

# RASTROJOS

MANEJO, USO Y MERCADO  
EN EL CENTRO Y SUR DE  
MÉXICO



COORDINADORES: LUIS REYES MURO, TANIA CAROLINA CAMACHO VILLA Y FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ



**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

**Lic. Enrique Martínez y Martínez**

Secretario

**Lic. Jesús Aguilar Padilla**

Subsecretario de Agricultura

**Prof. Arturo Osornio Sánchez**

Subsecretario de Desarrollo Rural

**Lic. Ricardo Aguilar Castillo**

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**Ing. Belisario Domínguez Méndez**

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**Dr. Pedro Brajcich Gallegos**

Director General

**Dr. Salvador Fernández Rivera**

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**M. Sc. Arturo Cruz Vázquez**

Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Lic. Luis Carlos Gutiérrez Jaime**

Coordinador de Administración y Sistemas

**CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO  
DE MAÍZ Y TRIGO**

**Dr. Thomas Adam Lumpkin**

Director General

**Dra. Marianne Bänziger**

Subdirectora General de Investigación y Colaboración

**Dr. Olaf Erenstein**

Director del Programa de Socioeconomía

**Dr. Bruno G. Gerard**

Director del Programa de Agricultura de Conservación

**Dr. Bram Govaerts**

Director Adjunto del Programa de Agricultura de Conservación

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**

**Mtro. Jaime Valls Esponda**

Rector

**Mtro. Hugo Armando Aguilar Aguilar**

Secretario General

**Mtra. Marcela Iturbe Vargas**

Secretaria Académica

**Mtro. Miguel Ángel Cigarroa Torres**

Secretario Administrativo

**Mtro. Juan Carlos Rodríguez Guillén**

Director General de Planeación

**Dr. Lorenzo Franco Escamiroso Montalvo**

Director General de Investigación y Posgrado

**Lic. Víctor Fabián Rumaya Farrera**

Director General de Extensión Universitaria

**M.C. Jaime Llaven Martínez**

Director de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V

---

# Rastrojos

## Manejo, uso y mercado en el centro y sur de México

Coordinadores

**Luis Reyes Muro<sup>6</sup>**  
**Tania Carolina Camacho Villa<sup>4</sup>**  
**Francisco Guevara Hernández<sup>2</sup>**

Autores

**Alejandra Vélez Izquierdo<sup>1</sup>**  
**Francisco Guevara Hernández<sup>2</sup>**  
**Heriberto Gómez Castro<sup>2</sup>**  
**Jesús Ovando Cruz<sup>3</sup>**  
**Jonathan Hellin<sup>4</sup>**  
**José Antonio Espinosa García<sup>1</sup>**  
**Kai Sonder<sup>4</sup>**  
**Luis Alfredo Rodríguez Larramendi<sup>5</sup>**  
**Luis Reyes Muro<sup>6</sup>**  
**María de los Ángeles Fonseca Flores<sup>5</sup>**  
**Martín de Jesús Ocaña Grajales<sup>2</sup>**  
**Mercedes Borja Bravo<sup>6</sup>**  
**René Pinto Ruiz<sup>2</sup>**  
**Tania Carolina Camacho Villa<sup>4</sup>**  
**Tina D. Beuchelt<sup>4</sup>**  
**Víctor Manuel Hernández Rodríguez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>INIFAP Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Fisiología Animal. Programa de Socioeconomía

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas

<sup>3</sup>Red de Estudios para el Desarrollo Rural, A. C.

<sup>4</sup>CIMMYT. Programa de Socioeconomía.

<sup>5</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov". Cuba

<sup>6</sup>INIFAP Campo Experimental Pabellón. Programa de Socioeconomía



Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

Diseño de portada  
(Alejandro Klamroth)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México, D. F. Teléfono (55) 3871-8700

**Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México**

**ISBN: 978-607-37-0170-9**  
**Primera Edición 2013**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

Reyes-Muro, Luis; Camacho-Villa, Tania Carolina y Guevara-Hernández, Francisco. (Coords.). (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. i-viii, 1-242 p.





## **Agradecimiento**

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por el apoyo otorgado para la realización del proyecto: “*Mecanismos de transferencia de resultados de investigación en rastrojos*”, Anexo Técnico Núm. TTF-2013-016, enmarcado en la iniciativa MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional).



Foto: Mercedes Borja Bravo (INIFAP)

## Presentación

Los residuos de cosecha, también conocidos como rastrojos, desempeñan un papel preponderante en los sistemas agrícolas y pecuarios, y han sido estudiados desde diferentes perspectivas temáticas y metodológicas a nivel mundial.

Existe una creciente literatura que relaciona el manejo de los rastrojos con la calidad del suelo y del aire, así como su aprovechamiento para alimento del ganado y otros usos. Aunque los rastrojos son un producto secundario, sus usos alternativos les han conferido un alto valor económico, con el establecimiento de los mercados donde se comercializa este producto. Más aún, se han convertido en un factor crucial para la adopción de innovaciones tecnológicas, como la agricultura de conservación (AC). En el caso de México, un grupo interdisciplinario de investigadores del INIFAP, UNACH y CIMMYT, elaboró el presente libro, titulado: "*Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México*", con el objetivo de difundir los resultados de recientes investigaciones realizadas sobre rastrojos con apoyo del CIMMYT bajo la estrategia MasAgro.

Esta obra constituye una adición importante a nuestro conocimiento sobre la importancia del rastrojo y sus usos en México durante las dos últimas décadas. En ella se reiteran los intereses, a corto plazo, de los productores mexicanos y el inherente desafío para la retención de los rastrojos como cobertura del suelo en sistemas de AC; pero, sobre todo, resalta la importancia del enfoque de sistemas y la necesidad de un análisis interdisciplinario para avanzar con soluciones reales que aseguren la producción sustentable de alimentos.

El libro abarca diferentes aristas de los rastrojos: después de la introducción, se presentan algunos antecedentes que justifican este tema de investigación, con énfasis en el rol de los esquilmos como alimento animal y su contribución para mejorar y conservar los suelos agrícolas. En el Capítulo 1 se describe la metodología y resultados de la estimación de la producción nacional de residuos de los cultivos el maíz, sorgo, trigo y cebada, así como el consumo por el ganado bovino, ovino y caprino. El Capítulo 2 describe los resultados de un estudio de caso realizado en La Frailesca, Chiapas, respecto a las implicaciones

socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo. Desde una perspectiva socioantropológica, económica y energética, en este capítulo se muestra la diversificación de las actividades como estrategia para lograr la seguridad alimentaria y económica. El Capítulo 3 presenta los resultados de un estudio realizado en la región Valles Altos, donde el análisis cualitativo y cuantitativo del papel de los residuos de cosecha a nivel regional, comunitario y del productor, demuestra que el uso del rastrojo como forraje se convierte en uno de los grandes desafíos para su empleo como cobertura en AC. El Capítulo 4 versa sobre un estudio de mercado y la cadena productiva de los rastrojos de maíz, sorgo, trigo y cebada en la región El Bajío. Aquí se presentan los márgenes de comercialización en cada eslabón de la cadena. El Capítulo 5 describe algunos usos actuales y potenciales de los rastrojos, más allá de su utilización en la alimentación animal y cobertura del suelo, tales como abonos orgánicos, materiales para la construcción, alimentos concentrados y artesanías, entre otros.

Se incluye un apartado donde se analizan los aspectos metodológicos y temáticos empleados en los estudios realizados en La Frailesca, Valles Altos y El Bajío, y a partir de las ventajas y limitantes de las herramientas metodológicas, se hace una propuesta de temas y estrategias para estudios posteriores. El libro concluye con una reflexión sobre los beneficios de los residuos de cosecha en AC.

En los diferentes capítulos los autores hacen evidente la diversidad de usos y manejos de los residuos de cosecha. De esta forma, la obra aporta elementos para la discusión en un tema poco estudiado: “los rastrojos”.

**Dr. Olaf Erenstein**

Director del Programa de Socioeconomía  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

---



## Contenido

<b>Presentación</b> .....	v
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Antecedentes</b> .....	3
<b>Capítulo 1.</b> Producción y consumo de rastrojos en México..	11
<b>Capítulo 2.</b> Implicaciones socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo en la región Frailesca, Chiapas.....	37
<b>Capítulo 3.</b> Situación social y económica en relación con el manejo y usos de los rastrojos en la región Valles Altos.....	93
<b>Capítulo 4.</b> El mercado y la cadena productiva de los rastrojos en la región El Bajío.....	137
<b>Capítulo 5.</b> Usos múltiples de los rastrojos: soluciones diversas.....	187
<b>Consideraciones finales</b> .....	207
<b>Índice de autores</b> .....	223
<b>Índice de materias</b> .....	226
<b>Glosario</b> .....	229
<b>Reseña biográfica de los autores</b> .....	237



## Introducción

**S**on muchos los desafíos que enfrenta la agricultura en el mundo y en México. Por un lado está la necesidad de alimentar a una creciente población que ejerce una presión constante en la producción de los cultivos; por otra parte, la agricultura se practica en ambientes cada vez más degradados, con recursos más limitados y bajo la incertidumbre del cambio climático.

A lo anterior, se adiciona el detrimento en la calidad de vida de la población rural, el crecimiento urbano e industrial de áreas agrícolas de alto potencial productivo. Estos retos obligan la generación de sistemas de producción adaptados a las nuevas condiciones y sostenibles en el tiempo. En ese sentido, se están llevando a cabo esfuerzos, tanto a nivel mundial como nacional, para promover la intensificación sostenible de la producción agrícola, mediante la optimización de la producción agrícola por unidad de superficie, tomando en cuenta la sostenibilidad e incluyendo el potencial y/o los impactos sociales, políticos, económicos y ambientales reales.

En México, el gobierno y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) emprendieron en 2010 la iniciativa MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional), que tiene como objetivos: elevar las capacidades productivas de los pequeños productores de maíz y trigo; asegurar mejores rendimientos para contribuir a la suficiencia alimentaria en ambos cultivos, y hacer frente al cambio climático, a través de prácticas agronómicas sustentables, y lograr impactos positivos en el ingreso, el empleo y el arraigo en el medio rural. MasAgro promueve un conjunto de soluciones, entre las que se encuentra la agricultura de conservación (AC) como sistema agrícola sustentable, que promueve la conservación del suelo y del agua, con base en tres principios: 1) perturbación mínima del suelo; 2) retención de los rastrojos sobre la superficie del suelo, y 3) rotación de cultivos.

La implementación de la AC en México, y en el mundo, ha creado beneficios a los agricultores, no solo en relación a sus suelos, sino también en el aumento del rendimiento y reducción de costos. En contraposición, se han presentado dificultades

en su adopción, debidas, entre otros factores, a la importancia de los residuos de cosecha como forraje.

Los residuos de cosecha, también conocidos como rastrojos, son subproductos agrícolas que desempeñan un papel importante en las actividades agropecuarias. Su rol como alimento animal es ampliamente difundido a nivel nacional e internacional, sobre todo en los sistemas mixtos, que combinan actividades agrícolas con las ganaderas. Su contribución para mejorar y conservar los suelos agrícolas ha sido evidenciada en diferentes partes del mundo y en México y su relevancia en la sustentabilidad agrícola.

No obstante la importancia de los rastrojos, estos han pasado desapercibidos por los sectores académico y gubernamental en México, como lo demuestra la limitada información científica que existe sobre ellos. Asimismo, es evidente que no se han tomado en cuenta explícitamente en políticas y estrategias gubernamentales que buscan la sustentabilidad en el medio rural. De ahí la necesidad de documentar la situación actual de los rastrojos en México, qué se hace con ellos, cómo se aprovechan, qué papeles juegan en la actividad agropecuaria y cuál es su contribución futura para alcanzar la sustentabilidad.

El presente libro surge de un proyecto de investigación implementado en 2012 por parte de los autores, como parte de la iniciativa MasAgro. Tres estudios de caso (La Frailesca, Valles Altos y El Bajío), implementados a partir de diferentes enfoques metodológicos, documentan la diversidad de formas en que los rastrojos son producidos, manejados, utilizados y comercializados en contextos locales y regionales. Tal riqueza metodológica permitió identificar posibles elementos a considerar en estudios de este tipo, como base del desarrollo de estrategias regionales/locales para el uso integral de los rastrojos.

Durante las investigaciones, se detectó la necesidad de difundir los resultados de estos estudios en los ámbitos académico y de política pública, a fin de promover la discusión y reflexión colectiva sobre los diferentes roles de los residuos de cosecha.



## Antecedentes

*Tania Carolina Camacho Villa\*, José Antonio Espinosa García, Mercedes Borja Bravo,  
Luis Reyes Muro y Francisco Guevara Hernández. \*C.Camacho@cgjar.org.*

**L**os residuos de cosecha, llamados también rastrojos, esquilmos, pajas, zacate, pastura, clazol y basura desempeñan un papel preponderante en los sistemas mixtos agrícolas y pecuarios en el mundo.

En México, el mayor volumen de rastrojos se obtiene de los cereales y está asociado directamente con la producción de granos (Sánchez *et al.*, 2012; SIAP, 2011) por lo que, conforme aumenta la cantidad de granos producida para satisfacer la demanda alimenticia de la población, aumenta la disponibilidad de estos residuos (Macedo, 2000). En los últimos años se ha incrementado la oferta de residuos agrícolas y se estima un probable incremento en la demanda (Wortmann *et al.*, 2012).

El tema de los rastrojos ha sido estudiado desde diferentes perspectivas como se detalla a continuación:

De acuerdo con varios autores (Alapin, 2008; Correa, 2008; Eyhorn *et al.*, 2002; Ekboir, 2001), los rastrojos o residuos de cosecha de cultivos agrícolas; principalmente de granos, tienen dos usos fundamentales: i) constituyen un insumo para la alimentación de rumiantes, ya sea en pastoreo directo; o bien, cortado, picado y empacado, suministrado como suplemento en la dieta de los animales (Correa, 2008), y ii) son la principal fuente de cobertura del suelo en la agricultura en laderas y es una de las tecnologías más efectivas para regular la humedad y temperatura del mismo, amortiguar la erosión hídrica, controlar la maleza y aportar materia orgánica (MO) y nutrientes al suelo (Eyhorn *et al.*, 2002).

Se han realizado estudios sobre su aprovechamiento, principalmente, como alimento en sistemas pecuarios (Castañeda y Monroy, 1984); además,

existe vasta literatura en la que relaciona el manejo de los rastrojos con la calidad del suelo y del aire; en contraste, son pocos los estudios sobre su valor comercial.

Las investigaciones enfocadas a la comercialización de los rastrojos son escasas. Gebremedhin *et al.* (2009) estudiaron el sistema de mercado de los rastrojos en Etiopía, para entender las características de la oferta, demanda, precios, lugares de venta, actores e instituciones involucradas, mediante una evaluación rápida, que consistió en realizar entrevistas a actores clave y a grupos focales; complementada con datos secundarios analizados desde el marco de las cadenas de valor. ILRI (2010) desarrolló un proyecto en la India para conocer el mercado del rastrojo y cuantificar la variación nutrimental y la percepción de los actores, respecto a los residuos de cosecha. Esto a través de una evaluación rural participativa con cinco tipos de actores: productores, consumidores, comerciantes, molineros y agentes de comisiones, además de la aplicación de un cuestionario a los miembros de unidades familiares, comerciantes, molineros y consumidores. Magnan *et al.* (2012) estimaron el precio sombra de los rastrojos con la finalidad de medir el costo implícito de estos subproductos cuando no tienen un precio de mercado y evaluar correctamente el costo de adopción de nuevas tecnologías en los sistema agropecuarios en Marruecos.

Existen estudios relacionados con los “esquilmos de cosecha” y sus formas de uso en la alimentación animal (Fuentes *et al.*, 2001; Macedo, 2000; Ferreiro, 1990). En esas investigaciones se destaca, por una parte, la importancia de la contribución de los rastrojos en la alimentación animal, y por otra, se reconoce su pobre aportación nutricional para el ganado; este último tema ha dado lugar a investigaciones sobre métodos que permitan mejorar la aportación nutrimental y digestibilidad de los rastrojos (Sánchez *et al.*, 2012; Yescas *et al.*, 2004; Fuentes *et al.*, 2001) y facilitar su uso como insumo en la alimentación ganadera. Desde la perspectiva pecuaria, están las investigaciones que evalúan a los esquilmos agrícolas en términos nutricionales, de digestibilidad, eficiencia y desempeño (Coleman y Moore, 2003). Desde un enfoque agronómico, se han investigado los factores de manejo de cultivo, como son: métodos de siembra, nutrición, riego, control de plagas-maleza-enfermedades y manejo poscosecha, que afectan la

productividad y calidad de los residuos de cosecha para su uso como esquilmos (Reddy *et al.*, 2003).

De manera más integral, se han realizado investigaciones sobre los cultivos básicos que cumplen el doble propósito de producir grano y forraje, evaluando conjuntamente elementos como la calidad del forraje y el rendimiento del grano (Valbuena *et al.*, 2012; Romney *et al.*, 2003; Villegas *et al.*, 2001), e integrando la percepción del agricultor (Parthasarathy y Hall, 2003). Varios de estos estudios en el área de socioeconomía se inscriben como parte de los esfuerzos para entender en los sistemas mixtos agrícolas y pecuarios, identificando los factores que definen el uso de los residuos de un cereal (como factores relacionados con la oferta, la demanda y preferencias locales) (Erenstein *et al.*, 2011). En estos trabajos también se ha analizado la competencia entre los diferentes usos y manejos, así como los factores que la determinan, entre ellos: el uso de suelo (agrícola, ganadero y área irrigada); las épocas de siembra y cosecha del cultivo principal y de producción de los residuos; la composición del ganado y estrategias de alimentación; la composición del ingreso en la unidad familiar y los indicadores de bienestar, como: alfabetización, acceso a servicios, y precios de insumos y productos (Valbuena *et al.*, 2012).

Respecto a la función de los rastrojos en la calidad del suelo, algunos estudios han utilizado métodos edáficos para medir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Kassam *et al.*, 2009). Estos mismos métodos han sido aplicados en investigaciones en las que se compara el efecto de diferentes manejos de los suelos agrícolas y de sus rastrojos, como son: la labranza convencional, la labranza mínima y la agricultura de conservación (AC) (Fuentes *et al.*, 2009; Macedo, 2000).

En la adopción de nuevas tecnologías, como la AC, que involucra al rastrojo como cobertura del suelo, se han usado herramientas socioeconómicas, como son las evaluaciones *ex ante/ex post*, que cuantifican el impacto en la producción agrícola, la unidad familiar y los arreglos institucionales (Erenstein, 1999). En cuanto a la calidad del aire, se ha investigado el impacto de diferentes manejos de

suelo y de rastrojo en el efecto invernadero, con parámetros como el secuestro de carbono (FAO, 2012; Lal, 1997).

Para el caso de México los estudios relacionados con el tema de los residuos de cosecha han adquirido enorme importancia en los últimos años, debido a su acción en la conservación de suelos y su utilización en la ganadería. Por ejemplo, Erenstein (1999) evaluó económicamente el uso del rastrojo a modo de cobertura que es una técnica propia de la AC en diferentes áreas de la República Mexicana. En localidades del sur del estado de Jalisco y sur del estado de Veracruz realizó una evaluación *ex ante* y llegó a la conclusión de que existen limitantes institucionales para la implementación de la técnica. También realizó un estudio *ex post* en áreas de la Sierra Madre y en el área central de Chiapas. En este estudio encontró mayor grado de adopción de la tecnología en la primera área evaluada, pero con restricciones, debido al libre pastoreo; mientras que en área central de Chiapas, identificó adopción parcial de la tecnología a causa de la relación agricultura-ganadería.

