%

¹ La diferencia porcentual es respecto del valor más bajo. En negritas se destacan los valores “mejores”.

En la etapa de producción el uso de energía por kilogramo de maíz en el subsistema tradicional es 71% más alto comparado con el agroindustrial (Figura 38). Vale la aclaración

que los bajos rendimientos de ese año en Pichátaro aumentaron el consumo de energía por unidad de producto. Si se toman los rendimientos promedios para la comunidad, reportados en la literatura, la diferencia se reduce a 5%.

La eficiencia en la etapa de producción al igual que el uso de energía es mejor en el sistema agroindustrial. La producción agroindustrial en términos de entradas y salidas de energía es casi el doble de eficiente, esto sin atender a los diferentes tipos de entrada de energía. (Figura 38).

La baja eficiencia del subsistema tradicional se debe a los rendimientos bajos del año estudiado. Con un rendimiento promedio de 1650 kg/ha en el subsistema tradicional la eficiencia se iguala, y de acuerdo con los estudios realizados este rendimiento es posible conseguirlo con los maíces criollos locales (Mijangos 2005).

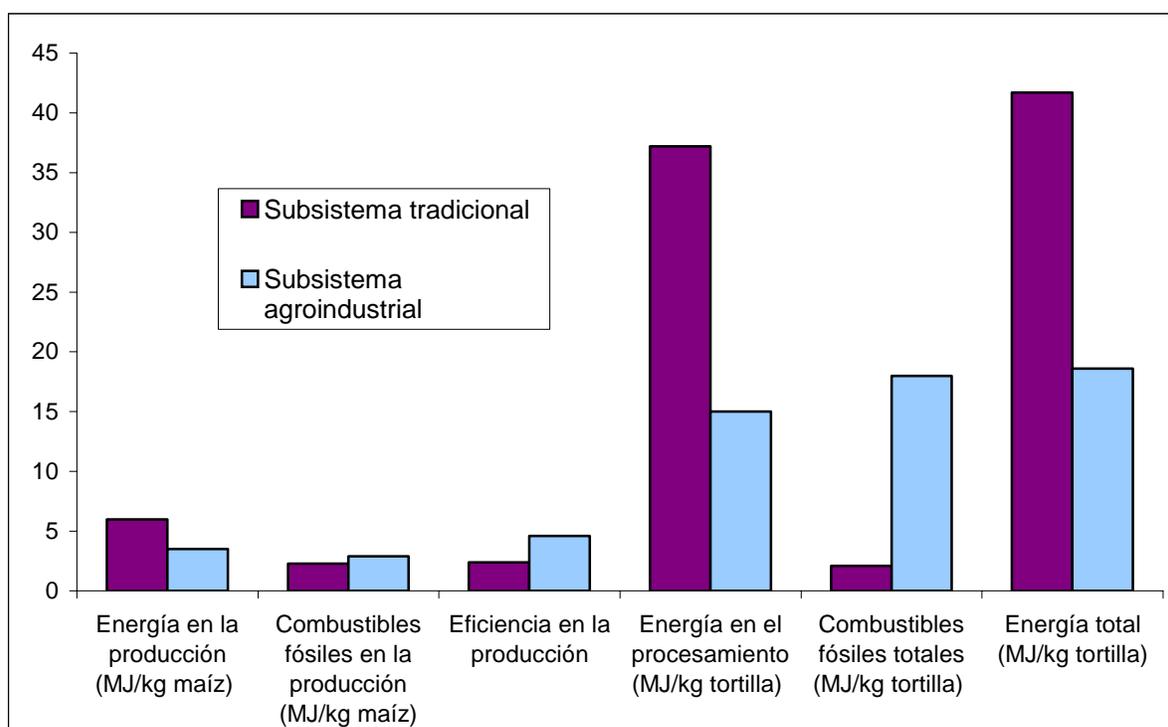


Figura 38. Comparación de las entradas de energía y la eficiencia en la producción entre el subsistema tradicional y agroindustrial

Las diferencias entre la producción de maíz tradicional y agroindustrial encontradas en este estudio son parecidas a las reportadas por Martin, *et al.* 2006. Estos autores, a través del análisis de la emergía de sistemas de producción de maíz, encontraron que la producción de

maíz agroindustrial en Kansas EU es menos sustentable por el costo ambiental en comparación con la producción en la milpa tradicional en Chiapas. Sin embargo, este último sistema tiene rendimientos más bajos. También al igual que en este estudio en la producción agroindustrial el principal insumo resultó ser el fertilizante.

El uso de mano de obra en la etapa de producción es sin duda donde existe una diferencia mayor entre el subsistema tradicional y agroindustrial. La intensidad de la mano de obra en el subsistema agroindustrial es de 0.016 h/kg de maíz, lo que equivale a poco menos de un minuto de trabajo humano para producir un kilo de maíz. En el subsistema tradicional el índice es igual a 0.29 h/kr, que equivale a 17 minutos de trabajo. La diferencia es del orden del 1700% respecto de la producción agroindustrial, o en otras palabras, en la producción tradicional se usa 17 veces más trabajo humano para producir la misma cantidad de maíz (Figura 39). Este indicador forma una amalgama con el uso de combustibles fósiles, ya que estos últimos han funcionado como sustitutos de la labor humana en el proceso de modernización de la agricultura (Pimentel y Pimentel 1996). El uso de combustibles fósiles es 26% mayor en la producción agroindustrial, esta diferencia implica la reducción en el uso de mano de obra (Cuadro 40 y Figura 38).

El análisis energético del cultivo de maíz en la comunidad de Pichátaro y de las regiones agrícolas especializadas puede ser equivalente a comparar sistemas productivos con diferente influencia de la tecnología de “revolución verde”. De forma análoga se han hecho estudios que comparan los sistemas agrícolas en diferentes tiempos. Por ejemplo, al inicio de la revolución verde y la década de los noventa. Los resultados de varios estudios resultan contradictorios: mientras algunos argumentan que la eficiencia de la producción agrícola ha aumentado, otros dicen lo contrario. Por ejemplo, Swanton *et al.* (1996) sostienen que para el cultivo del maíz la eficiencia en el uso de energía (cantidad requerida para producir una unidad de producto) aumentó entre 1975 y 1991 en 39.7%, el uso de energía por hectárea pasó de 19,400 MJ/ha a 11,700 MJ/ha y el rendimiento incrementó en 20%. Los autores atribuyen este aumento de eficiencia principalmente al mejoramiento de los procesos de producción de fertilizantes y al mejoramiento de la eficiencia en su aplicación.

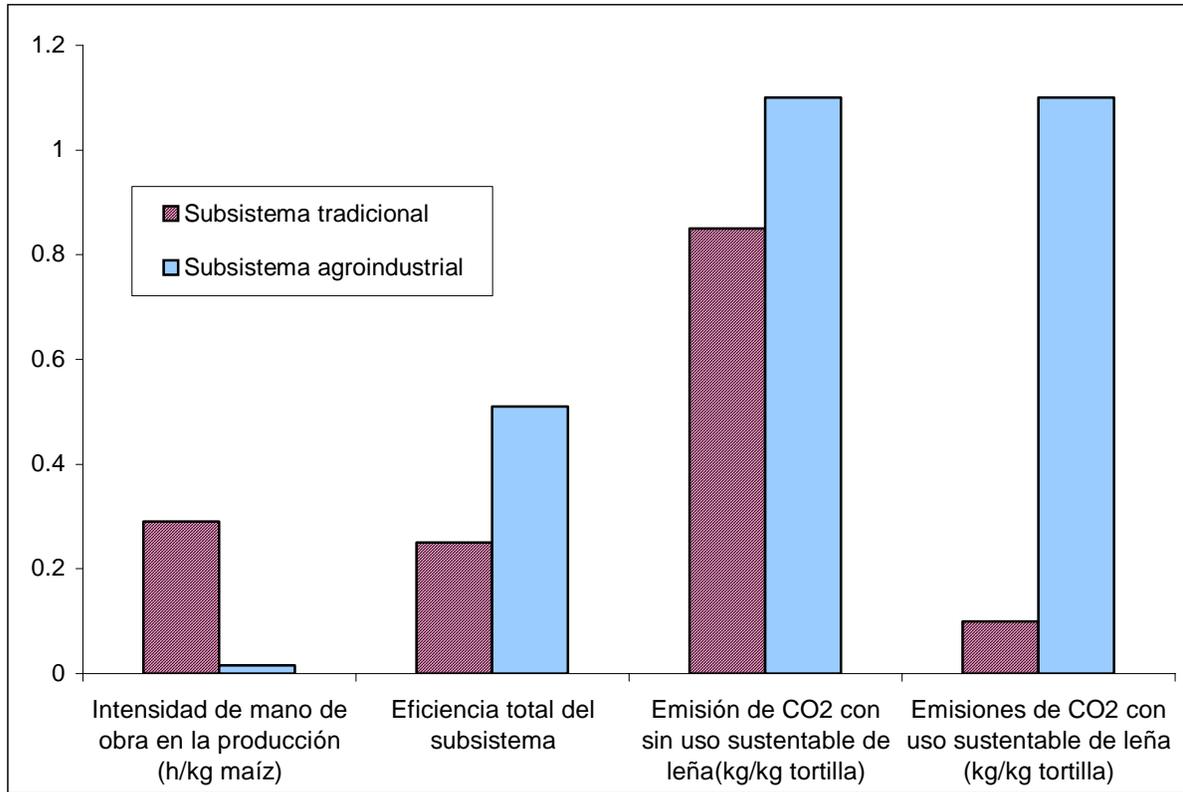


Figura 39. Comparación de intensidad de mano de obra en la producción, eficiencia total y emisiones de CO₂ en el subsistema tradicional y agroindustrial

En otro estudio sobre el cambio en la eficiencia realizado en Francia a escala de país se encontró que el uso de energía directa por unidad de producto aumentó entre 1959 (fecha de inicio del estudio) y 1977. Pero a partir de 1977 y hasta 1989 (fecha final del estudio) la cantidad de energía por cantidad de producto disminuyó, por lo que se deduce que la agricultura está siendo más eficiente cada vez (Bonny 1993). A Conclusiones similares llegaron Panesar y Fluck (1993), quienes con un método de análisis agregado estimaron la productividad energética del sistema agrícola de Estados Unidos. Ellos sostienen que la productividad energética más baja se alcanzó en 1979, pero a partir de esa fecha y hasta 1983 (donde terminan los datos) la productividad se ha mejorado a consecuencia de la situación de los energéticos y de las mejoras en la tecnología. Uhlin (1997) sostiene que de acuerdo con su análisis de entradas y salidas la agricultura en Dinamarca es más eficiente.

Por el contrario, Pimentel y Pimentel (1996) argumentan que con la tecnología agrícola moderna cada vez se invierte más energía por cada unidad de energía cosechada. Scholl (1994) quien encuentra que en Dinamarca a escala de país, de acuerdo a su análisis de

entradas y salidas, la agricultura perdió eficiencia entre los años 1936 a 1990, esto lo atribuye al alto uso de fertilizantes, combustibles y electricidad. Una posible explicación a esta aparente contradicción es la forma en que se consideran los cambios tecnológicos y la estructura de los sistemas agrícolas, en particular en la producción de insumos como los fertilizantes, y a enfoques incompletos de los sistemas agrícolas que no consideran todos los productos (Uhlin 1997).

Los resultados aquí presentados no significan que en abstracto la industrialización de los procesos agrícolas tenga por consecuencia un incremento en la eficiencia energética. Hay que tomar en cuenta que la comparación presentada se sustenta en dos casos concretos. Cada uno de los cuales se desarrolla bajo condiciones edáficas y climáticas contrastantes. Los suelos de Sinaloa, el Bajío y la Ciénega de Chapala son totalmente diferentes a los suelos de Pichátaro; así como la disponibilidad de agua. La semilla utilizada en el caso del subsistema agroindustria ha sido mejorada para incrementar los rendimientos al máximo con altas dosis de fertilizantes. Mientras que en San Francisco Pichátaro se presenta una amplia diversidad de maíz como estrategia de seguridad ante las condiciones adversas del clima y también por sus múltiples usos, en donde el valor del maíz de ninguna manera se mide solo por el rendimiento. Además hay que recordar que la altitud de San Francisco Pichátaro es el límite extremo del cultivo del maíz en México, allí se encuentra sujeto a una presión ambiental extrema.

Pasando a otro punto, en la etapa de procesamiento las diferencias entre subsistemas se hacen más profundas. En el subsistema tradicional se usa 148% más energía que en el agroindustrial (Figura 38). En total en el tradicional, considerando la producción y el procesamiento se usa 124% más energía. Como se ha comentado esto se debe principalmente al alto uso de leña en la cocción de las tortillas. Por esta razón al comparar sólo el uso de combustibles fósiles los resultados se invierten. El subsistema agroindustrial usa 757% más combustibles fósiles que el tradicional (Figura 38). El principal insumo es el gas LP, en el procesamiento tradicional el único insumo energético derivado de combustibles fósiles es la electricidad.

El uso total de energía en la cadena alimentaria del maíz tradicional es más del doble (124%) por kilogramo que en el subsistema agroindustrial. Por consiguiente, la eficiencia total del subsistema tradicional es menor en la misma proporción. (Figura 39). Pero hay que aclarar que no se pudieron incluir datos sobre el costo energético del almacenamiento del maíz en subsistema agroindustrial. Quizá sumando este gasto la diferencia entre un subsistema y otro se reduzca.

A esta cuantificación total de energía hay que hacer algunas acotaciones. En principio no todos los insumos y las fuentes energéticas usadas en la producción y transformación tienen las mismas características. La principal diferencia estriba en el tipo de recursos energéticos: renovables o no renovables. La energía derivada de combustibles fósiles es finita, mientras que la derivada de biomasa o labor animal y humana son renovables, esto marca una clara diferencia en las posibilidades de permanencia de uno y otro subsistema. El subsistema tradicional depende fundamentalmente de fuentes renovables, casi en un 92% (Figura 29), mientras que el agroindustrial está basado prácticamente en fuentes fósiles, cerca del 99% de las entradas son de este tipo de energía (Figura 32). Aunque en términos generales el agroindustrial use menos energía por unidad de producto (Kg de tortilla) no es necesariamente más sustentable.

En cuanto las emisiones brutas de CO₂, el subsistema agroindustrial libera más por unidad de producto. Lo anterior debido al mayor consumo de combustibles fósiles. Sin embargo, de acuerdo a estas estimaciones la diferencia no es marcadamente diferente y bajo el argumento de la falta de un análisis estadístico es difícil argumentar que haya una diferencia. Si en la etapa del procesamiento del subsistema tradicional se considera a la combustión de la leña como emisor neutro debido al uso renovable de la leña y sólo se toma en cuenta a las emisiones derivadas de energéticos fósiles la diferencia entre subsistemas aumenta. De ser así se liberarían sólo 0.104 kg de CO₂/kg de tortilla, lo cual equivale a 1 kg CO₂/ kg tortilla menos que en el subsistema agroindustrial, una cantidad importantemente menor.

A partir de los datos y los indicadores calculados es posible hacer algunas inferencias. El uso más eficiente de la energía total en el subsistema agroindustrial está relacionado con la

rentabilidad (beneficio:costo) del mismo. En el subsistema agroindustrial hay un mayor volumen de producción y un menor costo de los insumos comerciables (mano de obra, combustibles, fertilizantes, etc.) por unidad de producto obtenido. Además en las regiones donde se desarrolla las características climáticas y edáficas lo hacen más productivo en términos de mayores rendimientos por unidad de superficie (FIRA 1998). Por este motivo compite en el mercado local con el subsistema tradicional aún y cuando el maíz se debe transportar cientos de kilómetros. Por el contrario, el uso de energía desde una óptica más amplia y diferenciando los tipos de energía que se usan, es más sustentable en el subsistema tradicional, porque usa menos recursos energéticos no renovables (combustibles fósiles), depende más de recursos locales y la emisión de CO₂ puede ser ligeramente menor.

6.6 Puntos críticos dentro de los subsistemas

Antes de analizar los puntos críticos del sistema alimentario de maíz en función del análisis energético hay que tomar en cuenta el contexto y las características principales de cada subsistema. La producción local de maíz tal como señalan Álvarez-Icaza *et al.* (1993) se caracteriza por: 1) El maíz es un cultivo que asegura una parte del alimento básico a la familia y proporciona grano para vender en pocas cantidades durante el año para complementar el ingreso; las necesidades de la familia en ambos aspectos determinan la lógica y el volumen de producción que espera. 2) Buena parte de los costos de producción los absorbe el trabajo familiar, otra parte se puede cubrir a cambio de pago en especie (maíz en la cosecha). 3) El cultivo exige trabajo concentrado en pocos días, como el barbecho, la siembra, la escarda o la cosecha, en las temporadas de poca actividad la familia puede ocuparse en otras actividades como el trabajo asalariado, la albañilería, el comercio, la venta de madera o muebles. 4) Los residuos de la cosecha son alimento para el ganado, no cultivar maíz significa reducir la disponibilidad de forraje. En este estudio el forraje no se considera como un producto porque no entra directamente al sistema alimentario del maíz. Sin embargo, desde una perspectiva amplia los residuos de la cosecha se transforman en carne y leche que sirven de alimento humano.

Los múltiples factores que moldean al subsistema tradicional hacen difícil caracterizarlo sólo desde una perspectiva y es inapropiado describirlo sólo con indicadores energéticos. Sin embargo, este análisis permite arribar a ciertas conclusiones, pero es un complemento para evaluaciones más amplias donde se usen indicadores que cubran otras dimensiones del análisis.

Por otro lado, el sistema agroindustrial se caracteriza principalmente por estar orientado al mercado con el objetivo de obtener ganancias. Se busca maximizar la ganancia a partir de reducir los costos de producción y aumentando los rendimientos o beneficios del sistema (FIRA 1998, Toledo *et al.* 2002). En este contexto al análisis energético puede complementar al análisis económico para tener una mejor idea de su sustentabilidad (Pervanchon *et al.* 2002, Giampietro *et al.* 1994).

En general el mayor uso de energía y la emisión de CO₂ se deben al procesamiento del maíz para obtener tortillas en ambos subsistemas. En particular, el consumo de leña en la producción tradicional de tortillas y gas en la industrial representan el 82% y el 73% del uso de total energía, respectivamente. Por esta razón los esfuerzos orientados a mejorar y reducir el uso de energía en el procesamiento redundan en mayor medida en la eficiencia de la cadena completa comparado con las mejoras en la etapa de producción agrícola. Aunque en la etapa de producción también hay posibilidades de hacer modificaciones para aumentar la eficiencia.

6.6.1 Puntos críticos y mejoras en la etapa de producción en ambos subsistemas

La producción tradicional se enfrenta al reto de mejorar los rendimientos para elevar el desempeño energético. Los bajos rendimientos de la región en parte se deben a los suelos, y a las variables climáticas como la irregularidad de las lluvias y las heladas (Álvarez y Garibay 1992, Ramírez 1987) Ante esta situación un ligero incremento en el rendimiento puede mejorar el desempeño energético. Como se vio anteriormente elevar el rendimiento promedio a 1650 kg redonda en igualar el uso de energía con el subsistema agroindustrial (3.5 MJ/kg), pero sin depender de las mismas cantidades de insumos derivados de combustibles fósiles como en este último. Dicho incremento es factible de acuerdo a los estudios realizados en la zona, porque los maíces criollos tienen el potencial productivo, y está demostrado que bajo las condiciones ambientales de la región tienen un mejor desempeño que los híbridos (Mijangos 2005). El punto clave para mejorar la eficiencia del subsistema tradicional es la fertilización, porque es el insumo con el valor energético más alto y del cual dependen los rendimientos directamente (Clements *et al.* 1995, Hülsbergen *et al.* 2001, Franzluebbbers y Francis 1995).