Erenstein *et al.* (2012) compararon tres casos contrastantes de la adopción de AC por pequeños agricultores en el sur de Asia, sur de África y centro de México. Aun cuando se identifican claros beneficios económicos y ambientales de la AC, resaltan los desafíos para su adopción y/o adaptación a las condiciones de los pequeños agricultores. Mencionan que en México, la AC ha sido promovida desde la década de 1990; sin embargo, su adopción ha sido limitada por factores como: la falta de acceso a equipo y capital, el pastoreo, y la quema de residuos de cosecha. Hellin *et al.* (2013) realizaron un estudio en tres regiones agroecológicas diferentes en México, y encontraron que el uso dominante del rastrojo (más del 70%), fue como alimento del ganado. También detectaron diferencias regionales en su aprovechamiento *ex situ* (elaboración de pacas en Valles Altos y El Bajío) o *in situ* (pastoreo en Chiapas). Estos autores resaltaron que uno de los grandes desafíos para adoptar la AC es el conflicto entre el uso del rastrojo como cobertura vs. alimento del ganado.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alapin, H. (2008). *Rastrojos y algo más. Historia de la siembra directa en Argentina*. Buenos Aires: Editorial Teseo – Universidad de Belgrano.
- Castañeda, F. E. A. y Monroy, V. J. (1984). *Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional*. Chapingo, México: Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados.
- Coleman, S. W. y Moore, J. E. (2003). Feed quality and animal performance [en línea]. En: *F. Crop. Res.* 84(1), 17–29. [Consultado: 24 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001382>>.
- Correa, L. M. (2008). *Pastoreo de rastrojos de maíz y soja en cría bovina intensiva*. Publicación Miscelánea N° 41. EEA Oliveros, Centro Regional Santa Fe, Argentina: IMTA.
- Ekboir, J. (2001). Sistemas de Innovación y Política Tecnológica: Siembra Directa en MERCOSUR. En: R. Díaz (ed.), *Siembra directa en el Cono Sur* (pp. 1-19). Montevideo, Uruguay: PROCISUR.
- Erenstein, O. (1999). *The economics of soil conservation in developing countries: the case of crop residue mulching*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen University.
- Erenstein, O.; Samaddar, A.; Teufel, N. y Blümmel, M. (2011). The paradox of limited maize stover use in India's smallholder crop-livestock systems [en línea]. *Exp. Agric.* 47(04), 677–704. [Consultado: 20 de Julio de 2012]. Disponible en: <[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0014479711000433](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0014479711000433)>.
- Erenstein, O.; Sayre, K.; Wall, P.; Hellin, J. y Dixon, J. (2012). Conservation agriculture in maize- and wheat-based systems in the subtropics: lessons from adaptation initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 180-206.
- Eyhorn, F.; Heeb, M. y Weidmann, G. (2002). *Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos*. Bonn, Alemania: IFOAM/FiBL.
- Ferreiro, H. M. (1990). *Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal*. Morelia, Michoacán.
- Fuentes, J.; Magaña, C.; Suárez, L.; Peña, R.; Rodríguez, S. y Ortiz, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192.
- Fuentes, M.; Govaerts, B.; De León, F.; Hidalgo, C.; Dendooven, L.; Sayre, K. D. y Etchevers, J. (2009). Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality
-

- [versión electrónica]. *Eur. J. Agron.* 30(3), 228–237. [Consultado: 23 de octubre de 2013. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030108001214>>.
- Gebremedhin, B.; A. Hirpa, A. y Berhe, K. (2009). *Feed Marketing in Ethiopia: results of rapid market appraisal*. ILRI (aka ILCA and ILRAD).
- Hellin, J.; Erenstein, O.; Beuchelt, T.; Camacho, C. and Flores, D. (2013). Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12–21.
- International Livestock Research Institute. (2010). *Improvement of fodder markets and identification of crop varieties with improved fodder characteristics in selected disadvantaged areas of India: Project report*. [Consultado: 28 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://cgspace.cgiar.org/handle/10568/2388>>.
- Kassam, A.; Friedrich, T.; Shaxson, F. y Pretty, J. (2009). The spread of Conservation Agriculture: justification, sustainability and uptake. *Int. J. Agric. Sustain.* 7(4), 292–320.
- Lal, R. (1997). Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment [en línea]. *Soil Tillage Res.* 43(1), 81–107. [Consultado: 23 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198797000366>>.
- Macedo, R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) – pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. [en línea]. Universidad de Colima: tesis doctoral [Consultado: 24 de julio de 2012]. Disponible en: <[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Rafael%20julio%20Macedo%20Barra gan%20DOCTORADO.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Rafael%20julio%20Macedo%20Barra gan%20DOCTORADO.pdf)>.
- Magnan, N.; Larson, D. M. y Taylor, J. E. (2012). Stuck on Stubble? The non-market value of agricultural byproducts for diversified farmers in Morocco [en línea]. *Am. J. Agric. Econ.*, 94 (5), 1055–1069. [Consultado: 7 de agosto de 2012]. Disponible en: <<http://ajae.oxfordjournals.org/content/94/5/1055>>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales*. [Consultado: julio de 2012]. Disponible en: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/es/>>.
- Parthasarathy Rao, P. y Hall, A. (2003). Importance of crop residues in crop–livestock systems in India and farmers’ perceptions of fodder quality in coarse cereals [en línea]. *F. Crop. Res.* 84(1), 189–198. [Consultado: 22 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001503>>.
-

- Reddy, B. V.; Sanjana Reddy, P.; Bidinger, F. y Blümmel, M. (2003). Crop management factors influencing yield and quality of crop residues [en línea]. *F. Crop. Res.* 84(1), 57-77. [Consultado: 22 de octubre de 2013]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001412>>.
- Romney, D.; Thorne, P.; Lukuyu, B. y Thornton, P. (2003). Maize as food and feed in intensive smallholder systems: management options for improved integration in mixed farming systems of east and southern Africa [en línea]. *F. Crop. Res.* 84(1), 159-168 [Consultado: 24 de octubre de 2013]. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001473>>.
- Sánchez, A. E.; Ortega, C. M. E.; Mendoza, M. G.; Montañez, V. O.; y Buntinx, D. S. E. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina. *Interciencia*, 37(5), 395-399.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011). *Cierre de la producción agrícola por estado*. [en línea] [Consultado: 6 de agosto de 2012]. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx>>.
- Valbuena, D.; Erenstein, O.; Homann-Kee Tui, S., *et al.* (2012). Conservation Agriculture in mixed crop-livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia [en línea]. *F. Crop. Res.* 132, 175-184. [Consultado: 19 de marzo de 2012]. Disponible en: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429012000706>>.
- Villegas, D. G.; Bolaños, M. A. y Olgún, P. L. (2001). *La ganadería en México. Temas selectos de geografía de México: 1. Textos monográficos, Economía*. UNAM. México D. F. Ed. Plaza y Valdés.
- Wortmann, S. C.; Klein, R. N. y Shapiro, C. A. (2012). *Harvesting crop residues*. [en línea], University of Nebraska. [Consultado: septiembre de 2013]. Disponible en: <<http://www.ianrpubs.unl.edu/live/g1846/build/g1846.pdf>>.
- Yescas, Y. R.; Bárcena, G. R.; Mendoza, M. G.; González, M. S. S. y Cobos, P. M. (2004). Digestibilidad *in situ* de dietas de rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 38(1), 23-31.





# PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE RASTROJOS EN MÉXICO

CROP RESIDUES PRODUCTION AND  
CONSUMPTION IN MEXICO



# Capítulo 1

## Producción y consumo de rastrojos en México

### Crop residues production and consumption in Mexico

*Mercedes Borja Bravo\*, Luis Reyes Muro, José Antonio Espinosa García y Alejandra Vélez Izquierdo. \*borja.mercedes@infap.gob.mx*

#### RESUMEN

Los rastrojos son subproductos derivados de las actividades agrícolas y son importantes por su uso como fuente de alimentación en la ganadería; en México representan 24% de la materia seca (MS) disponible para el consumo animal. Con el propósito de contextualizar el entorno de los rastrojos en México, se estimó la producción y consumo nacional. Para calcular la producción se empleó información sobre producción de grano y rastrojo de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada. Para el consumo, se utilizó información sobre inventarios ganaderos y requerimientos alimenticios en MS para las especies de bovinos, caprinos y ovinos. La producción nacional promedio de residuos agrícolas de los cuatro granos en el periodo 2008-2011, fue de 37.5 millones de toneladas. Se producen 25.1 millones de toneladas de rastrojo de maíz; 7.3 y 4.4 millones de toneladas de paja de sorgo y trigo, y 693.5 mil toneladas de paja de cebada. Los principales estados productores son: Sinaloa, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas y Michoacán. En el periodo 2008-2011, los requerimientos en MS para satisfacer las necesidades de alimentación del hato en el país, fueron de 180.4 millones de toneladas, considerando un inventario ganadero de 32.4, 8 y 9 millones de cabezas de bovinos, ovinos y caprinos, respectivamente. El consumo nacional de rastrojos se estimó en 43.3 millones de toneladas. La producción nacional de residuos derivados del maíz, sorgo, trigo y cebada cubren 21% de la MS requerida por la ganadería y el 86.6% del consumo de rastrojos en la ganadería nacional; por lo que su utilización como insumo alimenticio en este sector, es de gran relevancia.



## ABSTRACT

Crop residues are an agricultural by-product and an important livestock feed source; in Mexico, crop residues represent approximately 24% of the dry matter (DM) available for animal consumption. In order to understand the importance of crop residues in Mexico, domestic production and consumption was estimated. Information on grain and straw production of maize, sorghum, wheat and barley was used to estimate production. Data on livestock inventories and DM food requirements of cattle, goats and sheep was used to assess consumption. Average domestic production of agricultural crop residues of the four grains was 37.5 million tons per year in 2008-2011. A total of 25.1, 7.3, 4.4 and 0.7 million tons of maize, sorghum, wheat and barley straw are produced annually. Sinaloa, Guanajuato, Jalisco, Tamaulipas and Michoacán produce the most crop residues. Over the 2008-2011 periods, feed requirements of the national herd were 180.4 million tons DM, considering livestock populations of 32.4, 8 and 9 million head of cattle, sheep and goats, respectively. Domestic straw consumption was estimated at 43.3 million tons. Domestic maize, sorghum, wheat and barley crop residue production covers 21 % of the DM required for livestock and 86.6 % of total crop residue consumption of the domestic livestock, and thus of the residues of these crops is of major importance as a source of livestock feed.

## INTRODUCCIÓN

Los rastrojos o residuos de cosecha son subproductos derivados de las actividades agrícolas, y se les considera como la porción del cultivo cosechado (hojas, tallos, espigas y brácteas de la mazorca) que queda después de extraer el grano (Shanahan *et al.*, 2010 y SAGARPA, 2009). En México, la mayor producción de rastrojos se obtiene de los cereales y está asociada directamente con la producción de grano, por lo que, a medida de que aumenta la cantidad producida de granos para satisfacer la demanda alimenticia de la población, se incrementa la disponibilidad de estos residuos (Macedo, 2000). Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción nacional de esquilmos agrícolas en México es de 45 millones de

toneladas de MS, provenientes de diez cultivos; entre ellos, los principales son: el maíz, el sorgo, el trigo y la cebada.

Los rastrojos, al ser un subproducto de la producción de granos, comparten diversas características asociadas al cultivo del cual se derivan. Estas características o variables son: la superficie destinada a la producción y la modalidad hídrica, entre otras condiciones y determinantes que afectan el rendimiento de los cultivos.

En México, el maíz es el cultivo más importante desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social; de igual manera, es el más significativo por la superficie sembrada y el volumen de producción. Anualmente se destinan 7.8 millones de hectáreas para la producción de este grano, que representa 49.7% de la superficie nacional cultivable. La producción de maíz en México durante el periodo 2008-2011, fue en promedio anual de 21.3 millones de toneladas (Cuadro 1). El sorgo es el segundo cultivo en importancia, después del maíz. En el mismo periodo, la producción de sorgo en México fue de 6.5 millones de toneladas, obtenida en una superficie de 1.9 millones de hectáreas. La producción nacional de trigo asciende a 3.9 millones de toneladas al año, en promedio, mientras que la de cebada fue de 615 mil toneladas; estos cultivos ocupan el 5 y 2.1% de la superficie sembrada del país (Cuadro 1). En suma, estos cuatro cultivos cubren el 69.1% de la superficie nacional sembrada, donde se generan esquilmos agrícolas.

**Cuadro 1. Superficie sembrada y producción de grano de varios cultivos, periodo 2008-2011.**

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Superficie nacional sembrada (%)
Maíz	7,819,850	21,372,598	49.7
Sorgo	1,938,328	6,517,668	12.3
Trigo	781,639	3,908,481	5.0
Cebada	323,903	614,961	2.1

**Fuente:** Elaborado con datos tomados de SIACON- SIAP (2011).

En México no existe información estadística actual que permita cuantificar y resaltar la importancia económica de los residuos de cosecha. Los rastrojos son productos de alto valor en la ganadería y tienen la función de satisfacer la demanda de forraje para la alimentación del ganado. De manera empírica se conoce que existe nacionalmente una oferta y una demanda de esquilmos, pero se desconoce la magnitud y el entorno del mercado. A partir de este antecedente, el objetivo en este capítulo es cuantificar la producción y consumo de rastrojos en México. El análisis consideró la producción de residuos de cosecha de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada; el consumo se estimó para las especies de bovinos, caprinos y ovinos.

### **PRODUCCIÓN DE RASTROJOS EN MÉXICO**

Se estima que por cada kilogramo de grano producido se obtiene 1 kg de residuo (Muñoz, 2011 y Macedo, 2000). El rendimiento de rastrojo en la producción agrícola, depende de diversos factores, como son: tipo de suelo, clima, manejo agronómico, disponibilidad de agua y variedades sembradas (Luna, 2010 y Ramírez y Volke, 1999).

Para estimar el volumen de la producción de esquilmos agrícolas a nivel nacional se consideró el rendimiento por hectárea de residuos de cosecha. Tomando en consideración que el rendimiento de esquilmos depende de diversos factores, se calculó un promedio ponderado utilizando datos de diversas fuentes sobre proporción de esquilmos bajo diferentes criterios, como: modalidad hídrica, variedades, fertilización y tipo de labranza. La proporción ponderada de rendimiento de rastrojo/grano para maíz, se determinó teniendo en cuenta el criterio que del total de la producción obtenida en una hectárea, 46.6% es grano y 53.4% rastrojo (Macedo, 2000; Zetina *et al.*, 2005; Luna, 2010 y Muñoz, 2011); mientras que para las pajas de sorgo, trigo y cebada, el porcentaje de grano y de MS, representó 47 y 53%, respectivamente (SAGARPA, 2010 y Wortmann *et al.*, 2012).

El cálculo de la producción de rastrojo de cada cultivo, se obtuvo dividiendo la producción de grano entre la proporción ponderada de rendimiento

de grano por hectárea; el resultado se multiplicó por 100 y se le restó la producción de grano. Lo anterior queda expresado con la siguiente fórmula:

$$\text{Producción de rastrojo} = \left( \frac{\text{Producción de grano}}{\text{porcentaje de grano}} \times 100 \right) - \text{producción de grano}$$

Los datos estadísticos sobre producción de grano para cada cultivo, se obtuvieron del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta del SIAP (SIACON-SIAP, 2011).

En el Cuadro 2 se muestran los datos estimados en este trabajo sobre producción de grano y rastrojo a nivel nacional durante el periodo 2008-2011. El total de la producción promedio de rastrojos derivados de estos cuatro cultivos fue de 37.5 millones de toneladas. La producción de rastrojo de maíz fue de poco más de 25 millones de toneladas; del cultivo de sorgo se obtuvieron 7.3 millones de toneladas de esquilmos; la producción de paja de trigo y cebada fue de 4.4 millones de toneladas y 693 mil toneladas, respectivamente.

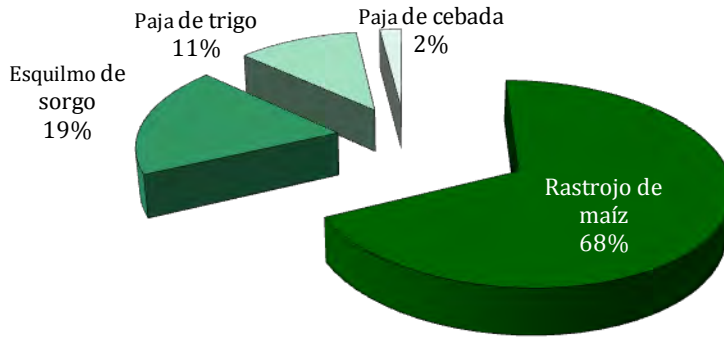
**Cuadro 2. Producción de grano y estimación de la producción rastrojo de cuatro cultivos, periodo 2008-2011.**

Cultivo	Producción (t)	
	Grano	Rastrojo
Maíz	21,372,598	25,089,571
Sorgo	6,517,668	7,349,711
Trigo	3,908,481	4,407,436
Cebada	614,961	693,467

**Fuente:** Elaborado con datos tomados de SIACON- SIAP (2011).

En términos porcentuales, de las 37.5 millones de toneladas de esquilmos agrícolas obtenidas de los cuatro cultivos, 68% corresponde a rastrojo de maíz, 19% son esquilmos de sorgo, 11% es paja de trigo y 2% paja de cebada (Figura I).

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 1. Participación en la producción nacional de esquilmos agrícolas por cultivo.**

**Fuente:** Elaborado con datos tomados de SIACON-SIAP (2011).

### Producción estatal de esquilmos agrícolas

La producción estatal de esquilmos está determinada por la tradición de cada estado en la siembra de estos cuatro cereales. El maíz es un cultivo que tiene presencia en casi todos los estados del país, se produce en los ciclos agrícolas de producción: primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I), en diversa condiciones agroclimáticas y fuentes de humedad (riego, temporal, humedad residual). Los estados con mayor volumen de producción de maíz son: Sinaloa (21.9%), Jalisco (13.6%), Chiapas (6.8%), Michoacán (6.7%), Estado de México (6.3%), Guerrero (6.2%), Guanajuato (5.3%) y Veracruz (5.2%). Estos ocho estados aportaron el 72% de la producción nacional de grano de maíz en el periodo 2008-2011 (SIACON-SIAP, 2011).

El sorgo es un cultivo que se siembra en ambos ciclos agrícolas, pero es de mayor preponderancia durante el ciclo P-V. Aun cuando la producción de sorgo tiene presencia en casi todos los estados de la República Mexicana, solo sobresalen seis: Tamaulipas (38.2%), Guanajuato (21.1%), Sinaloa (12.2%), Michoacán (7.6%), Nayarit (4.8%) y Morelos (3.0%). En suma, estos estados producen el 87% de la producción nacional en México (SIACON-SIAP, 2011).

El trigo se considera un cultivo de invierno, debido a que el 94.4% de la producción se obtiene en el ciclo O-I, sobre todo por sus requerimientos de frío para la germinación. La mayor parte de la producción se obtiene en el noroeste y centro del país. Los principales estados productores de trigo son: Sonora (46.6%), Guanajuato (15.1%), Baja California (14.3%), Chihuahua (5.7%), Michoacán (4.3%) y Jalisco (3.9%). Estos seis estados aportan el 89.9% de la producción nacional (SIACON-SIAP, 2011).

La importancia y reconocimiento de la industria cervecera a nivel mundial ha impulsado el crecimiento del cultivo de cebada maltera. Se estima que 60% de la producción de grano está destinada a esta agroindustria (SIAP, 2006). Los estados de la República Mexicana con mayor relevancia en la producción de cebada maltera son: Guanajuato (39.5%), Hidalgo (24.3%), Tlaxcala (11.6%), Puebla (9.0%) y Estado de México (4.4%). En conjunto, estos cinco estados producen el 88.8% de la cebada de México (SIACON-SIAP, 2011).

En el Cuadro 3 se presentan los datos sobre la producción de residuos de cosecha en cada entidad del país, como se detalla a continuación:

Durante el periodo 2008-2011, Sinaloa ocupó el primer lugar, con 6.4 millones de toneladas (17.3%); el segundo lugar fue para Guanajuato (10.2%), seguido de Jalisco (10.0%), Tamaulipas (9.1%), Michoacán (6.5%), Sonora (6.1%), Chiapas (4.7%), Estado de México (4.4%), Guerrero (4.3%), Veracruz (3.9%) y Chihuahua (3.8%). Estos once estados aportan 80.2% de la producción total de rastrojos en el país derivados de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada.