Así mismo la producción agroindustrial de maíz tiene una alta dependencia de fertilizantes químicos elaborados bajo técnicas industriales, éstos representan el 59% de las entradas de energía en la etapa de producción (Figura 30). Muchos de los intentos por mejorar la eficiencia en la producción se han enfocado a encontrar las dosis de fertilización que permita el uso óptimo de la energía en sistemas agrícolas específicos (Hülsbergen *et al.* 2001, Gupta *et al.* 1984, Franzluebbbers y Francis 1995).

Se han realizado estudios de largo plazo sobre dosis de fertilización y balance energético, poniendo énfasis en el nitrógeno, porque es el nutrimento con el más alto valor energético. En ellos se ha encontrado que es necesario aplicar al menos una cantidad moderada de nitrógeno para aumentar la energía neta producida a través del incremento en el rendimiento. En estos estudios se observó que la energía aportada por el sol, las labores y otros insumos se usa pobremente cuando no se aplica nitrógeno (Hülsbergen et al 2001). Gupta *et al.* (1984) sugieren para aumentar la eficiencia del cultivo de maíz en algunas regiones de la India reducir la cantidad de estiércol que se aplica, sustituirlo por fertilizante nitrogenado e implementar el riego en donde sea posible. Hay que tomar en cuenta que en los tiempos de este estudio no estaba en boga la emisión de CO₂ a consecuencia del uso de fertilizantes de síntesis química.

La productividad de la energía tiene un comportamiento sigmoideal, a media que se incrementan las entradas de energía se incrementa la producción, pero hasta un punto donde la curva se vuelve asintótica. Por esta razón es necesario identificar el aporte óptimo de energía. Después de la aplicación de un modelo y la evaluación de 11 años en campo se recomienda en algunas regiones de China incrementar el aporte de fertilizantes orgánicos y en otras regiones se sugiere aumentar las dosis fertilizantes inorgánicos (Ma y Edwards-Jones 1997). Las recomendaciones dependen en gran medida de las condiciones locales y el tipo de cultivo.

En la comunidad de Pichátaro habría que hacer un análisis más profundo de las implicaciones de aumentar o usar fertilizante u abono orgánico. Por ejemplo, el promedio de rendimiento de las parcelas que no utilizaron fertilizante químico y aplicaron estiércol o nada fue de 1025 kg/ha y un uso de energía de 4.3 MJ/kg de maíz. En cambio las parcelas que usaron algún tipo de fertilizante químico tuvieron en promedio un rendimiento de 728 kg/ha y un uso de energía de 8.6 MJ/kg de maíz. La explicación a este comportamiento aparentemente contradictorio se encuentra en la intensidad del uso de la mano de obra. En las parcelas que se uso estiércol o nada de fertilizante se trabajaron en promedio 327 h/ha (horas hombre), mientras que en las parcelas donde se aplicó fertilizante químico se trabajaron 189 h/ha en promedio. El estiércol como se aplica en mayor cantidad requiere de más mano de obra, y los que no aplican ningún abono trabajan más en el control de

arvenses. En otras palabras utilizar fertilizante químico demanda menos trabajo humano, así las familias que tiene poca disponibilidad de mano de obra por ser pequeñas o dedicarse a otras actividades pueden continuar con el cultivo de maíz.

También se han desarrollado investigaciones para comparar en términos energéticos el manejo alternativo de arvenses con su correspondiente manejo convencional. El control de arvenses sólo representa entre el 20 y el 25% del consumo energético pero su reducción permite ahorrar energía sin reducir los rendimientos (Clementes *et al.* 1995). En otro estudio se compara el manejo integrado de cultivos contra el manejo normal en la zona. El manejo integrado consiste en hacer rotaciones con múltiples funciones, mínima labranza, manejo integrado de nutrientes y de protección al cultivo. Se concluyó que uso de energía por unidad de área era menor con manejo integrado. Pero con respecto a la producción no había diferencias contundentes (Bailey *et al.* 2003). Sin embargo, se demuestra que es posible mantener los rendimientos y reducir lo efectos negativos al ambiente al mejorar las prácticas de manejo.

Por otro lado, el alto costo energético de los fertilizantes se puede disminuir con la rotación de maíz con leguminosas. Esta práctica puede ser una alternativa para mejorar el coeficiente de entradas:salidas sin incrementar la aplicación de fertilizantes no sólo en la producción tradicional sino también en la agroindustrial (Franzluebbers y Francis 1995).

6.6.2 Mejoras en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional

La etapa de procesamiento tradicional en la comunidad de Pichátaro tiene amplias posibilidades de mejorar. Si se cambia el tipo de fogón que se utiliza actualmente y se sustituye por una estufa ahorradora de leña, por ejemplo, una estufa mejorada Patsari, el consumo de leña se reduciría en un 57 %, al pasar de 1.49 Kg de leña por kilo de tortilla a 0.63 Kg/Kg de tortilla (Maserá *et al.* 2005). En términos energéticos en la etapa de procesamiento reduce de 37.15 MJ/kg de tortilla a 19.29 MJ/kg, una reducción del 48% del uso de energía. Con este cambio y considerando que todos los componentes quedan igual la eficiencia total del sistema pasaría de 0.25 a 0.4, una décima de diferencia con respecto al sistema agroindustrial.

En lo referente las emisiones de CO₂ brutas se reducirían de 0.85 kg de CO₂/ kg de tortilla a 0.48 kg de CO₂/ kg de tortilla, con el uso de la estufa mejorada. Esta reducción equivale a 43%. Además se reduce la exposición al humo que sufren las mujeres con los fogones de tres piedras (Maserá *et al.* 2005). En relación a las emisiones netas los cambios necesarios tienen que ver con el aprovechamiento de la leña, porque si se hace un uso sustentable del recurso en donde la tasa de extracción no rebase la de producción, la emisión neta será cero. Debido a que el CO₂ liberado al momento de la combustión es el mismo que fue capturado durante la fotosíntesis y el crecimiento del árbol, manteniendo el ciclo de carbono sin incrementar la cantidad neta. A diferencia de cuando se quema un combustible fósil que tuvo carbono secuestrado por millones de años y al liberarlo altera los balances en la atmósfera (IPCC 2001a).

Realizando las mejoras en la etapa de producción y se reduce el uso de leña en la cocción de las tortillas con el uso de una estufa mejorada el subsistema tradicional bajaría su uso de energía un 47%, bajarían las emisiones brutas de CO₂ en 43% y aumentaría el coeficiente de eficiencia en 42% (Cuadro 41). Estas mejoras muestran que es posible elevar la sustentabilidad sin cambios necesariamente profundos y con tecnologías al alcance de las comunidades.

Cuadro 41: Mejora en el uso de energía en el subsistema tradicional con tecnologías alternativas

Indicador	Mejora	Situación actual	Situación alternativa	Diferencia
Uso de energía en la producción (MJ/kg de maíz)	Incremento del promedio de rendimiento a 1650 kg/ha	6.0	3.5	42%
Uso de energía en el procesamiento (MJ/kg de tortilla)	Uso de estufa Patsari	37.2	19.3	48%
Uso total de energía (MJ/kg de tortilla)	Las dos anteriores	41.7	22.0	47%
Eficiencia total del subsistema	Las dos anteriores	0.25	0.43	42%
Emisiones brutas de CO ₂ (kg/kg de tortilla)	Uso de estufa Patsari	0.85	0.48	43%

6.6.3 Mejoras en las etapas de transporte y procesamiento en el subsistema agroindustrial

En el sistema agroindustrial, además de reducir el uso de fertilizantes como se vio en una sección anterior, otro punto factible de mejorar es el transporte. De las tres regiones

productoras de maíz Sinaloa es la que más aporta a la región de la cuenca del lago de Pátzcuaro (17%) y a Pichátaro (50%). Si el abasto ocurriera únicamente del Bajío y de la Ciénega de Chapala, la distancia promedio recorrida por el maíz se reduciría en un 67% (al pasar de 714 Km que actualmente recorre a 236 Km). El uso de energía por transporte también bajaría en un 79%. Pasaría de 1.16 MJ/kg a 0.2 MJ/kg, una reducción considerable para este concepto.

Durante la elaboración de las tortillas en el sistema agroindustrial el consumo de gas es el principal punto crítico. De allí que muchas de las innovaciones recientes en las maquinas tortilladoras sea reducir el consumo de gas (Rubio 1997, Novelo y García 1987). De acuerdo a los resultados el gas representa el 73% del consumo energético total. Según los datos promedio reportados en las tortillerías de Pichátaro se consumen 0.478 litros de gas por kilo de tortilla producida, una cantidad que incluye la nixtamalización. Por la imposibilidad de diferencia el consumo de gas para nixtamalizar el maíz y cocer las tortillas se pueden hacer pocas comparaciones.

Sin embargo, las máquinas disponibles en el mercado de la misma capacidad a las utilizadas en la comunidad reportan un consumo de gas entre 0.042 lt/kg y 0.037 lt/kg de tortilla (Máquinas Tortilladoras Celorio, especificaciones técnicas de las máquinas 70-K, 100-K). Estos valores son gastos mucho menores al calculado, aunque como se sabe en la estimación de las tortillerías de la comunidad se incluye a la nixtamalización.

El cambio de las máquinas tortilladoras por otras más recientes implica una fuerte inversión. Considerando que la producción de tortillas industrial en la región no es una actividad que tenga altos volúmenes de producción se ve poco factible que los dueños hagan la inversión en el corto plazo. A menos que se apoyen en los créditos que ofrecen las empresas productoras de harina. Este cambio implicaría cambiar al maíz como insumo preponderante por la harina nixtamalizada. Un cambio que significa una reducción de la utilidad del productor de tortilla si no maneja grandes volúmenes de producción (Torres 1996, Ferrer 1996, Palomera 1997).

7 CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta tesis representa un ejercicio de integración de información de diferente tipo, tanto porque recopila estudios y estadísticas sobre agricultura, industria, nutrición, ambiente, cultura, entre otros, como porque vincula información a diferentes escalas. Así mismo demuestra que es posible analizar la producción de alimentos, su transformación y consumo desde una perspectiva integradora. En este sentido, el concepto de sistema alimentario adquiere una expresión concreta a través del análisis energético.

En general los estudios energéticos son buenos indicadores de la forma de uso de los recursos naturales. Se debe tener presente que el punto de vista energético, es sólo una dimensión de un análisis que debe incorporar indicadores de otra naturaleza. El uso de la energía es sólo un aspecto dentro de todos los componentes del manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En particular los estudios energéticos realizados sobre la agricultura y la transformación tradicional de alimentos brindan directrices de cómo se requiere y puede mejorar la calidad de vida rural utilizando eficientemente los recursos energéticos locales.

El hecho que los resultados presentados muestren al subsistema alimentario tradicional de Pichátaro como menos eficiente en comparación con el subsistema agroindustrial no significa que la industrialización derive en mayor eficiencia. Estos resultados se deben a que se comparan dos procesos productivos concretos cada uno dentro de un contexto ecológico y social muy diferente. Cuando la producción agrícola tradicional se compara con la industrializada bajo las mismas condiciones ecológicas, la industrializada es siempre menos eficiente.

Tal como muchos autores lo han señalado, el análisis energético debe precisar los tipos de energía involucrados en los procesos. Con mayor razón ahora que además de considerar la disponibilidad futura de los recursos energéticos se debe poner atención en los efectos que éstos causan, como la emisión de CO₂ y otros gases vinculados con el cambio climático.

Los cambios tecnológicos ocurren a la par con los cambios en la configuración social, sin que pueda definirse con claridad si los cambios tecnológicos ocurren a raíz de una transformación social o si las transformaciones sociales son producto de los avances tecnológicos. Es un proceso de causa efecto recíproco. En el caso concreto del sistema alimentario del maíz, éste se ha ido modificando, desde la introducción de los molinos en la década de los 50's y las máquinas tortilladoras en los 80's en las comunidades rurales de la cuenca del Lago de Pátzcuaro, junto con una transformación en las actividades productivas de las comunidades y en el rol de la mujer. Sin embargo, los procesos de adopción de la tecnología distan mucho de ser lineales porque son modulados por los factores culturales. Por ejemplo, no se usa el tractor para todas las prácticas agrícolas a pesar de estar disponible desde hace al menos tres décadas, ni todas las familias consumen tortillas de la tortillería aun y cuando son accesibles a un precio más bajo que las tortillas tradicionales.

Es difícil encontrar en la realidad expresiones completamente diferenciadas entre el modo tradicional y agroindustrial de producción y consumo de alimentos. Se habla de la existencia de una gama que comparte en mayor o menor medida características entre estos dos modos opuestos y extremos. Sin embargo, el procesamiento del maíz puede ser una excepción, al menos en las comunidades de la cuenca, pues las dos formas alternativas son excluyentes. La elaboración de tortillas de forma tradicional en casa se sigue realizando de forma muy similar a como se hacía tiempos prehispánicos. Ahora sólo se ha incorporado el molino, pero éste en la práctica es un metate eléctrico, que usa la misma piedra volcánica. Por otro lado, el procesamiento agroindustrial se basa en el uso de recursos fósiles y las investigaciones tecnológicas actuales están orientadas a sustituir la nixtamalización tradicional por otro método más eficiente, como es el caso de la extrusión.

De acuerdo con los resultados aquí mostrados la integración alimentaria regional que existía en el pasado se ha roto por los procesos económicos de gran escala. Esto indica que se necesitan estudios para describir estos procesos y buscar alternativas para la solución de esta problemática. La cual se traduce en la falta de mercados para los productos agrícolas locales.

En el contexto de la apertura comercial internacional del maíz y de la disparidad en la productividad entre regiones al interior del país es necesario tomar acciones. Entre ellas se encuentran: revalorar e incentivar el consumo de maíz local como una forma de reintegrar económicamente a la región y para disminuir los costos ambientales derivados del transporte. Otra opción puede ser generar alianzas entre los agricultores y los tortilleros al interior de las regiones buscando las variedades criollas que tienen una mejor aptitud para ser procesadas en las tortillerías. Tomando en cuenta que las comunidades podrían ser autosuficientes de maíz.

Existen varias lagunas de información para realizar una integración y un análisis del sistema alimentario más apegado a la realidad. En concreto, hace falta disponibilidad de información en la parte del procesamiento que es llevado a cabo por las empresas. Además sería ideal que la información estadística oficial de temas agrícolas, de transformación agroindustrial y de consumo de alimentos pudiera estar integrada a nivel nacional y estatal. Se puede pensar al sistema alimentario como el marco para la toma de decisiones en materia de política agrícola, agroindustrial y de abasto de alimentos y no ver a cada etapa desvinculada, siendo que cada una es un vagón del mismo tren.

Por otro lado, es necesario realizar más investigaciones sobre el consumo del maíz en otras regiones del país, así como en otros productos del sistema alimentario. Esto posibilitaría hacer comparaciones y establecer tendencias. Además resulta importante desarrollar modelos para analizar el sistema alimentario desde diversos ejes como el cultural, el nutricional, el tecnológico, el ambiental y el económico; además que integren la información a escala comunitaria, regional y nacional; así como definir los mejores indicadores para cada escala y estudiar las interacciones que hay entre una y otra

8 REFERENCIAS

Acevedo M., C. 1997. Comparación de la calidad del maíz (*Zea mays* L) recibido en tres molinos de la zona metropolitana y una fabrica de harina de maíz nixtamalizado. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Aguilar, J., Illsley, C. y C. Marielle. 2003. Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. *In*: Esteva, G. y C. Marielle (coords). Sin Maíz no hay país. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México.

Alonso, A. y L. Rodríguez. 1982. Diagnóstico y pronóstico sobre energía solar, biomasa y energía eólica. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.

Alvarenga A, B. y A. M. Ribeiro D. L. 1983. Física General, con experimentos sencillos. Nueva edición actualizada. Editorial Harla. México

Álvarez-Icaza, P., y C. Garibay. 1992. producción agropecuaria y forestal. *In*: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedrich Ebert. México.

Álvarez-Icaza, P. 1988. Economía campesina y agricultura indígena tradicional en la región Purhépecha. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. División de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México.

Álvarez-Icaza, P., Cervera, G., Garibay, C., Gutiérrez, P. y F. Rosete. 1993. Los umbrales del deterioro, la dimensión ambiental de un desarrollo desigual en la Región Purépecha. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales y Desarrollo Social en Áreas de Subsistencia. Fundación Friedrich Ebert. México.

Ander-Egg, E. 1993. Metodología práctica del desarrollo de la comunidad. Primera edición, duodécima reimpresión. Editorial El Ateneo. México.

Arámbula, G., M. Yáñez-Limón, J. González-Hernández, J. L. Martínez, J. D. C. Figueroa, J. J. Alvarado-Gil, H. Vargas y F. Sánchez-Sinencio. 1998. Effects of starch gelatinization

on the thermal, dielectric and rheological properties of extruded corn masa. *Journal of Cereal Science*, 27: 147–155.

Arámbula-Villa, G., González-Hernández, J., y C. A. Ordorica-Falomir. 2001. Physicochemical, structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *Journal of Cereal Science*, 33: 245–252.

Astier, M. 2004. Estudio sistémico de la elaboración de tortillas tradicionales: su impacto en el uso y conservación de los recursos naturales en la Cuenca Pátzcuaro-Zirahuén. Documento Interno del Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A. C. Pátzcuaro, Michoacán.

Bailey, A. P., Basford, W.D., Penlington, N., Park, J. R., Keatinge, J. D. H., Rehman, T., Tranter, R. B. y C.M. Yates. 2003. A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in the UK. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 97: 241-253.

Barkin, D. 2003. El maíz y la economía. *In*: Esteva, G. y C. Marielle (coords). *Sin Maíz no hay país*. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México.

Baarera-Bassols, N. 1986. La cuenca del lago de Pátzcuaro Michoacán: Aproximación al análisis de una región natural. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.

Barrera-Bassols, N. 1992. Ecogeografía. *In*: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. *Plan Pátzcuaro 2000*. Fundación Friedrich Ebert. México.

Barrera-Bassols, N. 2003. Symbolism, Knowledge and Management of Soil and Land Resources in Indigenous Communities: Ethnopedology at Global, Regional and Local Scales”. Tesis Doctoral. Faculty of Science, University of Gent, Belgium and International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.

Bassols B., A. 1984. Geografía económica de México, teoría, fenómenos generales, análisis regional. Quinta edición. Editorial Trillas. México.

Bassols B., A., Torres, F y J. Delgadillo (Coords) 1994. El abasto alimentario en las regiones de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.

Bauer, M., Chong, I., Moreno, E., Quintanilla, J. y F. Torres. 1994. El agua y la energía en la cadena alimentaria: granos básicos. Programa Universitario de Energía, Programa Universitario de Alimentos, Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.

Bejines R., G. 1999. Zonificación agroecológica para generar recomendaciones en la producción de maíz en el estado de Jalisco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Bonfil B., G. 2005. México profundo una civilización negada. Ed. Random House Mondadori. México.

Bonny, S. 1993. Is agriculture using more and more energy? A french case study. *Agricultural Systems*, 43: 51-66.

Bourges, T. 1974. El valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tabla de uso Práctico. 6ª edición. Instituto Nacional de Nutrición. México.

Brown, M. T., y R. A. Herendeen. 1996. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. *Ecological Economics*, 19: 219-235.

Bueche, F. 1984. Fundamentos de física. Cuarta edición en ingles. Segunda edición en español. Editorial McGraw Hill. México.