La producción por tipo de esquilmo en los estados del país, corresponde a su especialización agrícola; así, la mayor producción de rastrojo de maíz ocurre en Sinaloa, Jalisco y Chiapas (Figura 2); en rastrojo de sorgo destacan Tamaulipas, Guanajuato y Sinaloa (Figura 3); en paja de trigo: Sonora, Guanajuato y Baja California (Figura 4) y en paja de cebada: Guanajuato, Hidalgo y Tlaxcala (Figura 5).

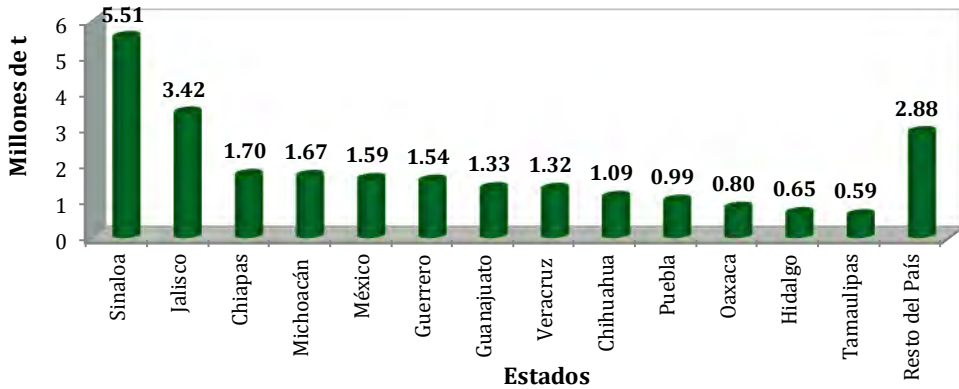
**Cuadro 3. Producción estatal de residuos agrícolas (toneladas) de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada, periodo 2008-2011.**

Estado	Residuos agrícolas				
	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada	Total
Sinaloa	5,506,425	898,431	73,375	0	6,478,230
Guanajuato	1,333,711	1,555,964	666,458	274,173	3,830,305
Jalisco	3,422,667	166,308	172,962	6,040	3,767,977
Tamaulipas	590,940	2,806,596	224	188	3,397,948
Michoacán	1,674,065	562,082	187,850	13,506	2,437,503
Sonora	177,422	57,887	2,053,587	7	2,288,903
Chiapas	1,700,023	53,574	166	0	1,753,763
Estado de México	1,589,755	1,748	31,981	30,815	1,654,299
Guerrero	1,544,261	53,917	0	0	1,598,177
Veracruz	1,315,523	52,083	105,594	1,338	1,474,538
Chihuahua	1,093,130	85,998	249,995	110	1,429,233
Puebla	989,323	82,210	6,016	62,109	1,139,658
Oaxaca	798,440	60,394	18,895	341	878,070
Hidalgo	648,259	852	7,252	168,370	824,734
Baja California	0	6,235	630,578	4,311	641,124
Nayarit	224,592	349,335	0	0	573,928
Zacatecas	390,784	2,692	46,388	20,814	460,679
Campeche	394,958	30,211	0	0	425,169
Tlaxcala	308,214	0		80,610	388,825
Durango	314,477	18,132	50,509	5,151	388,269
Querétaro	284,108	42,214	2,155	21,719	350,195
Morelos	106,771	220,384	1,393	0	328,548
San Luis Potosí	179,406	109,142	902	3,598	293,047
Nuevo León	43,197	78,311	55,942	34	177,484
Tabasco	140,522	26,311	0	0	166,833
Yucatán	100,256	1,423	782	0	102,461
Aguascalientes	68,112	97	0	0	68,209
Coahuila	26,073	8,876	23,749	233	58,930
Baja California Sur	25,065	9,412	20,684	0	55,161
Quintana Roo	47,303	3,081	0	0	50,384
Colima	42,971	5,810	0	0	48,781
Distrito Federal	8,820	0	0	0	8,820
<b>Total</b>	<b>25,089,571</b>	<b>7,349,711</b>	<b>4,407,436</b>	<b>693,467</b>	<b>37,540,185</b>

**Fuente:** Elaborado con datos tomados de SIACON-SIAP (2011).

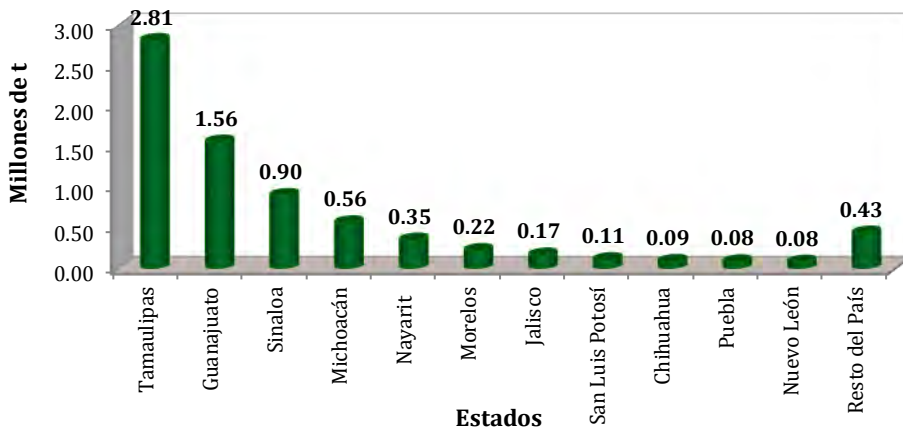


Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 2. Producción de rastrojo de maíz por estado. 2008-2011.**

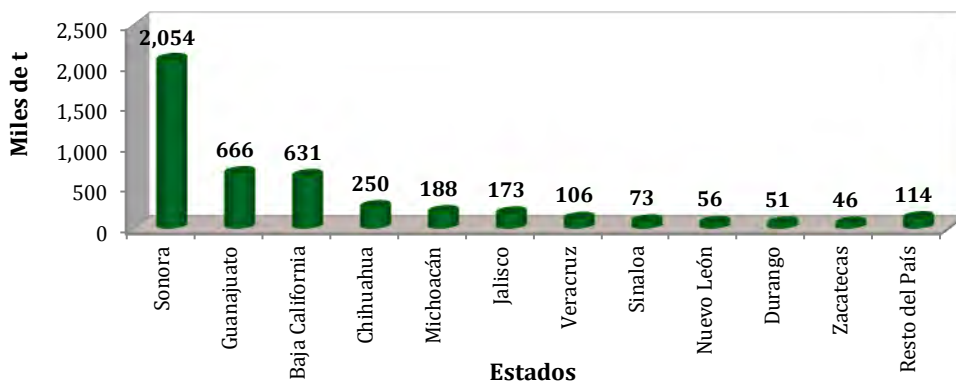
Fuente: Elaborado con datos proporcionados por SIAP-SAGARPA (2011).



**Figura 3. Producción de rastrojo de sorgo por estado. 2008-2011.**

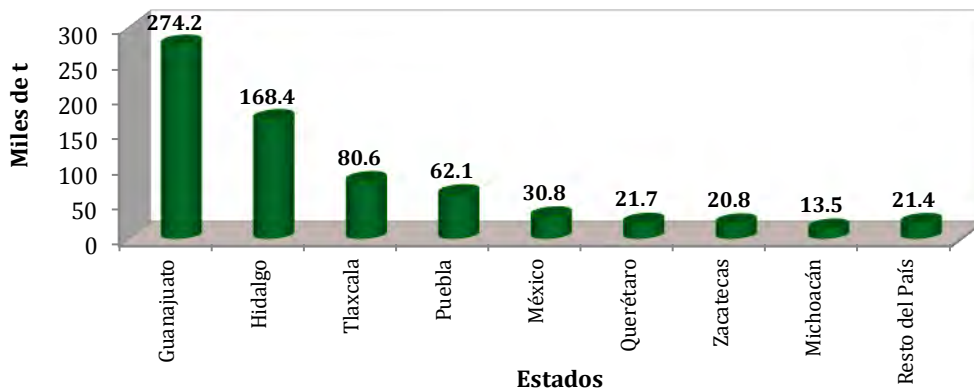
Fuente: Elaborado con datos tomados de SIAP-SAGARPA (2011).

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 4. Producción de rastrojo de trigo por estado. 2008-2011.**

Fuente: Elaborado con datos tomados de SIAP-SAGARPA (2011).



**Figura 5. Producción de rastrojo de cebada por estado. 2008-2011.**

Fuente: Elaborado con datos tomados de SIAP-SAGARPA (2011).

## CONSUMO DE RASTROJOS EN MÉXICO

### Importancia de los residuos de cosecha

En los últimos años se ha incrementado la producción de residuos agrícolas y se estima un probable incremento en la demanda (Wortmann *et al.*, 2012). Estas tendencias se explican por la utilización de los esquilmos agrícolas en diversas actividades. Los residuos de cosecha se utilizan principalmente como forraje en la alimentación de ganado y la ganadería es la principal actividad de uso del suelo en el país; se desarrolla en una superficie de 110 millones de hectáreas (56%) y genera 45% del valor monetario del sector agropecuario de México (Gómez *et al.*, 2008 y SIACON-SIAP, 2011). La producción pecuaria se realiza en diversos ambientes agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción; en general, los sistemas de producción ganadera se clasifican en tecnificados, semitecnificados, tradicionales y de traspatio.

Macedo (2000) señala que las pajas de los cereales son el principal alimento de los rumiantes. En México, son la base alimentaria para el ganado, sobre todo en épocas de escasez de forraje verde, por lo que 85% del rastrojo de maíz producido en el país, se utiliza para la alimentación de animales y, de este, 32% se consume en pastoreo. Al respecto, Fuentes *et al.* (2001) señalan que en México es común la utilización de rastrojo como alimento para rumiantes, no obstante su escaso valor nutrimental, baja digestibilidad y alto contenido de fibra, debido a su estado de lignificación, aun cuando existen métodos para incrementar su eficiencia en la alimentación ganadera.

El interés por la utilización de residuos agrícolas o rastrojos en la alimentación de ganado se sigue manteniendo por ser una fuente de energía en la dieta del ganado (Macedo, 2000 y Villegas *et al.*, 2001), son accesibles por su precio y disponibilidad en la época de estiaje (Fuentes *et al.*, 2001) y contribuyen al ingreso y empleo en el medio rural.

## **Consumo de rastrojos como forraje en México**

Por la importancia de los rastrojos en la ganadería, se consideró relevante estimar su consumo en el país. El cálculo se realizó con base en la propuesta del Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA), para la estimación del consumo de kilogramos de MS por unidad animal (UA), necesarios para satisfacer sus necesidades alimenticias y cumplir con su función zootécnica (Gómez *et al.*, 2008).

Los datos se calcularon por día y año para cada especie ganadera. El resultado sobre consumo de MS se estimó para el total de la población ganadera del país, según la especie animal. Finalmente, se estimó el consumo nacional de esquilmos agrícolas, utilizando los porcentajes de las fuentes de MS expresados por Villegas *et al.* (2001) y FAO (2003).

Para la estimación del consumo de rastrojos en México se utilizó información secundaria de los inventarios ganaderos de las tres principales especies de rumiantes: bovinos, ovinos y caprinos (FAO, 2003). La información para cada estado de la República Mexicana, fue obtenida de SIACON-SIAP (2011). Respecto a los pesos y equivalencias en peso por UA, para bovinos, ovinos y caprinos, así como los requerimientos alimenticios de MS por especie se consultó la Guía PROGAN (INIFAP, 2010).

## **Inventario nacional ganadero**

En el año 2011 el inventario nacional ganadero fue de 32.9 millones de cabezas de bovinos (92.8% para producción de carne y 7.2% de leche), 9 millones de ovinos y 8.2 millones de caprinos. Durante el periodo 2001-2011 no se registró gran variación en el inventario ganadero, excepto en ovinos que tuvo una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) de 2.9% (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Tasa Media de Crecimiento Anual de bovinos, ovinos y caprinos en México, periodo 2001/2011.**

Especie	Cabezas		TMCA 2001-2011
	2001	2011	%
Bovinos	30,620,933	32,936,334	0.4
Ovinos	8,701,861	9,004,377	2.9
Caprinos	6,164,757	8,219,386	0.04

TMCA = Tasa Media de Crecimiento Anual.

Fuente: Elaborado con datos tomados de SIACON-SIAP (2011).

La cría de bovinos y ovinos se efectúa en todos los estados del país, Los caprinos se explotan en la mayoría de los estados, con excepción de Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y el Distrito Federal (Cuadro 5). A nivel nacional, los estados más importantes en inventario de bovinos son: Veracruz (11.9%), Jalisco (9.1%), Chiapas (7.7%), Chihuahua (5.8%) y Michoacán (5.5%). Otros estados importantes son Oaxaca (5.3%), Sonora (4.7%), Sinaloa (4.7%), Tamaulipas (4.7%) y Tabasco (4.6%). Los estados con mayor cantidad ovinos son: Estado de México (15.9%), Hidalgo (13%), Veracruz (8.1%), Oaxaca (6.9%), Puebla (5.5%), San Luis Potosí (5.5%), Zacatecas (4.3%), Jalisco (4.2%), Guanajuato (3.8%) y Chiapas (3.5%). La mayor cantidad de caprinos se encuentra en los estados de Puebla (15.8%), Oaxaca (13.4%), Guerrero (7.5%), Coahuila (7.3%), San Luis Potosí (6.9%), Zacatecas (6.4%), Guanajuato (6.3%), Michoacán (5.2%), Nuevo León (4.3%) y Durango (3.6%).



**Cuadro 5. Inventario ganadero por especie y estado, periodo 2008-2011.**

Estado	Bovinos		Ovinos		Caprinos	
	Cabezas	%	Cabezas	%	Cabezas	%
Aguascalientes	117,063	0.4	48,716	0.6	33,192	0.4
Baja California	240,326	0.7	30,247	0.4	26,183	0.3
Baja California Sur	166,903	0.5	17,334	0.2	122,212	1.4
Campeche	643,522	2.0	140,853	1.8	5,603	0.1
Coahuila	652,568	2.0	117,442	1.5	657,359	7.3
Colima	171,271	0.5	25,920	0.3	13,706	0.2
Chiapas	2,491,226	7.7	280,459	3.5	0	0.0
Chihuahua	1,868,131	5.8	207,932	2.6	228,460	2.5
Distrito Federal	7,764	0.0	22,858	0.3	0	0.0
Durango	1,419,885	4.4	83,841	1.0	323,778	3.6
Guanajuato	851,015	2.6	301,105	3.8	569,005	6.3
Guerrero	1,230,063	3.8	80,158	1.0	669,472	7.5
Hidalgo	634,742	2.0	1,046,179	13.0	263,865	2.9
Jalisco	2,952,287	9.1	341,046	4.2	266,121	3.0
Estado de México	675,759	2.1	1,274,064	15.9	125,715	1.4
Michoacán	1,790,625	5.5	246,739	3.1	470,229	5.2
Morelos	131,830	0.4	41,016	0.5	39,382	0.4
Nayarit	707,843	2.2	41,680	0.5	147,174	1.6
Nuevo León	500,755	1.5	78,473	1.0	386,128	4.3
Oaxaca	1,706,273	5.3	551,576	6.9	1,202,057	13.4
Puebla	650,098	2.0	443,844	5.5	1,423,155	15.8
Querétaro	311,031	1.0	160,573	2.0	98,666	1.1
Quintana Roo	103,060	0.3	53,052	0.7	4,421	0.0
San Luis Potosí	854,896	2.6	439,618	5.5	615,457	6.9
Sinaloa	1,538,304	4.7	213,077	2.7	151,765	1.7
Sonora	1,538,328	4.7	59,778	0.7	23,277	0.3
Tabasco	1,489,401	4.6	78,429	1.0	0	0.0
Tamaulipas	1,517,149	4.7	242,800	3.0	260,096	2.9
Tlaxcala	54,823	0.2	217,557	2.7	133,650	1.5
Veracruz	3,853,427	11.9	652,933	8.1	149,315	1.7
Yucatán	547,256	1.7	137,898	1.7	0	0.0
Zacatecas	994,005	3.1	347,962	4.3	575,312	6.4
<b>TOTAL</b>	<b>32,411,625</b>	<b>100.0</b>	<b>8,025,157</b>	<b>100.0</b>	<b>8,984,751</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaborado con datos tomados de SIACON-SIAP (2011).

## Requerimientos de materia seca por unidad animal

Para estimar los requerimientos de MS diarios por especie animal, primero se establecieron los pesos, de acuerdo a la equivalencia en UA. El peso promedio de un bovino se consideró de 450 kg, que corresponde a una vaca con cría al pie; a partir de este peso, se calculó el peso para ovejas y cabras, considerando una equivalencia de 0.12, que corresponde a corderos y cabritos de 6 meses, por lo que el peso de cada animal (ovinos y caprinos), se consideró de 54 kg (INIFAP, 2010) (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Peso para los diferentes tipos de ganado.**

Especie	Unidad animal (UA)	Peso del animal (kg)
Vaca con cría al pie	1	450
Cordero y cabrito destetados de hasta 6 meses	0.12	54

**Fuente:** Elaborado con tabla de equivalencias/UA para tipos de ganado. INIFAP- Guía PROGAN (2010).

Gasque (2008) estimó que un bovino consume una cantidad de MS al día igual al 3.2% de su peso vivo, lo que equivale a 14.4 kg. Galaviz *et al.* (2011) mencionaron que el consumo de MS de un ovino o caprino es el 3% de su peso vivo. Entonces, el consumo diario de MS de los ovinos y caprinos es de 1.62 kg. Al multiplicar el consumo diario por 365, se estima que un bovino consume 5,256 kg de MS al año, mientras que un ovino, al igual que un caprino, consumen anualmente 591.3 kg de MS. El cálculo se realizó con la siguiente expresión:

$$\text{Consumo de MS por animal} = (\text{kgMS/UA/Año})$$

Para calcular el consumo nacional de MS se multiplicó el número de cabezas de cada especie por el consumo de MS por animal. Lo anterior queda expresado de la siguiente manera:

$$\text{Consumo nacional de MS} = (\text{No. de cabezas}) * (\text{Consumo de MS por animal})$$



El consumo nacional de MS por especie en el sector pecuario de México, por año durante el periodo 2008-2011, fue de 180.4 millones de toneladas, de las cuales, los bovinos consumieron 170.3 millones (94.4%), los ovinos 4.7 millones y los caprinos, 5.3 millones de toneladas (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Consumo nacional estimado de MS/especie animal/año. 2008-2011.**

Especie	Inventario ganadero	Consumo de MS por animal	Consumo nacional de MS
	Cabezas		
Bovinos	32,411,625	5.26	170,355,501
Ovinos	8,025,157	0.59	4,745,275
Caprinos	8,984,751	0.59	5,312,683
<b>Total</b>			<b>180,413,459</b>

**Fuente:** Elaborado con datos de SIACON-SIAP (2011); INIFAP (2010); Galaviz *et al.* (2011) y Gasque (2008).

El consumo de MS por estado y especie animal, durante el periodo 2008-2011, se muestra en el Cuadro 8. Los estados con mayor consumo de MS son: Veracruz (11.5%), Jalisco (8.8%), Chiapas (7.3%), Chihuahua (5.6%), Oaxaca (5.5%), Michoacán (5.5%), Sinaloa (4.6%), Tamaulipas (4.6%), Sonora (4.5%), Tabasco (4.4%) y Durango (4.3%) (Figura 6).

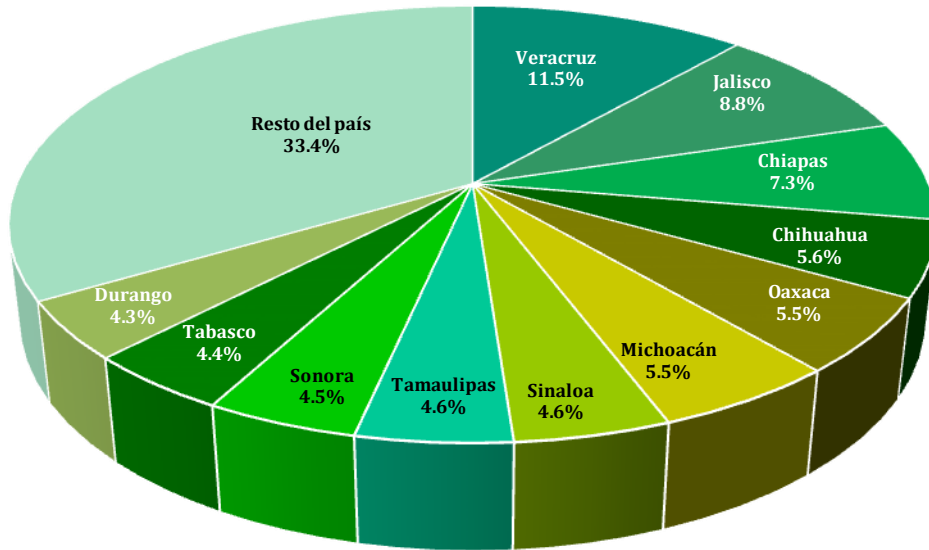


**Cuadro 8. Consumo de MS por estado y especie animal en México, periodo 2008-2011.**

Estado	Especie			Total estatal
	Bovinos	Ovinos	Caprinos	
t				
Veracruz	20,253,610	386,079	88,290	20,727,979
Jalisco	15,517,219	201,660	157,357	15,876,237
Chiapas	13,093,884	165,835	0	13,259,719
Chihuahua	9,818,894	122,950	135,088	10,076,932
Oaxaca	8,968,172	326,147	710,776	10,005,095
Michoacán	9,411,526	145,897	278,047	9,835,470
Sinaloa	8,085,326	125,992	89,738	8,301,057
Tamaulipas	7,974,136	143,568	153,795	8,271,499
Sonora	8,085,451	35,347	13,763	8,134,561
Tabasco	7,828,292	46,375	0	7,874,666
Durango	7,462,914	49,575	191,450	7,703,939
Guerrero	6,465,212	47,397	395,858	6,908,468
Zacatecas	5,224,490	205,750	340,182	5,770,422
San Luis Potosí	4,493,335	259,946	363,919	5,117,200
Guanajuato	4,472,934	178,043	336,453	4,987,430
Puebla	3,416,914	262,445	841,512	4,520,870
Estado de México	3,551,789	753,354	74,335	4,379,479
Hidalgo	3,336,201	618,606	156,023	4,110,830
Coahuila	3,429,897	69,443	388,696	3,888,037
Nayarit	3,720,424	24,645	87,024	3,832,093
Campeche	3,382,352	83,287	3,313	3,468,951
Yucatán	2,876,375	81,539	0	2,957,914
Nuevo León	2,631,967	46,401	228,317	2,906,685
Querétaro	1,634,779	94,947	58,341	1,788,067
Baja California	1,263,151	17,885	15,482	1,296,517
Baja California Sur	877,241	10,249	72,264	959,754
Colima	900,202	15,327	8,104	923,633
Morelos	692,896	24,253	23,287	740,435
Aguascalientes	615,282	28,806	19,627	663,714
Quintana Roo	541,681	31,370	2,614	575,664
Tlaxcala	288,148	128,641	79,027	495,817
Distrito Federal	40,808	13,516	0	54,324
<b>Total</b>	<b>170,355,501</b>	<b>4,745,275</b>	<b>5,312,683</b>	<b>180,413,459</b>

**Fuente:** Elaborado con datos de SIACON-SIAP (2011); INIFAP (2010); Galaviz *et al.* (2011) y Gasque (2008).

## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 6. Principales estados consumidores de MS en México.**

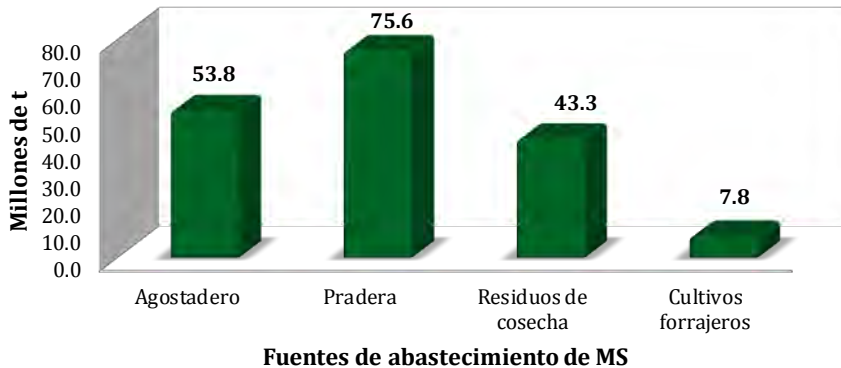
**Fuente:** Elaborado con datos de SIACON-SIAP (2011); INIFAP (2010); Galaviz *et al.* (2011) y Gasque (2008).

### Consumo nacional de rastrojos

La MS empleada para la alimentación en la ganadería, proviene de cuatro fuentes de abastecimiento: 29.8% es producida en los agostaderos, 41.9% en las praderas, 24% procede de los residuos agrícolas y 4.3% se deriva de los cultivos forrajeros (Villegas *et al.*, 2001 y FAO, 2003). La estimación del consumo nacional, se basó en la distribución de la producción por fuente de MS a nivel nacional y se asumió que la proporción es la misma para el consumo. De esta manera fueron determinados los volúmenes de MS abastecida de las diferentes fuentes.

Los agostaderos proveen al sector pecuario 53.8 millones de toneladas de MS al año; mientras que de las praderas se obtienen 75.6 millones de toneladas; asimismo, de los residuos de cosecha y cultivos forrajeros, 43.3 y 7.8 millones de toneladas anuales, respectivamente (Figura 7).

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 7. Consumo de MS proveniente de diversas fuentes, periodo 2008-2011.**

**Fuente:** elaborado con información obtenida de Villegas *et al.* (2001) y FAO (2003).

El uso de esquilmos agrícolas como forraje, está ligado a su disponibilidad en las regiones con actividad agropecuaria; aunque también, existen zonas del país hacia las cuales se movilizan grandes cantidades de rastrojo para cubrir las necesidades de alimento del ganado (Villegas *et al.*, 2001).

Se estima que la producción de rastrojos de maíz, sorgo, trigo y cebada cubre el 20.8% de la demanda nacional de MS, y el 86.7% de la demanda de esquilmos por la ganadería del país.

### CONCLUSIONES

Este primer capítulo estima la producción y consumo de rastrojos en México, y a partir de revisión bibliográfica, información de fuentes secundarias, así como diversas consideraciones y supuestos, los resultados permiten dimensionar el entorno económico de los residuos de cosecha derivados de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada.

A continuación se resumen algunos resultados de las estimaciones efectuadas:

1. De los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada, se estimó que se obtiene en promedio al año, 37.5 millones de toneladas de residuos de cosecha, que representan el 83.4% de la producción del país. Del cultivo de maíz se obtiene la mayor producción de rastrojos (56%). La producción de residuos de cosecha depende directamente de la producción de granos, por lo que las condiciones agroclimáticas de la región productora, la tecnología y aspectos sociales de los agricultores influyen en los rendimientos de los mismos.
2. En México la utilización de rastrojos para la alimentación del ganado es el uso más común, por lo que la mayor cantidad de los volúmenes producidos se destinan al sector pecuario (bovinos, ovinos y caprinos, principalmente).
3. La ganadería nacional demanda anualmente poco más de 180 millones de toneladas de MS para cubrir los requerimientos alimenticios de los animales; los residuos agrícolas aportan el 24% de esta demanda. Se estimó un consumo nacional de esquilmos de 43.3 millones de toneladas al año. La producción de esquilmos de maíz, sorgo, trigo y cebada cubre el 21% de la demanda nacional de MS y el 86.7% de la demanda de esquilmos en la ganadería nacional.

### CONSIDERACIONES FINALES

Si bien los rastrojos son empleados principalmente como forraje para el ganado, estos tienen otros usos. Así, en la AC, se emplean como mejoradores de suelo al dejarlos como cobertura. Esta práctica disminuye el efecto de la erosión e incrementa el contenido de materia orgánica (MO), mejorando con ello las propiedades físicas, químicas, biológicas y la fertilidad del suelo; además de evitar la evaporación de agua (Jiménez *et al.*, 2004). En México, la AC es un enfoque de producción que ha tenido baja adopción, que ya únicamente se practica en el 1% de la superficie agrícola del país (Ramírez *et al.*, 2013).

Las pajas de cebada y trigo son empleadas como materiales en la construcción (Erenstein y Thorpe, 2010). En México es común el uso de paja

como insumo en la elaboración de adobes. La construcción de casas con pacas de paja ha surgido como una alternativa bajo un enfoque de cuidado del ambiente. Sin embargo en este país aún es incipiente esta nueva tendencia que busca cubrir necesidades de vivienda a bajo costo, como alternativa para el mejor uso de residuos de cosecha y evitar su quemado (SAGARPA, 2010).

Actualmente, con la búsqueda de nuevas fuentes energéticas alternativas y renovables, el uso de residuos agrícolas es una opción para la generación de biocombustibles y biogás (Núñez, 2012). Otros usos son: como sustrato en la producción de hongos comestibles (Rodríguez *et al.*, 2010), elaboración de compostas (SAGARPA, 2010), como materiales para la fabricación de artesanías, y la hoja de maíz es usada como insumo en la gastronomía mexicana.





## BIBLIOGRAFÍA

- Erenstein, O. and Thorpe, W. (2010). Crop-livestock interactions along agro-ecological gradients: a meso-level analysis in the Indo-Gangetic Plains, India. *Environ Dev Sustain*, 12, 669-689.
- FAO. (2003). *Livestock sector report: México. Condiciones estructurales, evolución (1990-2000) y perspectivas (2010, 2020, 2030)* [en línea] [Consulta: 16 octubre 2013]. Disponible en:  
<[http://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/sector\\_reports/lsr\\_MEX.pdf](http://www.fao.org/ag/againfo/resources/en/publications/sector_reports/lsr_MEX.pdf)>.
- FAO. (2012). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales [en línea] [Consulta: 15 de julio de 2012]. Disponible en: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/es/>>.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S. y Ortiz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad “*in vitro*” de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12, 189-192.
- Galaviz, R., Zaragoza, J.L. y Corona, V. (2011). Alimentación para ovinos de la región nor-poniente de Tlaxcala [en línea]. Folleto Técnico No. 46. INIFAP. 20 p. [Consulta: 15 de julio de 2012] Disponible en:  
<<http://www.inifap.gob.mx/circe/publitlax/ovinosfolleto12%201%20con%20portada.pdf>>.
- Gasque, R. (2008). Alimentación de bovinos en Enciclopedia Bovina [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. [Consulta: 4 de diciembre de 2012] Disponible en:  
<[http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e\\_bovina/1AlimentaciondeBovinos.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/1AlimentaciondeBovinos.pdf)>.
- Gómez, J. D., Monterroso, A. I., Toledo, M. L. y Tinoco, J. A. (2008). Sector Ganadero [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México [Consulta: 18 de octubre de 2013]. Disponible en:  
<[http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes\\_cuarta\\_comunicacion/Ganadero/Ganadero%201/Informe\\_final\\_del\\_sector\\_ganadero.pdf](http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes_cuarta_comunicacion/Ganadero/Ganadero%201/Informe_final_del_sector_ganadero.pdf)>.
- INIFAP. (2010). Guía PROGAN: Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo [en línea] [Consulta: 4 de diciembre de 2012]. Disponible en:  
<[http://www.inifap.gob.mx/inicio/guias/ajuste\\_carga.pdf](http://www.inifap.gob.mx/inicio/guias/ajuste_carga.pdf)>. Jiménez, C. A., Maciel, L.>
- Luna, M. (2010). Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. *Investigación Científica*, 6, 1-13.
- Macedo, R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) – pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la
-



- zona norte del estado de Colima. [en línea]. Universidad de Colima: tesis doctoral [Consultado: 24 julio 2012]. Disponible en:  
<[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Rafael%20Julio%20Macedo%20Barragan%20DOCTORADO.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Rafael%20Julio%20Macedo%20Barragan%20DOCTORADO.pdf)>.
- Muñoz, F. (2011). Producción, valor nutricional y aprovechamiento del rastrojo de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla, México. [en línea]. Colegio de Postgraduados: tesis de maestría [Consulta: 26 de julio de 2012]. Disponible en:  
<<http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/602>>.
- Núñez, D. W. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*, 16, 142-156.
- Peña, A. H. y Castillo, A. (2004). Principios y fundamentos de labranza de conservación: guía para su implementación. Folleto técnico No. 24. INIFAP: México.
- Ramírez, A., Beuchelt, T. D. y Velasco, M. (2013). Factores de adopción y abandono del sistema de agricultura de conservación en los Valles Altos de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10, 195-214.
- Ramírez, A. M. y Volke, H. V. (1999). Estratificación del potencial productivo del maíz en la región oriente del estado de Tlaxcala. *Terra*, 17, 131-138.
- Rodríguez, A., Durán, E., Anchondo, A., López, J. C., López, G. y Aguilar, M. (2010). El consumo de hongos comestibles en Chihuahua [en línea]. *Synthesis* 55. Universidad Autónoma de Chihuahua [Consulta: 22 de octubre de 2013]. Disponible en:  
<[http://www.uach.mx/extension\\_y\\_difusion/synthesis/2011/06/01/el\\_consumo\\_d\\_ehongos\\_comestibles\\_en\\_chihuahua.pdf](http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/06/01/el_consumo_d_ehongos_comestibles_en_chihuahua.pdf)>.
- SAGARPA. (2009). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado [en línea]. Distrito Federal, México. [Consulta: 22 de octubre de 2013]. Sistemas de Agronegocios Pecuarios. Disponible en:  
<<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Aprovechamiento%20de%20esquilmos.pdf>>.
- SAGARPA. (2010). Estudio sobre la utilización de la paja de trigo [en línea]. Baja California, México. Secretaría de Fomento Agropecuario, junio de 2010 [Consulta: 22 de octubre de 2013]. Gobierno del estado de Baja California. Disponible en:  
<[http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/biblioteca/Estudios/Agricolas/Paja-Trigo.pdf](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/biblioteca/Estudios/Agricolas/Paja-Trigo.pdf)>.
- Shanahan, F., Smith, D. H., Stanton, T. L. and Horn, B. E. (2010). Crop Residues for Livestock Feed. Crop series [en línea]. Collins, Colorado [Consulta: 24 de septiembre de 2013]. Colorado State University. Disponible en:  
<[http://extension.oregonstate.edu/gilliam/sites/default/files/Crop\\_Residue\\_for\\_Livestock\\_Feed.pdf](http://extension.oregonstate.edu/gilliam/sites/default/files/Crop_Residue_for_Livestock_Feed.pdf)>.

- SIACON-SIAP. (2011). *SIACON 1980- 2011* [en línea]. Distrito Federal, México: SIAP [Consulta: 24 de junio de 2012]. Base de datos disponible en: <[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=286:iacon&catid=62:portada&Itemid=428](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286:iacon&catid=62:portada&Itemid=428)>.
- SIAP. (2006). La cebada: situación actual y perspectivas de la producción, 1995-2007 [en línea]. Distrito Federal, México, Agosto de 2006. [Consulta: 7 de diciembre de 2012]. Disponible en: <[http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Cebada1995-2007.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Cebada1995-2007.pdf)>.
- Villegas, G., Bolaños, A. y Olgún, P. L. (2001). *La ganadería en México*. (Plaza y Valdez, Ed.) (Primera edición., p. 163). México.
- Wortmann, C., Klein, R. N. and Shapiro, C. A. (2012). Harvesting crop residues [en línea]. [Consulta: septiembre de 2012]. Disponible en: <<http://www.ianrpubs.unl.edu/live/g1846/build/g1846.pdf>>.
- Zetina,R., Trinidad, A., Oropeza, J. L., Volke, V. y Landois, L. L. (2005). Relación bases intercambiables–rendimiento de maíz en un cambisol dístico con labranza, enclado y abono verde. *Terra Latinoamericana*, 23, 389-397.





# IMPLICACIONES SOCIOECONÓMICAS Y ENERGÉTICAS DEL USO Y MANEJO DE RASTROJO EN LA REGIÓN FRAILESCA, CHIAPAS

SOCIOECONOMIC AND ENERGY IMPLICATIONS OF CROP RESIDUE USE AND MANAGEMENT IN THE FRAILESCA REGION, CHIAPAS



## Capítulo 2

# Implicaciones socioeconómicas y energéticas del uso y manejo de rastrojo en la región Frailesca, Chiapas

## Socioeconomic and energy implications of crop residue use and management in the Frailesca region, Chiapas

*Francisco Guevara Hernández\*, Luis Alfredo Rodríguez Larramendi, Jesús Ovando Cruz, Heriberto Gómez Castro, Martín de Jesús Ocaña Grajales, Tania Carolina Camacho Villa.*

*\*Francisco.Guevara@unach.mx*

### RESUMEN

**E**n este capítulo se describe la producción y usos del rastrojo de maíz en la región Frailesca en el estado de Chiapas, como resultado de un estudio socio-antropológico, económico y energético. Para la investigación se utilizó una muestra de 300 productores de maíz, 45 usuarios (productores y ganaderos, cuyo principal ingreso proviene de la ganadería) y 4 comercializadoras pertenecientes a los seis municipios que conforman la región. Los productores fueron caracterizados en tipologías de acuerdo con las variantes del sistema de producción de maíz y la ganadería, la eficiencia económica y energética, y el uso del rastrojo. Considerando el tamaño del área de cultivo, los productores se agruparon en pequeños, medianos y grandes. Dicha tipología incluyó el tipo de tenencia de la tierra, la época de siembra y topografía del terreno, así como la combinación de los sistemas de producción, y el uso y manejo del rastrojo. Los resultados indican que el rastrojo se usa mayormente para pastoreo en la etapa de crecimiento del ganado bovino, dependiendo de la necesidad de pastos y el grado de conciencia del productor sobre la importancia de usar este subproducto en la conservación del suelo; el 27% lo usa para la alimentación del ganado. La producción de maíz en la región es eficiente en el flujo energético, a pesar de que el 46% del gasto de energía corresponde al empleo agroquímicos. Los productores de pequeña escala, utilizan frecuentemente los maíces criollos locales como estrategia para su conservación. Sin embargo, es notable que el 53%

de los productores use el rastrojo para AC y el 20% lo quemó. El 58.8% de los productores encuestados establece diversos cultivos conjuntamente con el maíz, principalmente frijol y calabaza, en menor escala sorgo. El análisis financiero mostró que sistema de producción de maíz genera pequeños márgenes de ganancia (B/C), sobre todo en condiciones de riego. En el sistema de producción de maíz de temporal en La Frailesca, la estructura de los costos de producción indica que los agroquímicos y las semillas son los insumos que más encarecen el cultivo. Luego de la venta del grano de maíz, el rastrojo constituye la segunda fuente de ingresos de los productores de la región.

### ABSTRACT

This chapter describes maize stover production and use in the Frailesca region of the state of Chiapas, from a socio-anthropological, economic and energy perspective. A sample of 300 maize producers, 45 feed users (farmers and ranchers whose main income comes from livestock), and four traders from the six municipalities of the region were interviewed. The maize producers were classified according to their maize production systems, use of crop residues and livestock, economic and energy efficiency. Producers were grouped into small, medium and large farmers, and typologies developed based on land tenure, planting season, land topography, as well as the combination of production systems and the use and management of crop residues. The results show that straw is mostly used for grazing of growing cattle, and, depending on the need for pasture and farmer awareness about the importance of using crop residues for soil conservation, about 27% of farmers use straw for livestock feed. Maize production in the region is efficient in terms of energy flow, even though 46% of energy expenditure corresponds to agrochemicals use. Small-scale farmers, often use local maize landraces for culinary uses and this allows their preservation. However, it is remarkable that 53% of farmers use crop residues for conservation agriculture (CA) whereas 20% of farmers burn it. From surveyed farmers, 58.8% grow different crops mixed with maize, mostly beans and squash and sorghum on a smaller scale. The financial analysis showed that the maize production system has a low profit margin (P/C), especially under irrigation. In the rainfed maize production system in La Frailesca, the production cost structure indicates



that agrochemicals and seeds are the most expensive inputs, and, after maize grain sales, stover is a second source of income for farmers in the region.