Caballero N., J. 1978. Estudio botánico y Ecológico de la Región del Río Uxpanapa, Veracruz, el uso agrícola de la selva. *Biotica* 3: 63-83.

Caballero, J., Barrera-Bassols, N y C. Mapes. 1992. La vegetación terrestre. *In: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedich Ebert. México.*

Camarena L, M. y M. Salgado V. 1994. Transporte de las importaciones de graneles agrícolas. *In*: Bauer, M., Chong, I., Moreno, E., Quintanilla, J. y F. Torres. El agua y la energía en la cadena alimentaria: granos básicos. Programa Universitario de Energía, Programa Universitario de Alimentos, Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.

Campbell, B., J. A. Sayer, P. Frost, S. Vermeulen, M. Ruiz P., A. Cunningham, R. Prabhu. 2001. Assessing the performance of natural resource systems. *Conservation Ecology*, 5:22-28.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. y A. Ozmerzi. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46: 655–666.

Castilleja G, A. (Coord), Mendoza B., M. O., Fernández V., M. U. y L. M. Enkerlin. 2000. Pátzcuaro, pasado, presente y ... Centro de Estudios Sociales y Ecológicos, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

Castilleja, A. 1992. Población. *In*: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedich Ebert. México.

CCA. 2005. Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas en América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental para América del Norte. Disponible en Internet: http://www.cec.org/files/PDF/POLLUTANTS/PowerPlant_AirEmission_es.pdf

Chacón, A. 1992. El ecosistema lacustre. *In*: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedich Ebert. México.

Chías B, L. 1993. El transporte de alimentos en México: situación frente a la globalización de los mercados. *In*: Delgadillo J, M., Fuentes A, L., y F. Torres T. Los sistemas de abasto alimentario en México frente al reto de la globalización de los mercados. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Clary BA, Hahn AJ, Maretzki AN. 1991. Facilitator's Manual. The Northeast Network for Food, Agriculture and Health Policy. Cooperative Extension System. Produced by Cornell Cooperative Extension.

Clements, D. R., Weise, S. F., Brown, R., Stonehouse, D. P., Hume, D. J., y C. J. Swanton. 1995. Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52: 119-128.

Cole, V., Cerri, C., Minami, K., Mosier, A., Rosenberg, N. and D. Sauerbeck.: 1996. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions, *In* R. Watson, M. Zinyowera and R. Moss (eds.), '*Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*', Contribution of Working Group II to the Second Assessment of the IPCC, Cambridge, Cambridge University Press.

Cortes P, C. 1996. El transporte en el abasto de las grandes ciudades: el caso de México. *In*: L. Chias, y M. Pavón (eds). Transporte y abasto alimentario en las ciudades latinoamericanas. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Cowell, S. J. y S. Parkinson. 2003. Localization of UK food production: an analysis using land area and energy as indicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94: 221–236.

CREFAL. 1994. Diagnóstico sobre la producción de maíz en el área de Convergencia Campesina. Centro Regional de Cooperación para la Educación de los Adultos de América Latina. Servicios Alternativos para la Educación y el Desarrollo. Convergencia Campesina de Michoacán. México.

Dalgaard, T., N. Halberg, J. R. Porter. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Agroecosystems and Environment*, 87: 51–65.

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

de Boo, W., 1993. Environmental and energy aspects of liquid biofuels. Centrum voor energisparing en shone technologie, Delft, Holland.

DETR, 2000. Quality of life counts. Government Statistical Service. London.

EPA. 2005. Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2003. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. USA. Disponible en: <http://www.epa.gov/globalwarming>.

Esteva, G. 2003. Los árboles de las culturas mexicanas. *In* Esteva, G. y C. Marielle (coords). Sin Maíz no hay país. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México.

FAO. 2003. Hoja de balance de alimentos 2002. Disponible en Internet: <http://fasostat.fao.org>.

FAOSTAT. 2005. Base de datos de la FAO. Disponible en Internet: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture&language=ES>

Ferrer P. J. 1996. Manix: solución ecológica y económica para los molinos. *In*: Torres, F., Moreno, E., Chong, I, y J. Quintanilla (Coords.). La industria de la masa y la tortilla: desarrollo y tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

FIRA, 1998. Oportunidades de desarrollo del Maíz Mexicano, alternativas de competitividad. Fideicomisos instituidos en Relación Con la Agricultura en el Banco de México. FIRA Boletín Informativo. Vol. 30. Numero 309 México.

Florescano, E. 2003. Imágenes y significados del Dios del maíz. *In* Esteva, G. y C. Marielle (coords). Sin Maíz no hay país. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México.

Fluck, R. C. 1979. Energy productivity: a measure of energy utilization in agricultural systems. *Agricultural Systems*, 4: 29-37

Fluck, R. C. 1980. Agricultural energetics. Avi Publishing Company INC Weasport. Connecticut.

Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., y R. Poincelot. 2003. Agroecology: The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22: 99-180 .

Francis, C., Lieblein, G., Steinsholt, H., Breland T. A., Helenius, J., Sriskandarajah, N., y L. Salomonsson. 2005. Food systems and environment: building positive rural-urban linkages. *Human Ecology Review*, 12: 60-71.

Franzluebbers, A. J., y C. A. Francis. 1995. Energy output:input ratio of maize and sorghum management systems in eastern Nebraska Agriculture. *Ecosystems and Environment*. 53: 271-278.

García G., I. 1996. Análisis comparativo de la rentabilidad de los cultivos del maíz y sorgo en el municipio de Pénjamo Guanajuato 1995. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

García M, N. 1994. Procesos no convencionales de elaboración de harinas instantáneas para tortilla. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la república mexicana. Tercera Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Gazca Z., J. 1996. Los circuitos interregionales del abasto alimentario de la Ciudad de México. *In: L. Chias, y M. Pavón (eds). Transporte y abasto alimentario en las ciudades latinoamericanas. Instituto de Geografía, UNAM. México.*

Geng, S., C. E. Hess, J. Auburn. 1990. Sustainable agricultural systems: concepts and definitions. *Journal of agronomy and crop Science*, 165: 73-85.

Georgiadis, P., Vlachos, D., Iakovou, E. 2005. A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of food engineering*. 70: 351–364.

Giampietro, M y D. Pimentel. 1991. Energy efficiency: assessing the interaction between humans and their environment. *Ecological Economics*, 4:117-144.

Giampietro, M., Bukkens, S. G. F. y D. Pimentel. 1994. Models of energy analysis to assess the performance of food systems. *Agricultural Systems*, 45: 19-41.

Gliessman, S. R. 2000. *Agroecology, ecological processes in sustainable agriculture*. Lewis Publishers. USA.

Gliessman, S. R., Werner, M. R., Sweezy, S., Caswell, E., Cochran, J. y F. Rosado-May. 1996. Conversion to organic strawberry management changes ecological processes. *California Agriculture*, 50:24-31

Goldemberg, J. 1996. *Energy, Environment & development*. Earthscan Publications Limited. UK

Gómez-Tagle R, A. Y. Chavez H., A. Gómez-Tagle C. , H. Zepeda C. 2001. Proyecto: diagnóstico de los suelos de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo. Secretaria de Medioambiente y Recursos Naturales. Morelia Mich.

Gorenstein, S. y H. P. Pollard. 1983. The tarascan civilization: a late prehispanic cultural system. Vanderbilt University. *Publication in Anthropology* 28. Nashville, Tennessee.

Gorris, L. G. M. 2005 Food safety objective: An integral part of food chain management. *Food Control*, 16: 801-809

Gupta, R. S. R., Malik, H. S., Malik, R. K., Y A. R. Rao. 1984. Energy utilization in maize production. *Energy*, 9:189-192.

Hansen, J.W. 1996. Is agricultural sustainability a useful concept. *Agricultural Systems*, 50:117-143.

Heller, M. C. y G. A. Keoleian. 2000. Life cycle-based sustainability indicators for assessment of the US food system. Center for Sustainable Systems. School of Natural Resources and Environment. University of Michigan.

Heller, M. C. y G. A. Keoleian. 2002. Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems*, 76:1007–1041.

Hernández C., F. y J. J. Luna L. 1999. Manejo de la energía en los sistemas de producción agrícola en Yuriria, Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Hernández H., J. L. 2000. Producción y rentabilidad del cultivo del maíz en el DDR 089 Sahuayo Michoacán. Informe analítico. Universidad Autónoma Chapingo México.

Hernández X., E. 1987. Agricultura Tradicional y Desarrollo. *In*: Xolocoxia, obras de Efraín Hernández Xolocotzi. Tomo I. Revista Geografía Agrícola. México.

Howes, M. 1985. Rural energy surveys in the third world, a critical review of issues and methods. International Development Research Centre. Canada.

Hülsbergen, K. -J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., y W. Diepenbrock. 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86: 303–321.

INE. 2000. Inventario de nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1994-1998. Instituto Nacional de Ecología. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

INEGI. 2001. Principales resultados por localidad. Estados Unidos Mexicanos. XII censo general de población y vivienda 2000. CD-Rom. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

IPCC. 1997. Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Versión Revisada en 1996 Volumen 2. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos. PNUMA. OMM. Reino unido. Disponible en Internet: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.htm>

IPCC. 2000. Land use, land use change and forestry. First Edition. Cambridge University Press. New York.

IPCC. 2001a. Climatic Change: the scientific basis. First Edition. Cambridge University Press. New York.

IPCC. 2001b. Cambio climático 2001: informe de síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Switzerland.

Iturriaga, J. N. 1993. La cultura del antojito. Ed Diana. México.

Jones, M. R. 1989. Analysis of the use of energy in agriculture pproaches and problems. *Agricultural Systems*, 29: 339-355

Jungmeier G y J. Spitzer. 2001. Greenhouse gas emissions of bioenergy from agriculture compared to fossil energy for heat and electricity supply. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 267–273.

Keith, D. W., y J. S. Rhodes 2002. Bury, burn or both: a two-for-one deal on biomass carbon and energy. *Climatic change*, 54: 375–377.