## INTRODUCCIÓN

El maíz es el tercer cultivo más importante a nivel mundial, después del trigo y el arroz (SIAP, 2008 y FAO, 2010). En este contexto, México ocupa el cuarto lugar mundial (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2007) y representa el mercado más grande de maíz (INEGI, 2012), siendo este cultivo el más importante desde el punto de vista alimentario, económico, industrial y sociocultural, en comparación con otros cereales, como arroz, sorgo, trigo y cebada (Conde, 2007).

El estado de Chiapas es el quinto productor nacional de maíz (SIAP, 2012), con 1.7 millones de toneladas producidas en el año 2011 y representa el sustento alimentario de las familias y el empleo de tres de cada cinco productores agrícolas (García, 2005).

De la encuesta realizada, resultó que el 90% de los productores de maíz lo hacen para autoconsumo, y poseen una parcela menor de 2.1 ha, obtienen bajo condiciones de temporal un rendimiento medio de 2.5 t ha<sup>-1</sup>, equivalente a 5.25 t/parcela/año, (ASICH, 2007).

La Frailesca es reconocida como “*el granero de Chiapas*”, por ser la región con mayor producción de maíz en el estado de Chiapas (Hernández, 2011) con 53,238 ha cultivadas en 2012 (SIAP, 2012). Sin embargo, ante la baja rentabilidad del cultivo de maíz, en esta región se produce una transición obligada de la agricultura a la ganadería bovina, con importantes efectos colaterales, aún desconocidos, por el nuevo uso y manejo del rastrojo.

Actualmente en La Frailesca el rastrojo es una fuente importante de alimento para el ganado, especialmente en los periodos de sequía. Sin embargo, se desconocen las relaciones socioeconómicas que ocurren en torno a este esquilmado en la región, el cual es fuente de empleos, negocio, arraigo a la tierra, contribuye a la integración familiar, se usa para alimentar el ganado, y es un insumo para la conservación sostenida de los suelos en la AC.



Erenstein *et al.* (2012), al referirse a la adopción de la AC en Asia, África y México, aseveraron que aunque existen claros beneficios económicos y ambientales, también hay grandes desafíos para que los pequeños agricultores de los trópicos introduzcan esta tecnología. Por su parte, Valbuena *et al.* (2012) encontraron que la introducción de la AC es potencialmente más fácil en lugares donde la producción de biomasa satisface la demanda de forraje, aun cuando los productores pecuarios perciban actualmente que la AC compite con la alimentación del ganado que utiliza el rastrojo en pastoreo, en pacas o picado después de la cosecha del grano.

En este capítulo se presentan los resultados de un estudio realizado durante 2011 en la región Frailesca, cuyos objetivos fueron: caracterizar el proceso productivo de maíz, analizar los aspectos relacionados con generación y usos del rastrojo, y determinar el balance energético y económico de los sistemas de producción de pequeña, mediana y grande escala.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo de investigación**

Se utilizó una metodología de investigación interdisciplinaria con enfoque socioantropológico y económico según Guevara (2007) y Rodríguez y Guevara (2009), con perspectiva sistémica y de desarrollo (Chambers, 1993; Haggmann, 1999; Guevara, 2007) y con el método de exploración etnoagropecuaria por rutas o transectos propuesto por Hernández (1985).

### **Técnicas e instrumentos**

Para la colecta de información de campo se diseñaron y aplicaron entrevistas a 300 productores, a 45 usuarios y a 4 comercializadoras de rastrojos, cuyos resultados fueron complementados con un foro de intercambio de experiencias entre productores e investigadores. Se realizó la georeferenciación, mapeo puntual y transectos.

### **Balance energético**

Para la determinación del balance energético se empleó el método de análisis descrito por Meul *et al.* (2007), considerando todos los ingresos de

energía al sistema, caracterizados a través de flujos de materia física como insumos utilizados para la producción. También se aplicó la metodología de Funes-Monzote (2009), que consiste en documentar los elementos para calcular la eficiencia energética: área del sistema productivo, tipo y cantidad de los alimentos o productos obtenidos y gastos energéticos directos o indirectos de la producción, entre ellos, la fuerza de trabajo humana y animal, el empleo de combustibles, fertilizantes y otros insumos usados en el sistema de producción.

Posteriormente, a partir de las entradas y salidas de energía en el sistema de producción, se calculó la eficiencia del uso de la energía y la cantidad de personas que se puede alimentar con la producción obtenida y los insumos utilizados.

Para determinar el consumo energético se usaron los criterios expuestos por Márquez *et al.* (2011) referidos a la energía directa e indirecta que se consume en la producción del cultivo. Este autor señala que la energía directa proviene del combustible, electricidad, fertilizantes, pesticidas, abonos orgánicos y productos biológicos. La energía indirecta se asocia a los procesos de fabricación, distribución y mantenimiento; por ejemplo, la energía necesaria para obtener el combustible del petróleo crudo, la que se requiere para elaborar pesticidas, o de la maquinaria que se amortiza en el tiempo (Márquez *et al.*, 2011).

### **Energía directa (Ed)**

a) Energía asociada al consumo de combustible ( $E_{dc}$ ) (Mcal/ha).

$$E_{dc} = C_c \times E_{eg}$$

Donde:

$C_c$  es el consumo de combustible (l/ha),  $E_{eg}$  es el equivalente energético del gasóleo (41 MJ/l).

b) Energía asociada a la mano de obra empleada ( $E_{dh}$ ) (MJ/ha).

$$E_{dh} = E_h \times \frac{n_{ob}}{C_{tob}}$$

Donde:

$E_h$  es el equivalente energético del trabajo humano (1,96 MJ/h para el hombre y 1,57 MJ/h para la mujer) (Mandal *et al.*, 2002);  $n_{ob}$  es la cantidad de obreros que participan en una determinada labor y  $C_{toib}$ , la capacidad de trabajo de los obreros agrícolas (ha/h).

c) Energía asociada a los animales utilizados en labores de tiro ( $E_{da}$ ) (MJ/ha).

$$E_{da} = \frac{E_a \cdot n_a}{C_{ta}}$$

Donde:

$E_a$  es el equivalente energético del trabajo animal (5,05 MJ/h);  $n_a$  es la cantidad de animales que participan en una determinada labor;  $C_{ta}$ , la capacidad de trabajo de los animales (ha/h).

### **Eficiencia energética**

Para calcular la eficiencia energética de los sistemas de producción se utilizó la siguiente ecuación (Funes *et al.*, 2011):

$$E_e = \frac{\sum_{i=1}^S m_i e_i}{\sum_{j=1}^T I_j \times f_j}$$

Donde:

Ee=Eficiencia energética.

S= Número de productos.

M= Cantidad de producto (kg).

e= Contenido energético del producto (MJ/kg).

T= Número de insumos.

I= Cantidad de insumos (kg).

f=Energía requerida para producir un insumo (MJ/kg).

Para calcular la energía producida y consumida se utilizó la fórmula:

$$EP=(Producción \times CE)/1000$$

$$EC=(Gastos \times CE)/1000$$

Donde:

EP=Energía producida.

EC=Energía consumida.

Producción= Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>).

Gasto= Gasto de insumos.

CE= Contenido energético en kcal/unidad de medida.

### **Eficiencia económica del sistema de producción**

Para el cálculo de la eficiencia económica de los sistemas de producción de maíz estudiados se consideraron los costos de producción así como los ingresos por concepto de venta de la cosecha. Se calculó la relación Costo/Beneficio (C/B) como indicador de la eficiencia económica de los sistemas.

### **Ubicación geográfica del área de estudio**

La región Frailesca se localiza en la llanura costera del océano Pacífico y la depresión central de Chiapas. Se caracteriza por su importante actividad agrícola, en especial, su alta producción de maíz, por lo que se le considera como el “*Granero de Chiapas*” (Figura 1).

### **Extensión territorial**

La Frailesca está integrada por seis municipios: El Parral, Ángel Albino Corzo, La Concordia, Montecristo de Guerrero, Villa Corzo y Villaflores (Figura 1). Colinda al norte con las regiones I Metropolitana y IV De Los Llanos, al este con la región XI Sierra Mariscal, al sur con la región IX Istmo Costa y al oeste con la región II Valles Zoque. El territorio de La Frailesca es de 7,987.19 km<sup>2</sup> y representan 10.7% de la superficie estatal, siendo así la segunda región de mayor extensión del estado.



**Figura 1. La región Frailesca en el estado de Chiapas y sus seis municipios.**

De los municipios que conforman La Frailesca, los de mayor extensión son La Concordia y Villa Corzo; estos ocupan el 32.19 y 31.96 % de la superficie de la región, respectivamente (Cuadro 1), mientras que los de menor extensión son Montecristo de Guerrero y El Parral, con 197.92 y 365.50 km<sup>2</sup>, respectivamente.

**Cuadro 1. Extensión territorial de los municipios que conforman la región Frailesca, Chiapas.**

Municipio	Extensión territorial (km <sup>2</sup> )
Ángel Albino Corzo	597.65
La Concordia	2,571.17
Villa Corzo	2,353.13
El Parral	365.50
Villaflores	1,901.82
Montecristo de Guerrero	197.92
<b>Total de la región</b>	<b>7,987.19</b>

**Fuente:** INEGI. Anuario Estadístico de Chiapas, 2012.

### Clima

La región VI Frailesca presenta climas de los grupos cálidos y semicálidos. Predomina el cálido subhúmedo con lluvias de verano, seguido por el clima semicálido húmedo, con lluvias abundantes de verano. Durante los meses de mayo a octubre la temperatura mínima promedio oscila entre los 12 y hasta los 21°C, predominando de 18 a 21°C en el 54.9% de la región, y de 15 a 18°C en el 37.8% del territorio. En este mismo periodo, la temperatura máxima promedio oscila entre los 21 y hasta los 34.5°C, prevaleciendo rangos de 30 a 33°C en el 35.2% de la región, y de 27 a 30°C en el 29.34% de la zona. Las precipitaciones en estos meses oscilan entre los 1000 y 2600 mm. En el periodo de noviembre a abril la temperatura mínima promedio va de los 9 a los 15°C, con promedios de 12 a 15°C en el 92.96% de la región. La máxima promedio va desde los 21 hasta 33°C, predominando desde los 27 a 30°C en el 49.3% de la región y de los 30 a 33°C en el 27.2%.

### Características socioeconómicas

La región Frailesca está constituida por 226 comunidades ejidales, que representan una cuarta parte de las que se ubican en el estado de Chiapas. La población es de 260,734 habitantes, cuyo principal sustento es la producción agropecuaria. La agricultura en la región ocupa 54,338 ha, cuya proporción, en relación con la superficie estatal, se puede considerar baja, pues representa

solamente el 7.6 % del área total, debido a la existencia de amplias superficies forestales.

### La producción de maíz en La Frailesca

Durante el período 2001-2012 en La Frailesca, se sembraron en promedio anual 197,445 ha de maíz. Entre 2001 y 2007 se observa una tendencia a disminuir dichas superficies, llegando a un mínimo de 40,000 ha en el año 2007, mientras que en 2008 y 2009 se produjeron incrementos significativos, hasta alcanzar cifras de 674,403 y 706,324 ha, respectivamente, para luego caer hasta 53,238 ha en el 2012. El rendimiento de grano alcanzó la cifra record en el año 2007, con 4 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, ese mismo año terminó una etapa de crecimiento sostenido, ya que a partir del 2008 se produjo una disminución (que en el 2009 llegó 2.22 t ha<sup>-1</sup>), con una ligera recuperación, llegando a 3.2 t ha<sup>-1</sup> en 2012. Por otra parte, el costo de producción, así como los precios del maíz, mostraron incrementos sostenidos, con promedios anuales de 5,722 \$ ha<sup>-1</sup> y 2,519 \$ t<sup>-1</sup>, respectivamente (SIACON, 2012).

**Cuadro 2. Superficie sembrada de maíz, rendimiento por hectárea y costo de producción en La Frailesca, Chiapas, México, periodo 2001-12.**

Año ciclo PV- 2001/2012	Superficie cultivada (ha)	Rendimiento promedio (t ha <sup>-1</sup> )	Costo de producción (\$)	Precio por tonelada (\$)
2001	141,004	2.60	3,774	1,510
2002	154,706	2.70	3,481	1,660
2003	133,615	2.84	4,131	1,670
2004	112,013	3.03	4,161	1,700
2005	94,305	3.27	4,201	1,800
2006	90,999	3.04	4,891	2,100
2007	40,000	4.00	5,394	2,300
2008	674,403	2.40	7,690	3,200
2009	706,324	2.20	6,089	3,285
2010	114,397	2.40	7,780	3,300
2011	54,338	2.99	8,345	3,500
2012	53,238	3.20	8,730	4,200

**Fuente:** SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta)-SAGARPA, SIAP (Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera) SAGARPA. 2012.



El incremento en el rendimiento por hectárea prácticamente se ha obtenido con la misma tecnología de producción, aunque para mejorar la rentabilidad del cultivo el agricultor siembra en terrenos de mejor calidad, desechando aquellos que van perdiendo la fertilidad. El costo de producción por hectárea pasó de \$3,774 en el 2001 a \$8,730 en el 2012, que representa un incremento del 121%, en tanto que el precio de referencia por tonelada de maíz fue de \$1,510 y de \$4,200 en los mismos años (178% de aumento).

Una situación adversa a la producción de maíz en la región es la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, de tal manera que sembrar en estas condiciones es cada vez menos rentable. Por lo anterior, la producción de maíz está limitada, primero porque la frontera agrícola no puede ampliarse y por otra parte, por la alta inversión requerida para la producción por unidad de superficie.

### **Manejo de residuos de cosechas**

Esta práctica no es compatible con la quema de los rastrojos. Cuando se use cobertura vegetal muerta o mantillo, el suelo debe cubrirse tanto tiempo como sea posible. Consiste en la incorporación de residuos de cosecha, antes de la siguiente siembra con la finalidad de mantener y/o aumentar el contenido de materia orgánica (MO), incrementar la actividad micro y macro biológica del suelo, evitar la pérdida de nutrientes, así como mejorar la estructura y capacidad de retención de humedad del suelo (Castañeda y Monroy, 1984).

El tipo de residuos de cosecha que se va a incorporar al suelo influye en la velocidad de aprovechamiento por el cultivo. Por ejemplo, si proviene de gramíneas como maíz o sorgo, que son rastrojos lignificados, resistentes a la descomposición, con bajos contenidos de nitrógeno y bajos contenidos de carbono, su descomposición y liberación de nutrimentos es lenta. En cambio, si provienen de leguminosas como frijol, canavalia y gandul (*Cajanus cajan* [L.] Millsp.), que son rastrojos suculentos y con alto contenido de nitrógeno, se descomponen y liberan nutrimentos rápidamente.

Si se dispone de ambos tipos de rastrojos (gramíneas y leguminosas) como cobertura antes de la siembra del siguiente ciclo agrícola, los beneficios para la producción serán mayores. Dejar los residuos como cobertura en el terreno es

una práctica más fácil cuando en el ciclo anterior no se sembró la asociación maíz-frijol. En terrenos con pendientes pronunciadas (laderas), lo más recomendable es no quemar los residuos de cosechas y usar ese *mulch* en lugar de arar e incorporar los rastrojos al suelo.

Los residuos de cosechas mal manejados pueden afectar la producción, ya que provocan el secado irregular del suelo, atrasan e interfieren con las labores de siembra y fertilización, obstruyen la germinación de las semillas y favorecen la proliferación de la maleza.

### **Importancia del rastrojo**

Las actividades agropecuarias y agroindustriales originan diversos tipos de rastrojos y subproductos que se pueden emplear para formular alimentos para los animales. Los principales rastrojos provienen en su mayor parte de las gramíneas, de las cuales, el maíz es el que contribuye con mayor cantidad de materia seca (MS). Castañeda y Monroy (1984) mencionaron que existe un volumen importante de pajas de sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, cáscara de algodón y subproductos de la industria azucarera, como melaza, puntas de caña y bagazo, que contribuyen a la producción de rastrojos, cuya mezcla enriquece nutricionalmente a otros, como el proveniente del maíz. Además, el manejo adecuado de las excretas de algunos animales como la pollinaza, permite proporcionar parte de la dieta del ganado.

En general, los rastrojos provenientes de la agricultura abundan en diversas zonas del país. Del total de nutrimentos energéticos aprovechables para las especies pecuarias, los rastrojos pueden aportar un máximo de 20%. Sin embargo, se está lejos de alcanzar dicho potencial y de lograr un uso eficiente de los residuos de cosechas, ya que su aprovechamiento para el ganado oscila alrededor del 45% del total disponible. Además, casi la mitad de dichos residuos se pastorean directamente o se suministran en forma de “greña”, que son los sistemas más ineficientes.

Si estos residuos de cosecha se mezclan con otros subproductos para elevar su valor nutritivo, representan una alternativa viable para la alimentación de las diversas especies pecuarias.

## **Aspectos energéticos y económicos relacionados con los residuos orgánicos**

Desde la perspectiva económica, conviene considerar el uso de los residuos orgánicos: i) para la obtención de energía y ii) como acondicionador/mejorador de los suelos. En primer lugar, para el uso de materiales orgánicos con fines energéticos son preferibles los residuos forestales y agrícolas lignocelulósicos, los residuos ganaderos y los de algunas industrias como vitivinícolas, almazaras de aceite, azucareras y conserveras (Arens, 1983). Se ha estimado que el uso de estos residuos podría suponer del 8 al 15% del consumo energético total y que el potencial energético de la biomasa residual producida anualmente se estimaba en 9.7 Mt equivalentes de petróleo/año, correspondiendo 51% a restos forestales, 41% a restos agrícolas leñosos y 8% a otros (Alcántara, 1993).

### **Contenido de nutrimentos en rastrojo de maíz**

Los rastrojos de maíz, en general, contienen más de 30% de fibra, su proteína total es inferior al 7% y su digestibilidad es menor a 55%. Estos datos indican que el contenido de nutrimentos es muy bajo, en comparación con rastrojos de hojas de plátano y pajas de chícharo, garbanzo y haba, los cuales superan el 7% de proteína y la energía metabolizable (EM), aunque baja, supera la del rastrojo de maíz (Cuadro 3) que es menor a 2 Mcal kg<sup>-1</sup> de MS; o bien, si se expresa como nutrimentos digeribles totales (NDT), es inferior al 60% (Castañeda y Monroy, 1984).

El valor nutritivo de estos rastrojos no es suficiente para que el ganado realice las funciones normales productivas, reproductivas y de trabajo. Además, en la mayoría de los casos los animales tampoco pueden mantener su peso corporal. Por tanto, si se usan como única fuente de alimento es común que existan pérdidas considerables de peso y de condición corporal en el ganado. Por otro lado, debido a su alto nivel de fibra, los rastrojos son muy voluminosos, por lo que su cosecha, procesamiento, transporte y almacenamiento son difíciles (Figuroa, 1983). Además, para un mismo residuo el valor nutritivo cambia si se analiza el rastrojo completo o se evalúan separadamente hojas y tallos. El valor nutritivo de las leguminosas es más alto que el de las gramíneas.

**Cuadro 3. Contenido de materia seca (MS), proteína (P), energía metabolizable (EM) y Fibra (F) en rastrojos provenientes de diferentes cultivos.**

Residuos de cultivo	MS (%)	P (%)	EM (Mcal kg <sup>-1</sup> )	F (%)
Rastrojo de maíz	91.8	5.9	1.58	39.5
Olote de maíz	90.0	3.2	1.37	36.2
Paja de trigo	92.7	3.0	1.39	40.6
Paja de sorgo	93.2	4.9	1.55	35.0
Paja de soya	87.0	5.0	1.52	44.3
Paja de cebada	91.5	5.8	1.45	42.3
Paja de arroz	91.8	4.3	1.48	35.1
Paja de avena	92.1	5.1	1.50	41.1
Paja de frijol	91.7	6.0	1.89	40.1
Paja de cacahuete	91.0	6.6	1.77	31.5
Paja de chícharo	87.3	7.9	1.61	39.5
Paja de garbanzo	89.0	7.1	1.70	39.0
Paja de haba	98.0	7.1	1.70	39.0
Cascarilla de algodón	91.0	4.1	1.40	47.8
Hojas de caña	20.3	6.2	1.95	35.1
Puntas de caña	15.1	4.6	1.93	35.8
Bagazo de caña	91.5	1.6	1.10	48.1
Hojas de plátano	20.9	9.8	2.00	25.9
Tallo de plátano	4.70	6.1	1.73	36.0

**Fuente:** Castañeda y Monroy (1984)

Sánchez *et al.* (2012) trataron el rastrojo de maíz con urea y metionina protegida para mejorar su calidad como alimento animal, fundamentalmente en ovinos en crecimiento. Aunque este tratamiento no mejoró la ganancia diaria de peso vivo ni la digestibilidad de la MS; sin embargo, se mejoró la concentración de N-NH<sub>3</sub>, así como la digestibilidad de las fibras detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

Por su parte, Yesca *et al.* (2003) emplearon enzimas fibrolíticas para mejorar la digestibilidad de dietas a base de rastrojo de maíz en ovinos. Como resultado se obtuvo que la digestibilidad de MS, FDN y FDA y variables de fermentación ruminal no se modificaron por la adición de enzimas fibrolíticas (1

g kg<sup>-1</sup> MS) a dietas con forrajes de baja calidad. La digestibilidad in situ de la pared celular del rastrojo de maíz fue mayor que la de la paja de avena.

Fuentes *et al.* (2001) trataron pacas de rastrojo de maíz molidas, picadas y enteras con 4% de amoníaco anhidro. Con este tratamiento se logró una disminución de la MS, en la medida que aumentó el tamaño de la partícula de rastrojo. En todos los tratamientos del rastrojo (picado, molido y entero) con amoníaco anhidro aumentó el porcentaje de proteína cruda.

## RESULTADOS

### **Implicaciones socioeconómicas y ambientales del sistema maíz-ganadería y su relación con la producción y uso de rastrojo en la región Frailesca**

Las características socioeconómicas de los habitantes de la región Frailesca y su relación con la producción de maíz difieren un tanto de las del resto del país. Ya se ha mencionado que esta región se considera como el “*granero de Chiapas*”, de ahí la importancia entender las implicaciones socioeconómicas de la interrelación de la producción de maíz y la ganadería en la zona en relación con el uso de los rastrojos. Para comprender mejor dichas implicaciones se debe partir de una caracterización de los productores agropecuarios.

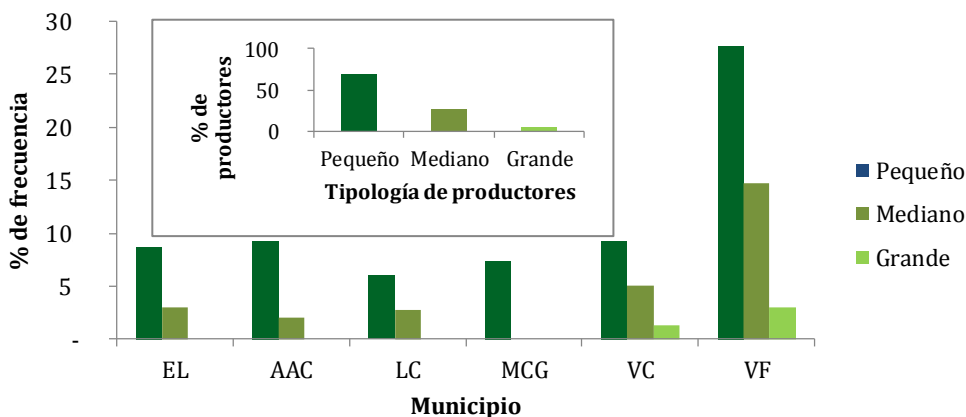
Pudiera esperarse que, siendo La Frailesca una región tan importante para la producción de maíz en México, su producción dependa de grandes productores con tecnologías de avanzada. Los resultados demuestran que, tanto a nivel de región como de municipios, predominan los pequeños y medianos productores que cultivan entre 1-3 y 4-10 ha de maíz, respectivamente, considerando los intervalos propuestos por Aguirre y Pérez (2010), como se puede observar en el Cuadro 4 y en la Figura 2.

En La Frailesca, como en el resto del país, predominan los pequeños y medianos productores. Este tipo de agricultores producen más de la mitad del maíz que se consume en México (Wise, 2010 y Turrent *et al.*, 2012).

**Cuadro 4. Clasificación de productores de maíz\* en la región Frailesca.**

Productores	Intervalo de superficie cultivada de maíz (ha)	% de productores
Pequeños (P)	1-3	20.7
Medianos (M)	4-10	63.0
Grandes (G)	>10	16.3

\*El 95.6% de los productores siembran bajo temporal, 2.74% en humedad residual y 1.77 % bajo condiciones de riego.



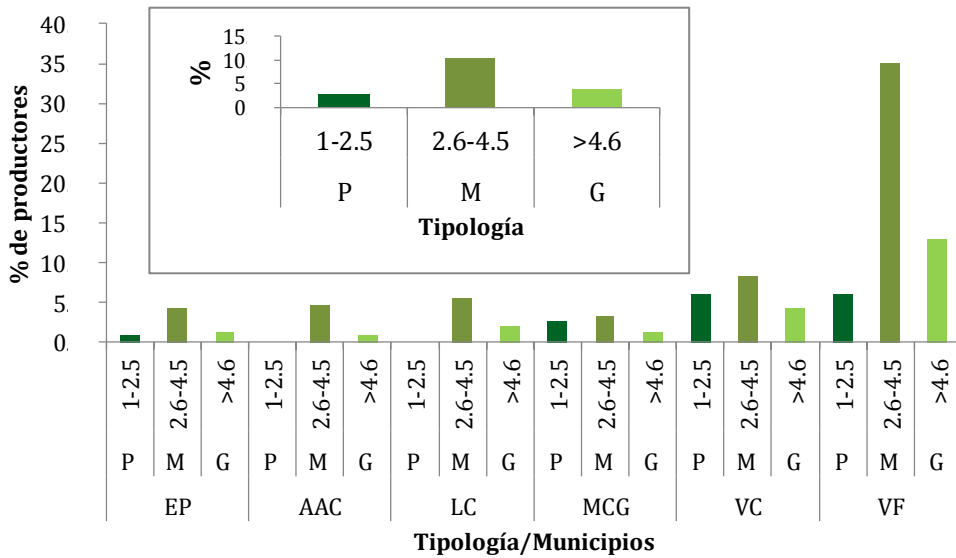
EL=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 2. Clasificación y distribución de productores de maíz de la región Frailesca, según la superficie cultivada.**

Respecto al rendimiento de maíz en condiciones de temporal, los pequeños productores obtienen de 1.0 a 2.5 t h<sup>-1</sup>, los medianos de 2.6 a 4.5 t h<sup>-1</sup> y los grandes obtienen rendimientos superiores a las 4.6 t h<sup>-1</sup> (Figura 3).

Vázquez (2009) mencionó que en la región Frailesca las parcelas dedicadas al cultivo de maíz no rebasan las 2 ha y obtienen rendimientos promedio de 2.5 t h<sup>-1</sup>. Así también, ASICH (2007) reportó que en Chiapas el 90% de los

productores son de autoconsumo, poseen una parcela menor de 2.1 ha, con un rendimiento medio de 2.5 t/ha/productor, que equivale a una producción de 5.25 t/parcela/año, bajo condiciones de temporal.



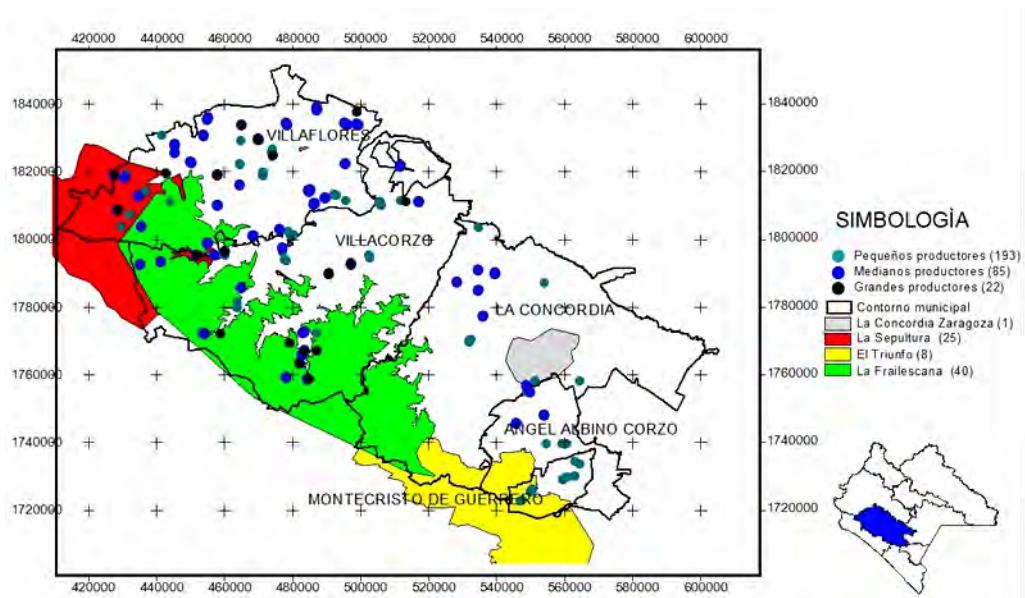
EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montercristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores. Tipología de productores: G= Grande, M= Mediano y P= Pequeño.

**Figura 3. Rendimiento de maíz según la tipología de productores en la región Frailesca.**

En los seis municipios predominan los medianos productores, siendo mayor la cantidad en Villaflores con más de la tercera parte del total entrevistado (Figura 4). Del total de los productores entrevistados, 24,7% se ubican en Áreas Naturales Protegidas (ANP). De estos, 46 se clasifican como pequeños productores, 18 son medianos y solo 10 son grandes. La región Frailesca agrupa la mayor cantidad de productores, con 13%. De estos, 23 son pequeños productores, mientras que 11 y 6 clasifican como medianos y grandes, respectivamente (Figura 4). En cuanto al tipo tenencia de la tierra, el 63.0 % son

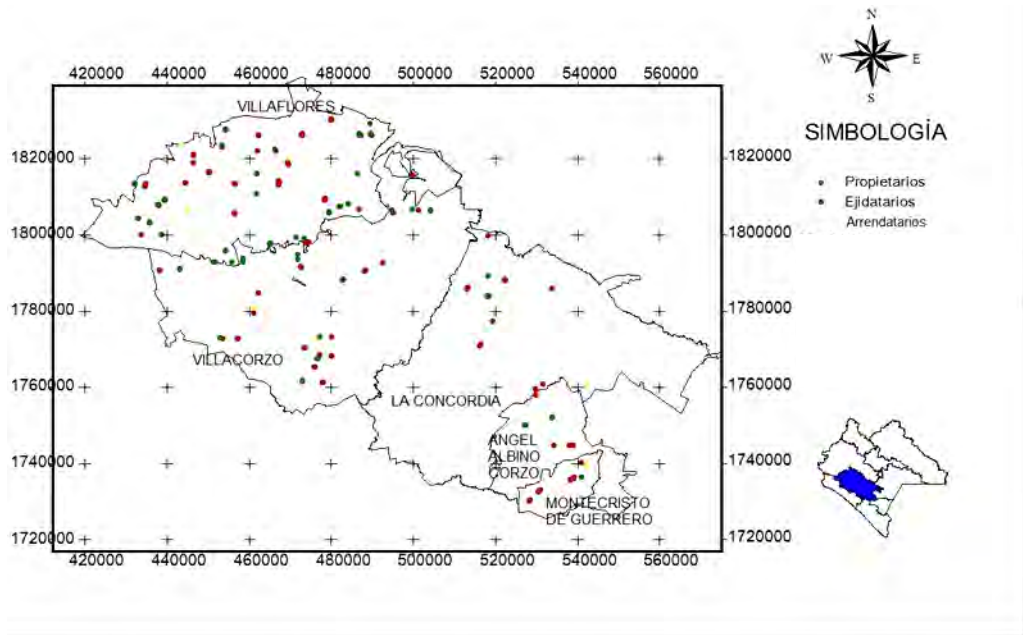


ejidatarios, 18.6% arrendatarios y 18.3% propietarios (Figura 5). En las ANP los terrenos se definen como áreas forestales, lo cual indica que las áreas agrícolas destinadas a la producción de maíz ocupan una baja proporción.



Fuente: (RED, A. C.).

**Figura 4. Distribución de productores de maíz en la región Frailesca de acuerdo con la superficie cultivada.**

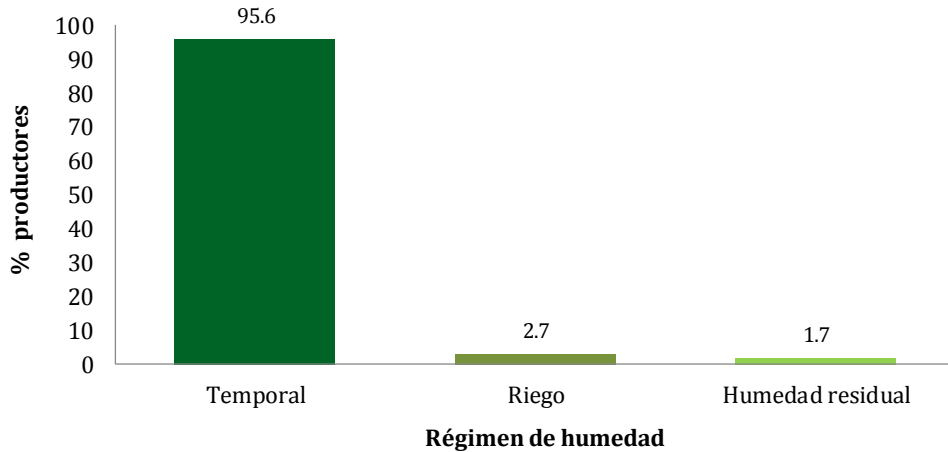


Fuente: (RED, A. C.).

**Figura 5. Distribución de productores entrevistados por tipo de tenencia de la tierra. Región Frailesca de Chiapas, México.**

En cuanto al régimen de humedad, los datos muestran que en la región Frailesca 95.6% de los productores entrevistados realiza siembras de temporal en el ciclo P-V. Solamente el 2.7 y 1.7% realiza siembras con riego y humedad residual en el ciclo O-I, respectivamente (Figura 6).

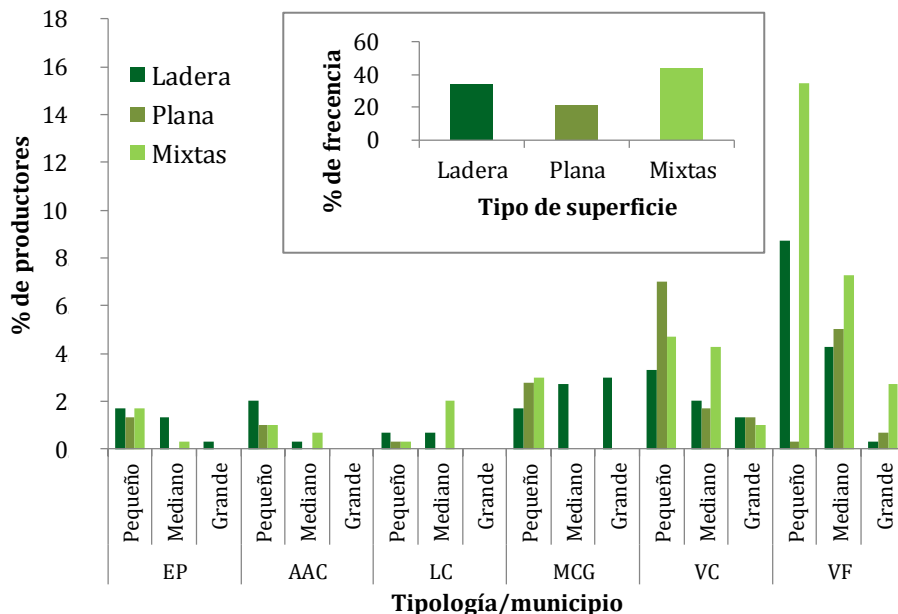
Al respecto, De la Piedra (1987) mencionó que en La Frailesca, en la década de 1980, el 90% de los productores cultivaban maíz de temporal. En el presente estudio, en los transectos de investigación solo se encontraron productores que siembran con riego y humedad residual en el municipio de Villaflores.



**Figura 6. Porcentaje de productores de maíz de la región Frailesca según el régimen de humedad.**

En La Frailesca el 44.3% de los productores siembran maíz, tanto en terrenos llanos como en laderas (definidas como parcelas mixtas por su topografía), mientras que 34.3% siembra solamente en parcelas ubicadas en laderas y 21.3% en terrenos planos (Figura 7). Esta puede ser una de las razones por las que solo en Villaflores se encontraron los tres regímenes de humedad (temporal, riego y humedad residual), según la época de siembra. En los municipios Ángel Albino Corzo y Montecristo de Guerrero, donde predomina la topografía accidentada y el cultivo de café, las pequeñas parcelas de maíz son casi en su totalidad mixtas y alledañas a las casas.

En el municipio de Villaflores la mayor proporción de pequeños productores (sin sobrepasar 16%) siembran tanto en laderas como en parcelas mixtas. En los municipios El Parral, Ángel Albino Corzo y La Concordia es muy bajo el porcentaje de productores que siembran en terrenos planos. En Villa Corzo, predominan los pequeños productores que siembran en terrenos planos, mixtos y en laderas, en ese orden.



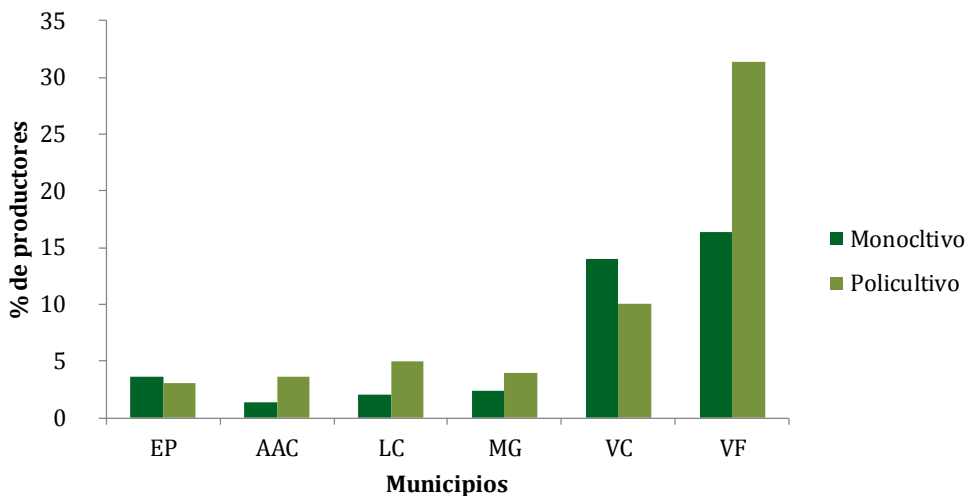
EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores

**Figura 7. Distribución de las parcelas de productores maíz en función de la topografía del terreno y su clasificación por municipios.**

Es importante considerar estos resultados en futuras estrategias encaminadas a diseñar prácticas de manejo, tales como la conservación de los suelos en las parcelas de productores de maíz de la región Frailesca, sobre todo, aquellas que dependen de la topografía del terreno agrícola. En este sentido, Quiroga *et al.* (2006) demostraron que la topografía es la variable más usada para evaluar la productividad de las parcelas de productores agroforestales, como los cafeticultores, quienes solo siembran maíz de autoconsumo en pequeñas áreas planas.