Lapping, M. B. 2004. Toward the recovery of the local in the globalizing food system: the role of alternative agricultural and food models in the US. *Ethics, Place and Environment*, 7: 141–150.

Leach, G y M. Gowen. 1989, Manual de referencia sobre el sector energético residencial. Documento Técnico del Banco Mundial 67S. Banco Mundial. Washington D. C.

Levin A. S. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, 76: 1943-1967

Lind, D. y E. Barham. 2004. The social life of the tortilla: food, cultural politics and contested commodification. *Agriculture and Human Values*, 21: 47-60.

López, R S. 2003. Caracterización de sistemas de manejo. Material de lecturas del Curso-taller Internacional Evaluación sustentabilidad para el manejo de recursos Naturales. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada. Pátzcuaro, Michoacán.

Lovell, C., A. Mandondo, y P. Moriarty. 2002. The question of scale in integrated natural resource management. *Conservation Ecology*, 5: 25-36. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art25>

Ma, Z. Y., y G. Edwards-Jones. 1997. Optimizing the external energy input into farmland ecosystems: a case study from Ningxia, China. *Agricultural Systems*, 53:269-283

MAFF, 2000. Towards sustainable agriculture: a set of pilot indicators. HMSO. London.

Malassis, L. y Ghersi, G. (coords.). 1992. *Initiation à l'économie agroalimentaire*. France: Hatier.

Mapes, C., Toledo, V. M., Barrera, N., y J. Caballero. 1994. La agricultura en una región indígena: la cuenca del lago de Pátzcuaro. *In: Rojas R., T. (coord.) Agricultura indígena: pasado y presente*. Ediciones de la Casa Chata, México DF.

Marceau, D. J. 1999. The scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of Remote Sens*, 25: 347-356.

Martin, J. F., Diemont, S. A. W., Powell, E., Stanton, M., y S. Levy-Tacher. 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 115: 128-140.

Masera O., Astier M., y López- Ridaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. Ed. Mundi-Prensa, GIRA, UNAM. México.

Masera, O., Díaz, R., y V. Berruela. 2005. From cookstoves to cooking systems: the integrated program on sustainable household energy use in México. *Energy for Sustainable Development* 9: 25-36

Masera, O., Almeida, R., Cervantes, J., Shankar, G., García, L., Garza, J., Joaquín, R., Juárez, C., Márquez, C., Martínez, M., Navia, J., Ortiz, A., Pérez, R., y C. Sheinbaum. 1987. El patrón de consumo energético y su diferenciación social, estudio de caso en una comunidad rural de México. Cuadernos sobre prospectiva energética. Número 108. El Colegio de México. México.

Masera, O., y M. Astier. 1995. Energía y sistema alimentario en México: aportaciones de la agricultura alternativa. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Aplicada A. C. México.

Massieu T., y L. Lechuga M. 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Revista Análisis Económico*. Universidad Autónoma Metropolitana. 17: 281-303.

Mendoza R, J. L., Macias C., J. y E. Cortés M. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el Norte de Sinaloa y su impacto económico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico N. 21.

Mijangos C., J. O. 2005. Estudio de la diversidad genética y relaciones filogenéticas en poblaciones de maíz de la Sierra Tarasca de Michoacán. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Mitastein, M. 1996. Las dos caras de la tortilla: de lo urbano a lo rural. *In*: Torres, F., Moreno, E., Chong, I, y J. Quintanilla (Coords). La industria de la masa y la tortilla: desarrollo y tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Mitchell, G., May, A., MacDonald, A. 1995. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *Int. J. Sustain, Dev. World Ecol.* 2, 104-123.

Molina, L. E. 1995. Revisión de algunas tendencias del pensamiento agroalimentario (1945-1994). *Agroalimentaria*. Septiembre Número 1.

Morales D., M. A. 2004b. Producción y aplicación de abonos orgánicos para reducir costos de producción en el cultivo del maíz en San José de la Catarina, Salvatierra, Gto, Memoria de Experiencia Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Morales V. J. G. 2004a. La cadena Agroalimentaria del maíz comercial en Jalisco (1990-2000) reconversión de sus instituciones. Tesis de doctorado. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. México.

Novelo, V., y A. García. 1987. La tortilla: alimento, trabajo y tecnología. Complementos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos. Universidad Nacional Autónoma de México.

Odum E. 1988. Self-organization, transformity, and information. *Science*, 242: 1132-1139.

Ortega C, A., Cota A, O., Guerrero H, M., Cortés J, J. M., Ortiz E, J. E., Tamayo E, L. M., Pacheco C, J. J., Álvarez Z, M. Y P. Félix V. 2003. El cultivo del maíz, una alternativa para el ciclo de otoño-invierno en el sur de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Experimental del Noroeste. México.

Ortega P. R. 2003. La diversidad del maíz en México. *In*: Esteva, G. y C. Marielle (coords). Sin Maíz no hay país. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México.

Pagan, R. y M. Lake. 1999. A whole of life approach to sustainable food production. *Industry and environment*. UNEP, 22:13-18.

Palomera, N. 1997. Programa de modernización de la industria de la masa y la tortilla del Valle de México. *In*: Torres S, G. y M. Morales (Coord). Maíz-Tortilla políticas y alternativas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Palma G., J. J. A. 1983. Producción de maíz en cuatro comunidades de la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, bajo diferentes condiciones edáficas. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Panesar, B. S., y R. C. Fluck. 1993. Energy productivity of a production system: analysis and measurement. *Agricultural Systems*, 43: 415-437.

Paustian, K., Cole, C. V., Sauerbeck, D., y N. Sampson. 1998. CO₂ mitigation by agriculture: an overview. *Climatic Change*, 40:135-162.

Peña R. J. 2004. Reestructuración productiva agrícola en México durante los años noventa: el caso del maíz. *In*: B. Rubio (Corrd). El sector agropecuario mexicano frente al nuevo milenio. Universidad Nacional Autónoma de México. Plaza y Valdés editores. México.

Pervanchon, F., Bockstaller, C., y P. Girardin. 2002 Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agricultural Systems*, 72:149–172

Peterson, G., Allen, C.R., Holling, C.S., 1998. Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, 1: 6-18.

Pimentel, D. 1980a. Introduction. *In*: Pimentel, D. (ed) Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press, Inc. Boca Raton Florida.

Pimentel, D. 1980b. Energy used for transporting suppliers to the farm. *In*: Pimentel, D. (ed) Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press, Inc. Boca Raton Florida.

Pimentel, D. 1993. Economics and energetics of organic and conventional farming. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 6:53-60.

Pimentel, D. and M. Pimentel. 1996. *Food, Energy and Society*. Boulder, CO: Colorado University Press.

Pimentel, D., Hurd, L. E., Bellotti, A. C., Foster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., y R. J. Whitman. 1973. Food production and the energy crisis. *Science*, 182:443-449.

Pimentel, D., M. Burgess. 1980. Energy inputs in corn production. *In*: Pimentel, D. (ed) Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press, Inc. Boca Raton Florida.

Pimentel, D., W. Dazhong, M. Giampietro. 1990. Technological changes in energy use in U.S. agricultural production *In*: Gliessman, S. Agroecology, Researching the ecological basis for sustainable agriculture. Springer-Verlag.

Pimentel, D., y M. Pimentel. 2005. El uso de la energía en la agricultura, una visión general. *Leisa*, revista de Agroecología. Junio 5-7.

Plaza G., D. 1998. Comparación de los sistemas de producción de cultivos básicos en el municipio de Salvatierra, Gto. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Pollard, H. P. 1980. Central places and cities: A consideration of the protohistoric Tarascan State. *American Antiquity*, 45: 677-696.

Prindezis, N., y C. T. Kiranoudis. 2005. An internet-based logistics management system for enterprise chains. *Journal of Food Engineering*. 70: 373-381.

Ramírez G., J. L. 2001. Rentabilidad financiera de maíz, trigo y sorgo en Guanajuato y maíz en Sinaloa, bajo el sistema de labranza convencional y de conservación. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Ramírez R., A. 1987. Manejo tradicional del maíz en el área purépecha. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán México.

Ramos R, A., y E. Hernández X. 1987. Reflexiones sobre el concepto de agroecosistemas. *In*: Xolocoxia, obras de Efraín Hernández Xolocotzi. Tomo I. Revista Geografía Agrícola. México.

Rangel-Meza, E., Muñoz, A., Vázquez-Carrillo, G., Cuevas-Sánchez, J., Merino-Castillo, J., y S. Miranda-Colín. 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia*, 38: 53-61.

Raoult-Wack, A. L., y N. Bricas. 2002. Ethical issues related to food sector evolution in developing countries: about sustainability and equity. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 15: 325–334.

Reddy, A. K. N. 1982. Principles of integrated energy systems. 6° Nacional Solar Energy Convention. Indianan Institute of Sciencie. Bangalore, India.

Refsgaard, K., Halbergb, N y E. S. Kristensenb. 1998. Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural Systems*. 57: 599-630.

Reyes, J. 1992. La producción artesanal. *In*: Toledo, V., P. Álvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedich Ebert. México.

Robinson, D. W., y R. C. Molland. 1982. Energy management and agricultura. Royal Dublin Society. Dublin.

Rojas-Rabiela, T. 1991. La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días. Grijalbo. Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes. México. 420 p.

Rubio, M. 1997. La industrialización de la harina de maíz y la tortilla. Su desarrollo Tecnológico. *In*: Torres S., G y M. Morales I. (Coord). Maíz-Tortilla políticas y alternativas. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

SAED.----- . Base de Datos del Programa de Desarrollo Regional de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro Servicios Alternativos para la Educación y el Desarrollo A. C. Pátzcuaro. Michoacán.

SAGARPA 2003, Anuario Agrícola 2003. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México.

SAGARPA, 2004. Situación actual y perspectiva del maíz en México 1990-2004. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Disponible en Internet: www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_compublic2.html

Schejtman, A. 1994. Economía política de los sistemas alimentarios en América Latina. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

Schneider, D. C. 2001. The rise of the concept of scale in ecology. *BioScience*, 51: 545-553.