En cuanto a la asociación de cultivos en la región, el 58.8% de los productores entrevistados practican policultivo donde está incluido el maíz, y 41.2% siembra en monocultivo. Los municipios con mayor cantidad de

productores que siembran maíz en sistemas de policultivo y monocultivo son Villaflores y Villa Corzo. En el primero, 31.3% siembra maíz en policultivo y 16.3% lo hace en monocultivo, mientras que en Villa Corzo estas proporciones alcanzan valores de 10 y 14 %, respectivamente (Figura 8).

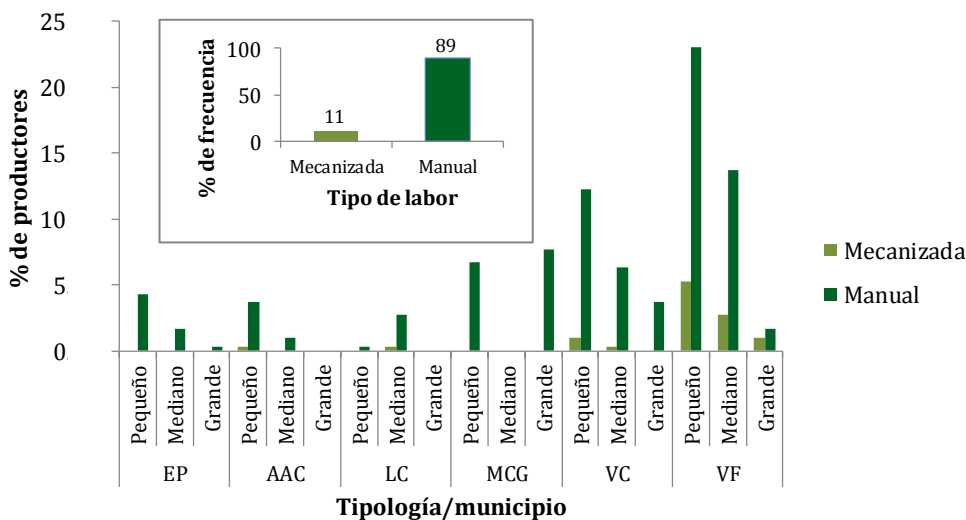


EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 8. Porcentaje de productores de maíz de la región Frailesca que siembran en monocultivo o policultivo.**

En cuanto a la distribución por tipo de tenencia de la tierra, los mayores porcentajes de productores que siembran en policultivo corresponden a los ejidatarios. En esta misma zona, la SAGARPA (2008) encontró resultados similares al realizar un estudio sobre tipología de productores a partir de las actividades y por áreas agrícolas dedicadas al cultivo del maíz.

Respecto a las labores de presembrado en La Frailesca, el 89% de los productores entrevistados no prepara el suelo; solamente en los municipios de Villaflores, Villa Corzo y Montecristo de Guerrero una baja proporción de los agricultores prepara el suelo de forma mecanizada (Figura 9), debido principalmente a que en estos municipios las áreas agrícolas se ubican en terrenos planos y se utiliza el riego o se provechan las condiciones de humedad. Similares resultados fueron reportados por Castañeda y Monroy (1984).



EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

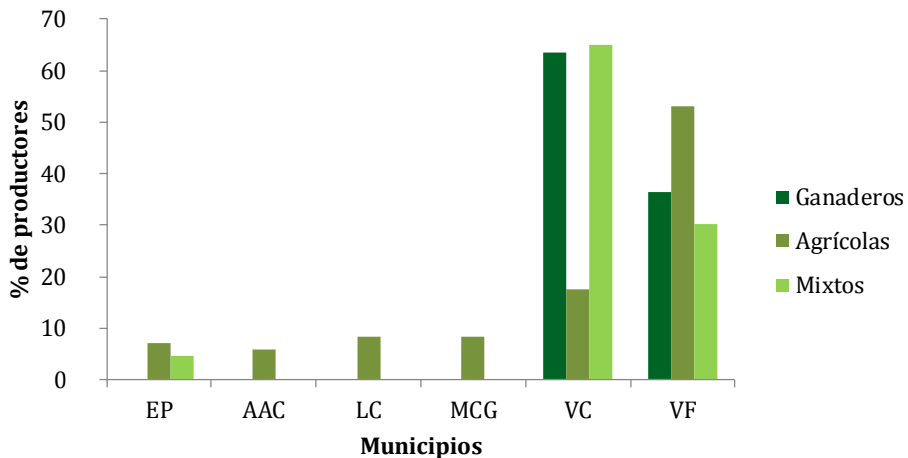
**Figura 9. Porcentaje de productores de maíz (pequeños, medianos o grandes) de la región Frailesca que preparan el suelo en forma mecanizada o manual.**

Los resultados de la encuesta indican que en la región Frailesca, la tecnología de producción de maíz es tradicional, lo cual probablemente está relacionada con el alto costo de la introducción de maquinaria para la producción de maíz; sin embargo, su introducción incrementaría los costos,

reduciría las ganancias y por ende, rentabilidad del cultivo. Aunado a ello, ya no es posible extender la frontera agrícola (Flores *et al.*, 2007).

Ante la situación descrita se observa una tendencia a la diversificación productiva, al combinar la producción agrícola con la ganadera, fundamentalmente con la cría de ganado bovino.

En los municipios de Villa Corzo y Villaflores, 65.1 y 30.2% de los productores entrevistados, respectivamente, combinan la siembra de maíz con la crianza de ganado. También sobresale la cantidad de productores puramente ganaderos, cifra que alcanza 63.6% del total de productores entrevistados. En Montecristo de Guerrero, Ángel Albino Corzo y La Concordia todos los productores se dedican solamente a las actividades agrícolas (Figura 10).



EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia,  
MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 10. Clasificación de productores agrícolas, ganaderos y mixtos en la región Frailesca.**

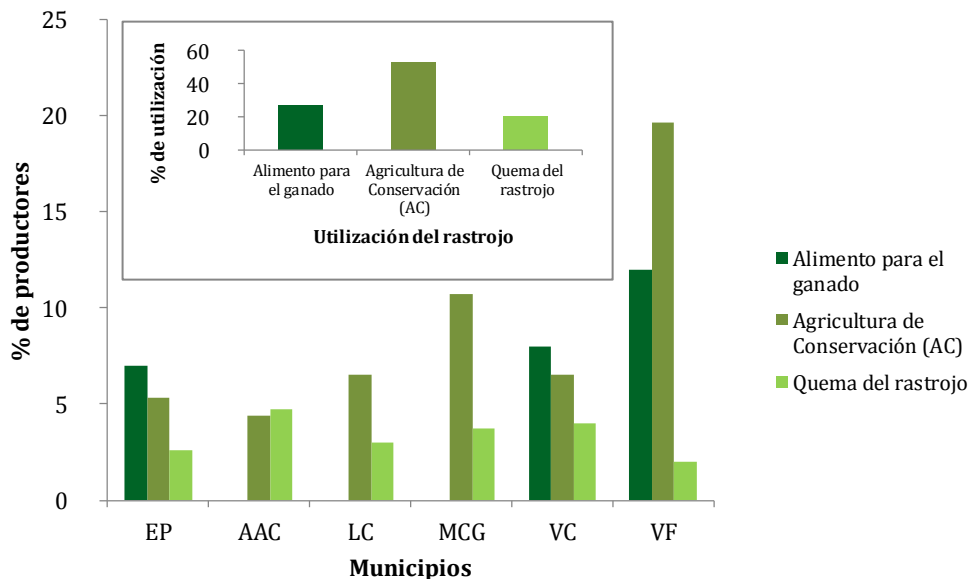


Los datos anteriores coinciden con las estadísticas agropecuarias de la región reportadas por el SIACON (2012). Esto justifica el mayor uso del rastrojo destinado para la alimentación del ganado en Villaflores y Villa Corzo, donde de acuerdo con OEIDRUS (2011), se encuentra la mayor proporción de ganaderos de la región y de agricultores-ganaderos.

### Uso del rastrojo en la región Frailesca

En México la mayoría de los productores usan el rastrojo para alimentar el ganado bovino, aunque se han realizado experimentos con dietas a base de rastrojo de maíz suministradas a ganado ovino (Lozano *et al.*, 1991; Fuentes *et al.*, 2001 y Sánchez *et al.*, 2012).

En la región Frailesca, 53% de los productores utilizan el rastrojo para AC, 27% para alimentar el ganado y 20% lo queman (Figura 11).



EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia, MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 11. Usos del rastrojo en la región Frailesca.**

El uso del rastrojo está determinado principalmente por la necesidad de alimento para el ganado y por el grado de conciencia del productor sobre la importancia de este subproducto para la conservación del suelo.

En cuanto a la forma en que los productores usan el rastrojo para alimentar el ganado, después de la cosecha del grano algunos introducen el ganado a pastorear hasta agotar casi por completo el rastrojo, lo que ocasiona problemas de compactación en la parcela por sobrepastoreo (Hernández, 2011). Otros productores más cuidadosos o quizás conscientes, sacan el ganado cuando consideran que queda un 10% del rastrojo, aunque es insuficiente para cumplir con los postulados de la AC referidos por Fowler y Rockstrom (2000).

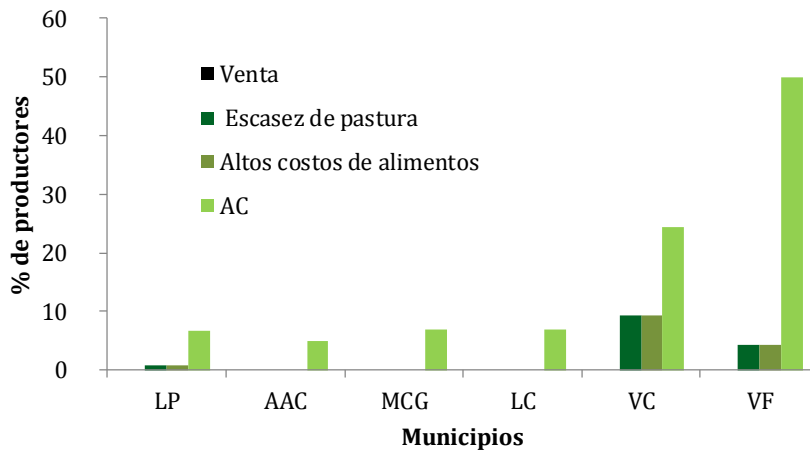
En la misma Figura 11 se puede observar que 19.6% de los productores de Villa Flores usan el rastrojo para la AC y 12% para alimentar ganado, principalmente en pastoreo, mientras que en Villa Corzo solo 6.5% de los productores lo usan para AC y 8% para alimentar el ganado.

El bajo uso del rastrojo para la alimentación de ganado en los municipios de La Concordia, Montecristo de Guerrero, Ángel Albino Corzo y El Parral, es un indicador del potencial para la implementación de la AC, ya que como refirió Erenstein *et al.* (2012) sobre la adaptación de AC en Asia, África y México aunque están demostrados los beneficios económicos y ambientales, siguen existiendo grandes desafíos para que los pequeños agricultores de los trópicos introduzcan esta nueva práctica agrícola.

Es lamentable que aún existan productores en la región que queman el rastrojo en la región, aunque sólo sea una baja proporción de los productores entrevistados. El uso que los productores de maíz dan al rastrojo en la AC consiste en incorporar al terreno cierto porcentaje (aún no determinado) según la subregión.

En la Figura 12 se observa que en Villaflores y Villa Corzo el 50 y 24% de los productores, respectivamente, usan el rastrojo en la AC. Quienes destinan el rastrojo para alimentar el ganado, por ejemplo en Villa Corzo, lo hacen por dos razones: i) escasez de pastos (9.3%) y ii) altos costos de los alimentos procesados (9.3%). Nótese que ningún productor informó la venta del rastrojo.

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia,  
MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

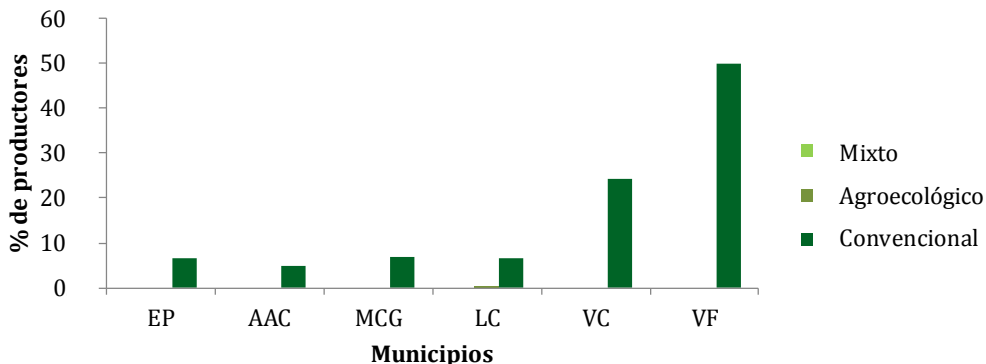
**Figura 12. Razones del uso del rastrojo en la región Frailesca.**

Gómez *et al.* (2000) informaron el uso estratégico de residuos de cosecha como alternativa para la alimentación del ganado en la época de escasez de pastos y de aumento de precios de los alimentos procesados. No obstante lo anterior, hay que considerar la importancia de los rastrojos para revertir el problema de degradación de los suelos que existe en la región. De ahí la necesidad de dejar una parte de los residuos de cosecha en el suelo como fuente de materia orgánica (MO) y seguir produciendo alimento para el ganado.

Álvarez y Ochoa (2006) mencionaron que los productores usan el rastrojo en la agricultura porque es un componente clave para el suelo, ya que impactan favorablemente sobre sus propiedades químicas, físicas y biológicas, siendo por lo tanto fundamental para obtener rendimientos elevados y estables de los cultivos. Además, un incremento en la frecuencia de siembra de cultivos que aportan un mayor volumen de rastrojos amortigua la caída del contenido de MO del suelo y favorece la recuperación del mismo.

## Manejo del cultivo y variedades de maíz

El 99.7% de los productores entrevistados realiza un manejo convencional del cultivo del maíz, con agroquímicos. Prácticamente es nula la producción con enfoques agroecológico y mixto (Figura 13).

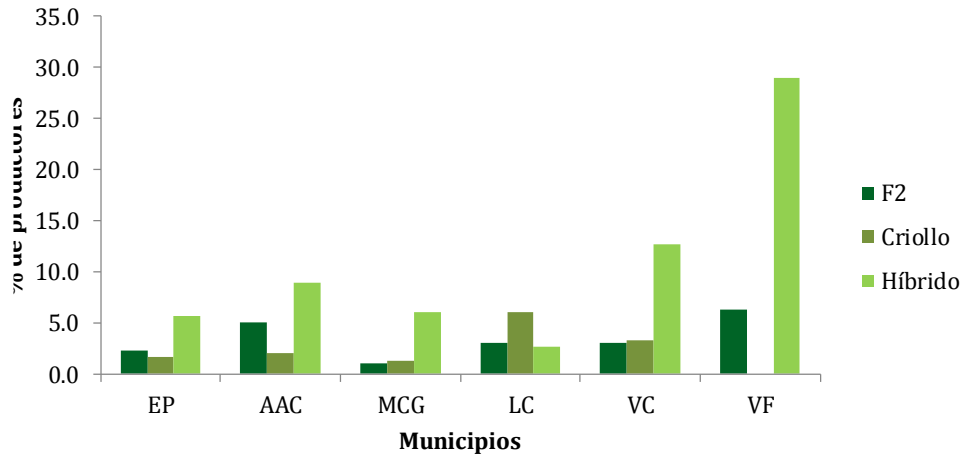


EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia,  
MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 13. Manejo del cultivo de maíz en la región Frailesca.**

El 85.7% de los productores utiliza variedades mejoradas (65.1% híbridos y 20.6% sus generaciones avanzadas, principalmente  $F_2$ ) y solo 14.3% siembra maíces nativos. En Villaflores, 29% de los productores siembran híbridos, 6.3% utiliza  $F_2$  y ningún productor usa maíces criollos. En La Concordia, 6% de los productores siembra semillas criollas y solo 2.7% siembra híbridos. En este mismo municipio el 50% de los productores siembra de manera convencional con agroquímicos, mientras que en La Concordia 0.3% maneja el cultivo agroecológicamente, sin aplicación de agroquímicos (Figura 14). Ortega *et al.* (2010) ya reportaban la siembra de maíces nativos, semillas provenientes de la selección de híbridos.

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



EP=El Parral, AAC=Ángel Albino Corzo, LC=La Concordia,  
MCG=Montecristo de Guerrero, VC=Villa Corzo y VF= Villaflores.

**Figura 14. Uso de variedades maíz en la región Frailesca.**



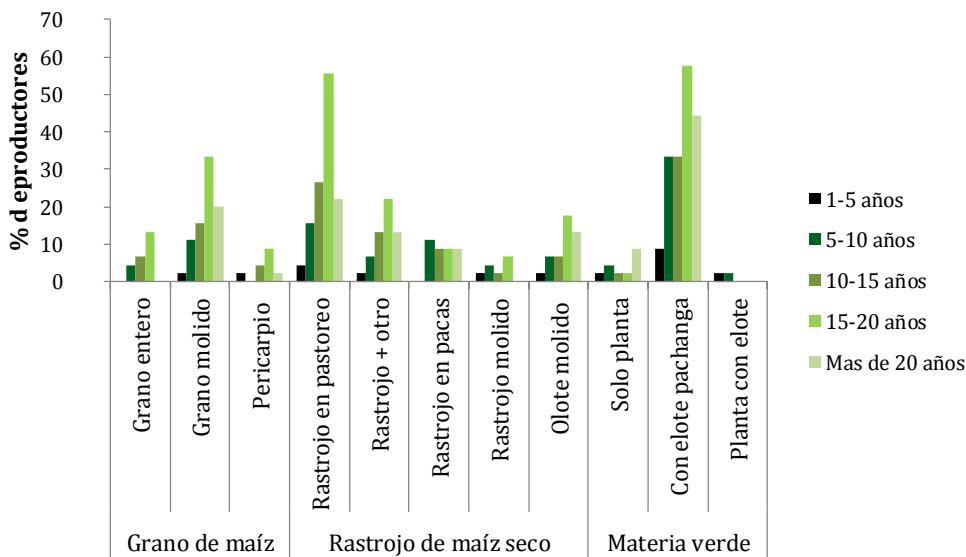
### CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA: MAÍZ-GANADERÍA

#### Uso y manejo del rastrojo por los ganaderos

Los argumentos de García (2005) demuestran que la utilización del pastoreo en los campos agrícolas casi ha desaparecido. Sin embargo, el pastoreo es el responsable, en parte, del deterioro del suelo, exacerbado por la sobrecarga

animal. En la Figura 15 se presentan los resultados sobre el uso de los productos y subproductos del maíz. Se puede observar que desde hace más de 20 años se usa el rastrojo de maíz en pastoreo, conjuntamente con el “elote pachanga”<sup>1</sup>. Más del 50% de los productores entrevistados aseguró que desde hace 15-20 años acostumbran a usar tales productos. El 33.3 % del total de entrevistados usa el grano molido desde hace 20 años. Estos resultados demuestran la importancia histórica del sistema maíz-ganadería como actividades agropecuarias complementarias.

De manera general se observa una tendencia hacia el mayor uso del grano molido, rastrojo en pastoreo y el elote pachanga. En todos los casos su uso se remonta a períodos posteriores a los 5 años.