Scholl, H. 1994. Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 51: 301-310

Schulze, R. 2000. Transcending scales of space and time in impact studies of climate and climate change on agrohydrological responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 185–212

SENER 2005. Balance nacional de energía. Dirección general de información y Estudios Energéticos. Secretaría de Energía. México.

Serna S., S. O. 1999. Utilización industrial del maíz en México. In: Espinoza V, J., y J. del Bosque C. (editores) Segundo Taller Nacional de especialidades de maíz. Universidad Autónoma Antonio Narro. Saltillo, México.

Serna-Saldivar, S.O., Gómez, M.H. and Rooney, L.W. 1990. Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. Cap. 4. In: *Advances in Cereal Science and Technology*. Vol. X., (Y. Pomeranz ed.). American Association of Cereal Chemist. St. Paul MN. pp 253–307.

SIAP 2004. Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadera 2004. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Alimentación, Desarrollo Rural y Pesca. Disponible en Internet: www.sagarpa.gob.mx.

SMN. 2005. Normales climatológicas 1961-1990. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en Internet: <http://snm.cna.gob.mx>.

Stanislawski, D. 1950. The anatomy of eleven towns in Michoacán. The University of Texas Press. Institute of Latin-American Studies, Latin-American Studies X. Austin, Texas.

Swanton, C. J., Murphy, S. D., Humea, D. J., y D. R. Clement. 1996. Recent improvements in the energy efficiency of agriculture: case studies from Ontario, Canada. *Agricultural Systems*, 52: 399-418.

Taylor, A. E. B., O'Callaghan, P. W., y S. D. Probert. 1993. Energy audit of an English farm. *Applied Energy*. 44: 315-335.

Toledo, V. 1992. Investigación multidisciplinaria para el desarrollo sostenido. *In*: Toledo, V., P. Alvarez-Icaza, P. Ávila. Plan Pátzcuaro 2000. Fundación Friedrich Ebert. México.

Toledo, V. y N. Barrera-Bassols, 1984. Ecología y desarrollo rural en Pátzcuaro. Instituto de Biología. UNAM. México.

Toledo, V., P. Alarcón-Cháires, y L. Barón. 2002. La modernización rural de México: un análisis socioecológico. SEMARNAT, INE, UNAM. México.

Torres S. G. 1996. Aspectos sociales de la industria de la masa y la tortilla. *In*: Torres, F., Moreno, E., Chong, I, y J. Quintanilla (Coords). La industria de la masa y la tortilla: desarrollo y tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Torres T, F. 1996. Antecedentes del debate actual sobre el maíz en México. *In*: Torres, F., Moreno, E., Chong, I, y J. Quintanilla (Coords). La industria de la masa y la tortilla: desarrollo y tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Torres T, F. 1994. Los circuitos urbanos de la tortilla: el caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Editorial Siglo XXI, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Uhlir, H. –E. 1998. Why energy productivity is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agricultural Systems*, 56: 443- 465.

Vargas G, L. 2004. Aspectos históricos del maíz y la nixtamalización. *In*: García R. J. Primer Congreso Nacional de Nixtamalización. CLAF, UNAM. México.

Vázquez L., V. 2000. Evaluación agronómica y económica del programa de agricultura por contrato en maíz en la región de La Barca, Jalisco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Vega V., D. D., y P. Ramírez M. 2004. Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en Internet: http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/Maiz__270304.pdf

Veldkamp, A. Kok, K. De Koning, G. H. J. Schoorl, J .M. Sonneveld, M. P. W. y P. H. Verburg 2001. Multi-scale system approaches in agronomic research at the landscape level. *Soil & Tillage Research* 58: 129-140

Viglizzo, E. F. Pordomingo, A. J., Buschiazzo D, M G. Castroro. 2005. A methodological approach to assess cross-scale relations and interactions in agricultural ecosystems of Argentina. *Ecosystems*, 8: 546–558.

Vitousek, P M., H. A. Mooney., J. Lubchenco y J. M. Melillo. 1997. Human domination of Heart's ecosystems. *Science*, 277: 494-499.

Vlek, P. L. G. Rodríguez-kuhl, G. Y R. Sommer. 2004. Energy use and CO₂ production in tropical agriculture and means and strategies for reduction or mitigation. *Environment, Development and Sustainability*, 6: 213–233.

Watts W. A. y Bradbury J. P. 1982. paleoecological study of lake Patzcuaro on the West central mexican plateau and at Chalco in de basin of México. *Quaternary Research Review*, 17:56-70.

West, R. C. 1948. Cultural geography of the modern tarascan area. Smithsonian Institution. Institute of Social Anthopology. Publication 7. Washington D. C.

Wind, B D. y W. W. Wallender. 1997. Fossil-fuel carbon emission control in irrigated Maize production. *Energy* 22: 827-846.

Zanini, A., Torres, A., Vicentini, T. M., da Silva, M. F., Torres de Campos, A., y E. S. Klosowski 2003. Análise do consumo de energia na produção de silagem de milho em plantio direto. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 25: 249-253.

9 ANEXOS

9.1 Anexo 1: Lista de comunidades en donde se encuestó a los molinos, las tiendas y las tortillerías.

No	Municipio	Nombre	Longitud	Latitud	Población
1	Pátzcuaro	Ajuno	1014323	193038	1711
2	Pátzcuaro	Buenavista	1013217	193324	353
3	Pátzcuaro	Chapultepec	1013118	193350	332
4	Pátzcuaro	Huecorio	1013800	193214	667
5	Pátzcuaro	Santa Maria Huiramangaro (San Juan Tumbio)	1014554	193045	2628
6	Pátzcuaro	Janitzio (Isla Janitzio)	1013906	193423	2074
7	Pátzcuaro	Lázaro Cárdenas	1014042	193135	480
8	Pátzcuaro	Noria, La	1012847	192656	114
9	Pátzcuaro	Vitela, La (Los Pozos)	1013334	192950	303
10	Pátzcuaro	Primo Tapia	1013912	193130	889
11	Pátzcuaro	San Pedro Pareo	1014011	193154	631
12	Pátzcuaro	Tinaja, La	1013035	193205	176
13	Pátzcuaro	Trojes, Las	1013330	193146	723
14	Pátzcuaro	Tzentzenguaro	1013838	193200	437
15	Pátzcuaro	Zurumútaro (Tzurumutaro)	1013518	193247	2223
16	Pátzcuaro	Urandén De Morelos (Isla Urandén)	1013837	193225	323
17	Pátzcuaro	Colonia Nueva Puerta De Cadena	1013142	193208	260
18	Pátzcuaro	La Pequeña Tinaja	1013105	193134	137
19	Pátzcuaro	Santa María Huiramangaro (San Juan Tumbio)	1014542	193057	42
20	Erongarícuaro	Arócutin	1014145	193318	519
21	Erongarícuaro	Jarácuaro	1014037	193333	2328
22	Erongarícuaro	Napízaro	1014134	193549	453
23	Erongarícuaro	San Miguel Ncutzepo	1014152	193141	845
24	Erongarícuaro	Oponguio	1013856	193844	253
25	Erongarícuaro	Puácuaro	1014022	193602	1659
26	Erongarícuaro	Tócuaro	1014141	193219	677
27	Erongarícuaro	San Francisco Uricho (Uricho)	1014258	193420	1653
28	Erongarícuaro	Zarzamora, La	1014540	193626	308
29	Erongarícuaro	Yótatiro	1014434	193606	336
30	Erongarícuaro	Exhacienda De Charahuén	1014227	193121	271
31	Tingambato	San Francisco Pichátaro	1014824	193413	4627
32	Quiroga	Atzimbo	1012941	193856	476
33	Quiroga	Caringaro	1012940	193944	203
34	Quiroga	Sanambo	1012720	193841	468
35	Quiroga	San Andres Ziróndaro	1013755	194009	2533
36	Quiroga	San Jerónimo Purenchécuaro	1013641	194043	1962
37	Quiroga	Santa Fe De La Laguna	1013317	194021	4247
38	Tzintzuntzan	Coenembo	1013002	193706	254

39	Tzintzuntzan	Corrales, Los	1013034	193454	460
40	Tzintzuntzan	Cucuchucho	1013751	193458	1070
41	Tzintzuntzan	Cuevas, Las	1013254	193522	259
42	Tzintzuntzan	Ichupio	1013546	193820	278
43	Tzintzuntzan	Ihuatzio	1013702	193356	3271
44	Tzintzuntzan	Jagüey, El	1013118	193437	346
45	Tzintzuntzan	Nuevo Rodeo (El Rodeo)	1013222	193514	206
46	Tzintzuntzan	Patambicho	1013241	193816	196
47	Tzintzuntzan	Santa Cruz	1013146	193625	426
48	Tzintzuntzan	Santiago Tzipijo	1013752	193414	85
49	Tzintzuntzan	Tarerio	1013629	193802	369
50	Tzintzuntzan	Tigre, El	1012818	193812	246
51	Tzintzuntzan	Ucasanástacua	1013744	193655	252
52	Tzintzuntzan	Colonia Lázaro Cárdenas	1013430	193612	170

9.2 Anexo 2: Encuestas para obtener información de las tiendas, los molinos y las tortillerías en las comunidades de la cuenca del Lago de Pátzcuaro,

Tiendas:

1. Número de tienda
2. ¿Hay temporadas de mayor y menor venta de maíz?
3. ¿En que mes inicia y termina cada una de estas temporadas?
4. ¿De dónde abastece el maíz que vende?
5. ¿Cuántos kilos de maíz vende por semana en cada una de las temporadas?

Molinos

1. Número de molino
2. ¿Cuántos años tiene de operación el molino?
3. ¿Cuánto es lo máximo y lo mínimo de masa que muele al día?
4. ¿Cuántos días a la semana abre el molino?
5. ¿Cuál es el número máximo y mínimo de cliente diarios?

Tortillerías

1. Numero de tortillería
2. ¿Cuántos años tiene de operación la tortillería?

3. ¿De dónde provienen el maíz y la harina que utiliza?
4. ¿Qué proporción de maíz y harina utilizada para la preparación de tortillas?
5. ¿Cuál es la producción mínima y máxima diaria de tortillas?

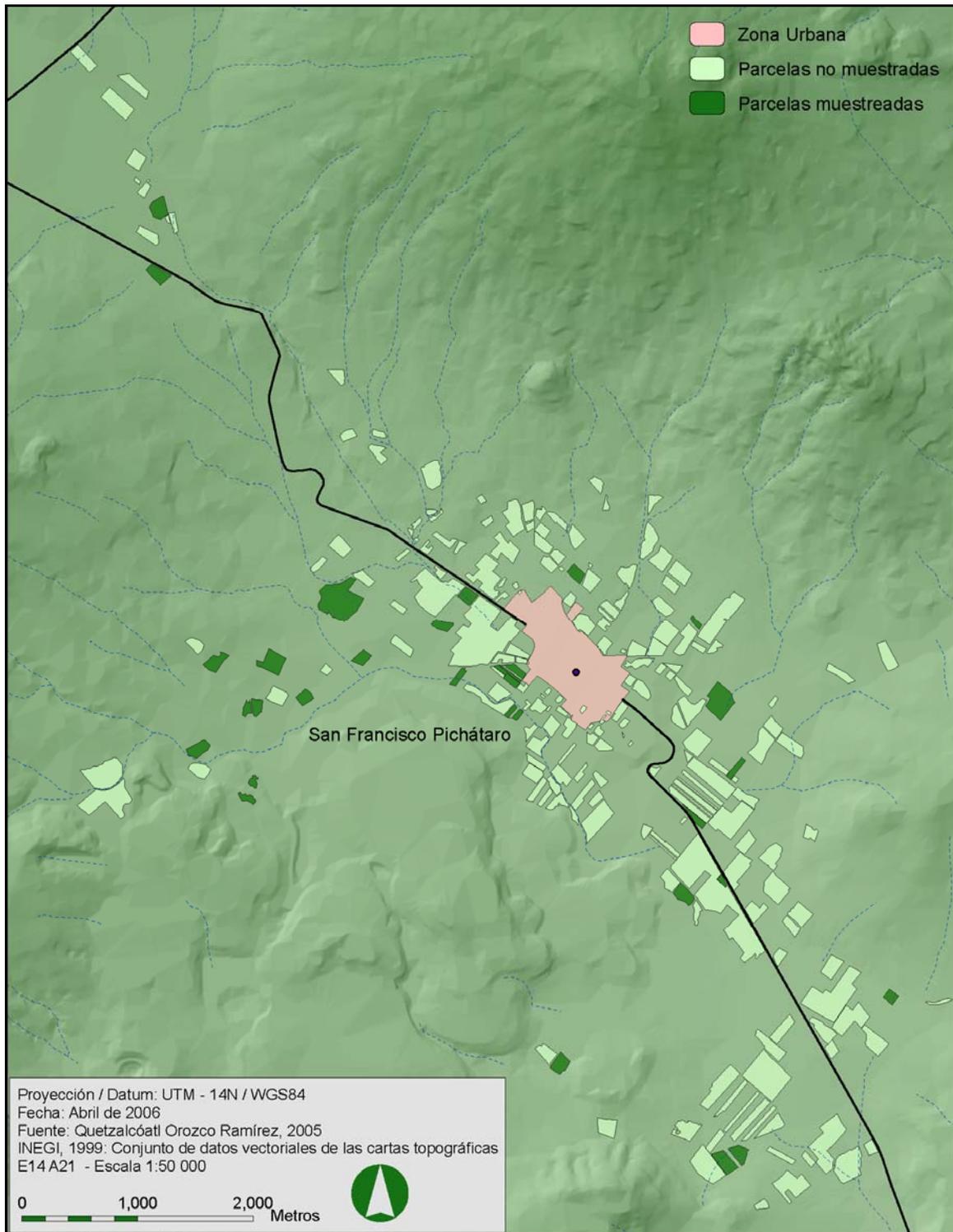
9.3 Anexo 3: Guión de entrevista a informantes clave en las centrales de abastos

1. ¿Existe temporalidad en las ventas de maíz?
2. ¿En Qué mes inicia y termina cada una de las temporadas?
3. ¿De dónde proviene el maíz que vende?
4. ¿Qué cantidad de maíz vende por mes?
5. ¿Qué tipo de transporte usa para traer el maíz?

9.4 Anexo 4: Cuestionario para hogares de San Francisco Pichátaro

1. Hogar número:
2. ¿Qué tipo de tortillas consume?
3. ¿Cuántas personas comen en la casa, cuántos menores de 10 años y mayores de 10 años?
4. ¿Qué cantidad de maíz pone a nixtamalizar (lt)?
5. ¿Qué cantidad de tortillas compran en la tortillería al día (Kg/día)?
6. ¿Dónde consigue el maíz que nixtamaliza?
7. ¿Cuánto tiempo le dura el maíz que siembran (meses)?
8. ¿Dónde compra el maíz?
9. ¿Qué hace con el maíz propio que le sobra?
10. ¿Cada cuándo pone nixtamal (días)?
11. Observaciones

9.5 Anexo 5: Croquis de localización de las parcelas en San Francisco Pichátaro.



9.6 Anexo 6: Lista de parcelas muestreadas.

Número	Nombre	Superficie (has)	Paraje
1	Efraín González	0.4	Kash Tpákua
2	Efraín González	1.9	El Tanque
3	Efraín Pascual Mariano	1.1	La Vía
4	Efraín Pascual Mariano	0.7	La Vía
5	Heriberto Pascual	0.9	La mesa del cerezo
6	Heriberto Pascual	9.1	Tariatpatiro
7	Esteban Felipe Constantino	0.6	La Herradura
8	Esteban Felipe Constantino	1.8	Arámitaro
9	Federico Felipe Constantino	0.8	La Arena
10	Francisco Felipe Nicolás	2.3	Charachapo
11	Francisco Felipe Nicolás	1.8	Uérakuarhu
12	Francisco Felipe Nicolás	0.9	Llano de Parizapio
13	Francisco Felipe Nicolás	1.0	Rumbo a Ichatzcun
14	Francisco Martínez	1.9	Cananguio
15	Francisco Rodríguez Espinosa	4.8	Chambum
16	Isidro González	2.2	Cananguio
17	Juan Pascual Nieves	1.2	El Paraje
18	Feliciano Francisco	1.5	Llano de la virgen
19	Luis Lino Gallardo	1.2	La Mesa
20	Luis Lino Gallardo	1.6	Cerrito Mudo
21	Luis Lino Gallardo	0.4	Llano de Parizapio
22	Margarito Felipe Estrada	1.2	Ladera de vaquero
23	Martín Diego	0.4	Kash Tpákua
24	Martín Diego	0.9	Kash Tpákua
25	Martín Diego	3.0	El Paraje
26	Martín Martínez Ramírez	1.3	Arriba del panteón
27	Pascual Felipe Constantino	0.8	Kash Tpákua
28	Pascual Felipe Constantino	1.0	Kash Tpákua
29	Pascual Felipe Constantino	0.9	Uanóstakua
30	Rafael Meza Juárez	0.5	Cumstaro
Total		48.2	

9.7 Anexo 7: Guía para la obtención de datos en la etapa de procesamiento para el subsistema tradicional en San Francisco Pichátaro.

1. Número
2. Edad de la señora
3. ¿Dónde consigue el maíz
4. ¿Quién desgrana en maíz?
5. ¿Qué tipo de fogón utiliza?

6. ¿Qué tipo de leña usa?
7. ¿Cuánto tiempo dura el nixtamal en la lumbre?
8. ¿Qué cantidad de masa hace tortillas?
9. ¿Le agrega algo a la masa?
10. ¿Cuántas horas se lleva en hacer tortillas?
11. ¿Le ayudan a hacer las tortillas?
12. ¿Cuántos miembros hay en su familia?
13. ¿Cada cuándo hace tortillas?

9.7.1 Guía para obtener información sobre el gasto energético en la etapa de producción en Pichátaro.

1. Superficie sembrada de maíz.
2. Preparación de suelo: tipo de tracción, horas de labor, tipo de tractor e implementos, cantidad de pasos de maquinaria.
3. Siembra: Tipo de semilla, cantidad de semilla, fecha de siembra, tecnología de siembra, horas de labor.
4. Fertilización: número de aplicaciones, tipo de fertilizante, cantidad aplicada, horas de labor.
5. Labores de cultivo: número de escardas, tracción, horas de labor, tipo de implemento.
6. Control de arvenses: tipo de control, horas de labor, herbicida aplicado, cantidad, forma de aplicación, herramientas.
7. Control de plagas: tipo de control, plaguicida aplicado, horas de labor, numero de aplicaciones.
8. Cosecha: horas de labor, herramientas utilizadas, rendimiento
9. Transporte: tipo de transporte, distancia transportada, cantidad transportada
10. Almacenamiento: tipo de almacén, tiempo de almacenamiento
11. Control de plagas de maíz almacenado: tipo de control, productos utilizados, cantidad utilizada
12. Desgrane de la mazorca: quien la desgrana, tiempo de desgrane, cantidad desgranada, herramienta utilizada.

9.7.2 Guía para recabar información en la etapa de procesamiento en el subsistema tradicional en Pichátaro.

1. Nixtamalización: tipo de fogón, tipo de combustible, tipo de contenedor, cantidad nixtamalizada, tiempo en el fuego, cantidad de agua.
2. Molienda: datos obtenidos en el molino, cantidad de masa obtenida.
3. Tipo de fogón
4. Tipo de comal
5. Cantidad de masa
6. Horas para hacer tortillas
7. personas haciendo tortillas
8. Tipo de leña.