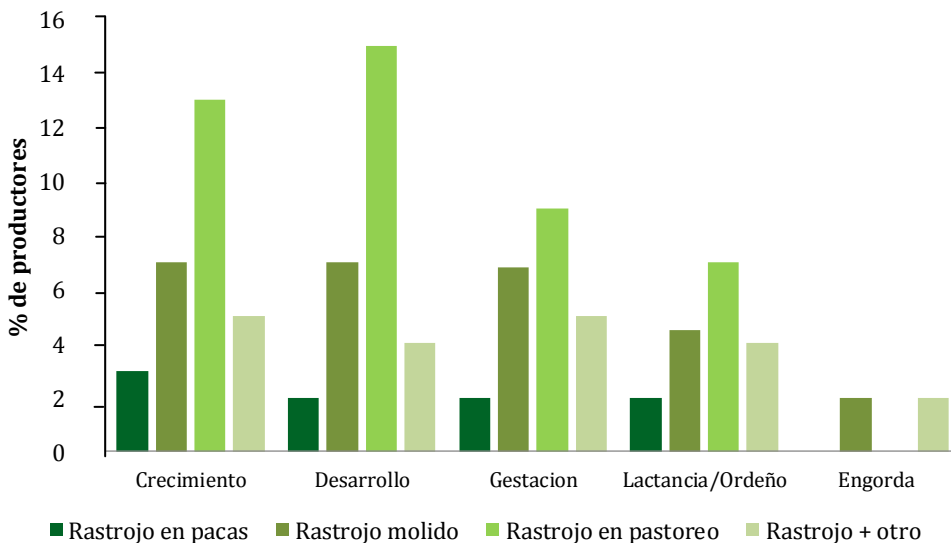


**Figura 15. Uso de productos y subproductos del maíz en función del tiempo por ganaderos de los municipios Villa Corzo y Villaflores.**

<sup>1</sup> Término local usado para clasificar a la mazorca verde de maíz, deforme, pequeña o sin valor comercial que se queda en el campo.

Los ganaderos de Villaflores y Villa Corzo utilizan el rastrojo en pastoreo en todas las etapas de desarrollo del ganado, excepto en la engorda, destacando su uso en las fases de crecimiento y desarrollo (Figura 16). Para la engorda del ganado solamente 4% de los productores usa el rastrojo, molido o mezclado con otro producto, generalmente como suplemento proteico.

Esta decisión se debe al escaso valor nutritivo del rastrojo para que el ganado realice las funciones normales productivas y reproductivas (Poey, 1978; Figueroa, 1983) por su poca energía metabolizable y baja digestibilidad (Castañeda y Monroy, 1984). Es recomendable revisar estudios realizados en Chiapas, los cuales han explorado la posibilidad de utilizar otros residuos en la alimentación de rumiantes, como la pulpa de café ensilada; pero aún es escasa la información sobre su combinación con pastos como alternativa para sustituir el rastrojo de maíz en época de escasez (Noriega *et al.*, 2009).



**Figura 16. Formas en que los ganaderos usan el rastrojo en la región Frailesca por etapas de desarrollo del ganado.**



## Uso de los productos y subproductos del maíz

En el sector pecuario de La Frailesca el uso del rastrojo molido, sin elote, con pericarpio y la planta sola es reciente. No se reporta el uso de planta con elote. Cinco años antes de esta investigación (2006), la demanda de pastos era mucho menor y el rastrojo se incorporaba al suelo al terminar la cosecha.

En la Figura 17 se muestran las frecuencias de respuesta de los ganaderos encuestados en La Frailesca respecto a los usos de los productos y subproductos del maíz. El 82% de los encuestados usa el grano de maíz molido como alimento animal y 48.9% usa el rastrojo en pastoreo por el ganado bovino. De todos los productos, los provenientes de material verde es el que menos se usa en la alimentación del ganado. Domingo (2004) reportó el uso de maíz molido en la alimentación de ganado bovino. En relación al olote, 11.1 % de los productores del sistema maíz-ganadería lo aprovecha como combustible para cocinar en los hogares. Figueroa (1983), por su parte, mencionó que 60% de los productores usa el olote como alimento animal y 40% lo usa como combustible en el hogar.

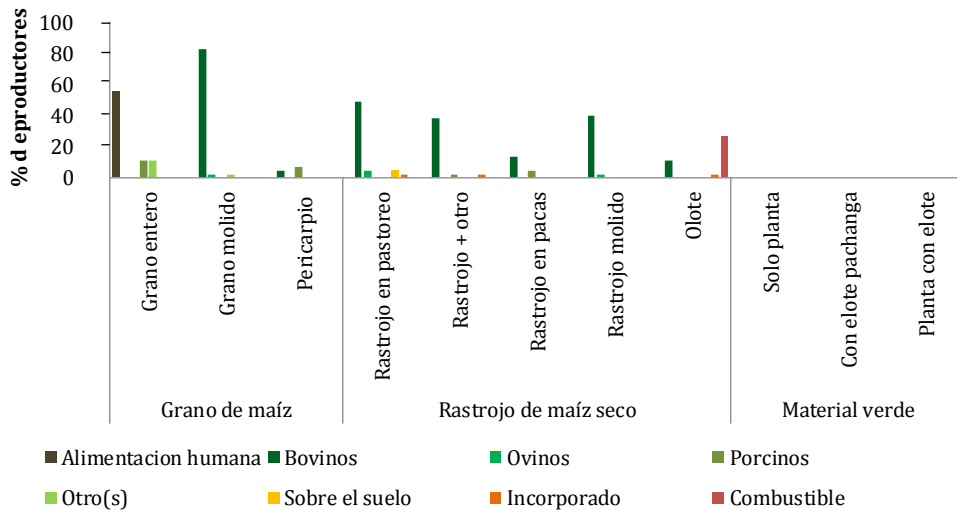
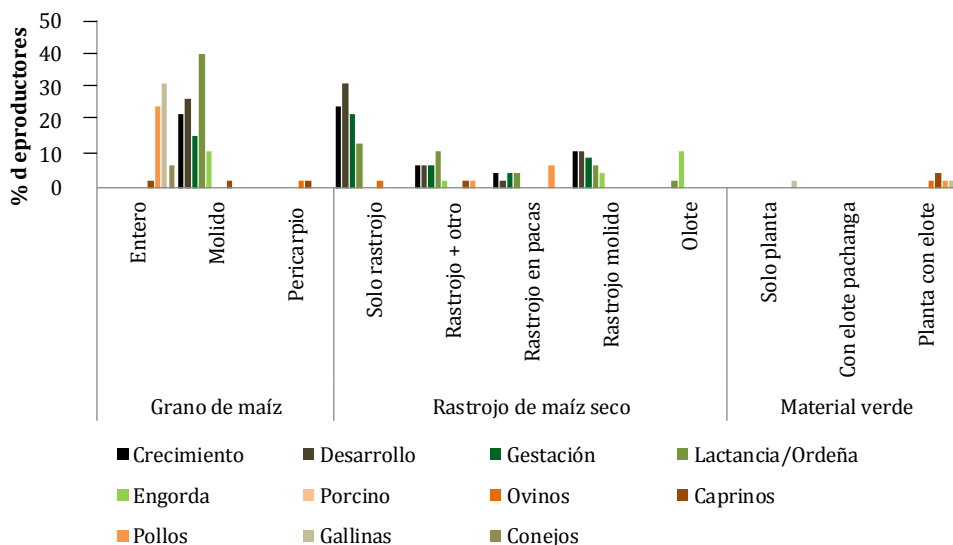


Figura 17. Uso de productos y subproductos del maíz en la región Frailesca.

## Uso de productos y subproductos del maíz como alimento pecuario

Al igual que en el caso anterior, donde se analizó el uso de los productos y subproductos del cultivo de maíz por actividad productiva, el grano molido es el que más usan los productores de la región Frailesca como grano entero, molido o pericarpio en la alimentación animal. El grano de maíz como alimento de bovinos se usa principalmente durante la etapa de lactancia debido a su alto valor nutritivo, en comparación con el rastrojo y el material verde. Esto concuerda con los resultados de Rearte (1997) quien mencionó que el maíz es una fuente de energía importante durante esta etapa. El 31% de los ganaderos usa el rastrojo en pastoreo bovino en la etapa de desarrollo y 24% durante el crecimiento. Al respecto, Arens (1983) mencionó que el rastrojo en pastoreo se utiliza fundamentalmente para alimentar ganado bovino. Por otra parte, 31% de los productores usa el maíz entero para alimentar aves de traspatio, principalmente pollos y gallinas (Figura 18).



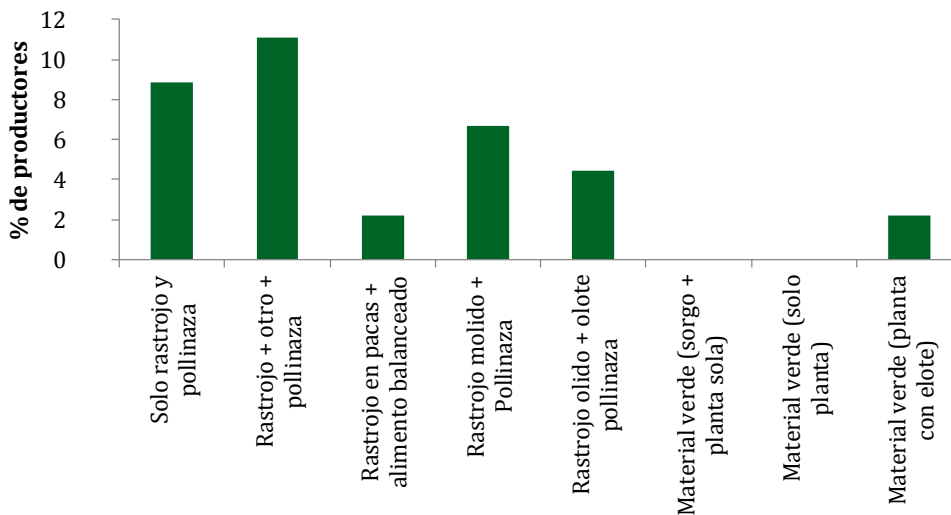
**Figura 18. Uso de productos y subproductos del maíz por etapa de desarrollo de varias especies de ganado en la región Frailesca.**

El material verde proveniente del sistema de producción de maíz es el que menos se usa en la ganadería, excepto la planta con elote, de la cual menos del 5% de los productores la destinan a la alimentación de caprinos, ovinos, conejos, pollos y gallinas.

### Uso combinado del rastrojo en la alimentación del ganado

Debido a la baja calidad nutritiva del rastrojo es frecuente su combinación con otros productos entre los que se destacan la pollinaza. Este suplemento constituye una fuente de proteína que enriquece considerablemente el rastrojo y aumenta las posibilidades de uso en diferentes etapas de desarrollo del animal, dependiendo de la especie. Algunos productores acostumbran a mezclar la planta de maíz verde, con o sin elote, con otros suplementos nutritivos.

El 11% de los productores combina el rastrojo con otros suplementos, mientras que 7% lo combina con pollinaza (Figura 19).



**Figura 19. Uso combinado del rastrojo, pollinaza y material verde de plantas de maíz, por ganaderos de la región Frailesca.**

El uso de la pollinaza mezclada con rastrojo fue reportado por Sánchez y Martínez (2001) quienes mencionaron que un aporte del 15% favorece la nutrición animal debido a su alto contenido de proteína soluble. No obstante, Vargas (2000) reportó mejores resultados al mezclarlo con el olote molido.

## **IMPLICACIONES ENERGÉTICAS DEL SISTEMA MAÍZ-GANADERÍA**

### **Balance energético de la producción de maíz**

Los estudios del funcionamiento de los sistemas manejados en términos de análisis energéticos no son nuevos (Margalef, 1968; Coleman *et al.*, 1976; Odum, 1984; Ferraro, 2008). Para entender cómo se puede relacionar el flujo de la energía y la posibilidad de diseñar un sistema sostenible es necesario considerar las alteraciones que ocurren al establecer un sistema agrícola sobre el flujo de energía. Los sistemas agrícolas son sistemas abiertos y disipativos; es decir, que consumen energía para crecer, mantenerse y establecer un flujo de materia y energía con su entorno (Odum, 1984), lo cual determina una serie de propiedades sistémicas como la existencia de distintos niveles jerárquicos, los retrocontroles, la estabilidad o la resiliencia (Ulanowicz, 1999). En el caso de un sistema natural el ingreso de energía se basa enteramente en la energía solar. Los componentes del sistema encargados de fijar esta energía son los productores primarios. Este ingreso de energía circula a través de una serie de transformaciones jerárquicas que incluyen a los demás componentes de la red trófica, desde los consumidores hasta los descomponedores. De esta manera, es posible cerrar el ciclo de circulación de energía (producción-consumo reciclado-nueva producción) y disponer fuera de la zona donde se desarrollan los ciclos de vida de los organismos a la materia que ya no pueda ser reutilizada y que actúe impidiendo el funcionamiento normal de los ciclos vivos (Ferraro, 2008).

La información que se muestra a continuación indica que para los productores pequeños, medianos y grandes el balance energético estuvo por encima de 8 Mcal producidas por unidad energética consumida. Los grandes productores obtienen la mayor eficiencia energética (menor consumo de energía y mayor rendimiento energético (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Rendimientos de maíz e indicadores de eficiencia energética por tipo de productor en la región Frailesca, Chiapas.**

Tipo de productor	Energía producida (Mcal)	Energía consumida (Mcal)	Intensidad energética (Mcal kg <sup>-1</sup> )	Rendimiento energético (kg Mcal <sup>-1</sup> )	Eficiencia energética	Personas alimentadas por ha	Rendimiento de maíz (t ha <sup>-1</sup> )
Pequeños	11,625.92	1,499.07	0.55	2.37	8.66	11.38	3.18
Medianos	13,311.87	1,553.75	0.46	2.58	9.42	13.03	3.64
Grandes	13,157.35	1,393.09	0.44	2.62	9.57	12.87	3.60

Con relación a la intensidad energética, los datos demuestran que los tres tipos de productores consumen menos de 1 Mcal para producir 1 kg de maíz. Al respecto Pimentel (1980) reportó que la eficiencia energética promedio del cultivo de maíz es de 10 Mcal producidas por 1 Mcal invertida, por lo que se puede afirmar que aún bajo estas condiciones, de manera general, los tres tipos de productores muestran un balance energético positivo.

Estos resultados también se asocian a los rendimientos de maíz, los cuales fueron mayores en los grandes y medianos productores. De manera general, estos rendimientos corroboran las afirmaciones de Turrent *et al.* (2012) quienes aseveraron que de acuerdo con las ganancias en productividad y del potencial de México en sus contrastantes sectores productivos de maíz (bajo riego y bajo temporal, escalas industrial y pequeña, adopción de híbridos y manejo de razas nativas), así como sus reservas de recursos naturales, ha de concluirse que México tiene el potencial para recuperar su autosuficiencia en maíz en un plazo relativamente corto, basándose en tecnologías nacionales y sin recurrir al controvertido uso del maíz transgénico. Nótese que los rendimientos obtenidos por productores pequeños, medianos y grandes (Cuadro 5), aún en siembras de temporal (Figura 22), supera el promedio de 2.2 t ha<sup>-1</sup> reportado por SIAP (2012).

Un dato interesante, que pocas veces se refleja en investigaciones agronómicas convencionales, corresponde a la capacidad de los sistemas agrícolas para alimentar a un número determinado de personas por hectárea cultivada, tanto desde el punto de vista energético como proteico. Los resultados de esta investigación indican que el sistema de producción de maíz posee una alta

capacidad para alimentar a más de diez personas por hectárea cultivada. Schiere *et al.* (2002) reportaron que con 1 ha de maíz es posible cubrir los requerimientos energéticos y proteínicos de diez y cinco personas, respectivamente.

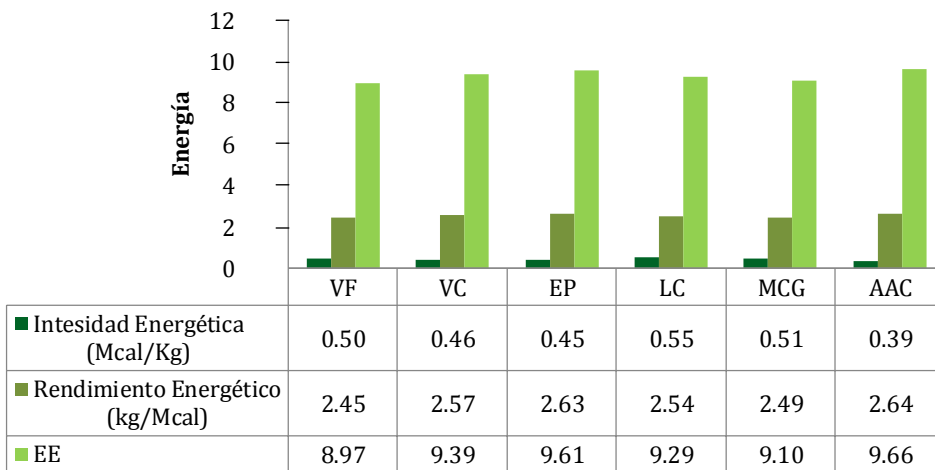
Vilche *et al.* (2006) reportaron balances energéticos positivos para diferentes sistemas de producción agrícola. Santos *et al.* (2000), cuando analizaron cultivos en rotaciones en Brasil, reportaron resultados similares. En este estudio se destaca la capacidad del cultivo del maíz para producir más energía que la que consume, tendencia que se mantuvo en todos los años estudiados.

Al comparar los resultados entre municipios, el balance energético superó las ocho unidades de energía producidas por cada Mcal invertida (Figura 20). Los productores del municipio Ángel Albino Corzo fueron los más eficientes. La mínima correspondió al municipio Villaflores con 8.97 Mcal de energía producida/energía invertida.

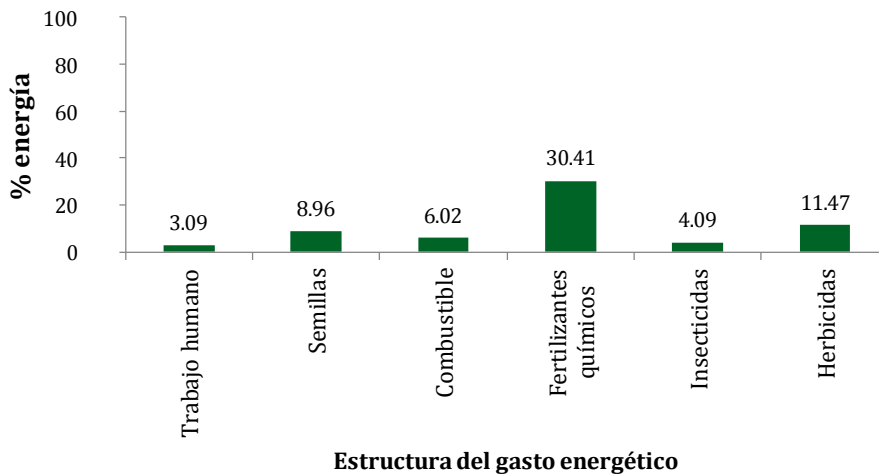
La estructura del gasto de energía en el sistema de producción de maíz en la región Frailesca (Figura 21) demuestra que un tercio de los gastos corresponden al consumo de fertilizantes químicos. Sin embargo, cuando se consideran los gastos de insecticidas y herbicidas, dicha proporción alcanza casi 50% del total de energía invertida en el sistema.

Valdés *et al.* (2009) en un estudio de eficiencia energética de agroecosistemas diversos en Cuba demostraron que el balance energético se afecta significativamente por los insumos externos para mantener los rendimientos, de ahí la importancia de introducir prácticas agrícolas sustentables que permitan hacer un uso racional de energía, lo cual influirá en la rentabilidad económica y ecológica del sistema de producción de maíz.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 20. Balance energético de la producción de maíz en los municipios de la región Frailesca.**



**Figura 21. Estructura del gasto energético en la producción de maíz en la región Frailesca.**



## **IMPLICACIONES ECONÓMICAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN Y USO DEL RASTROJO**

Como se ha demostrado hasta ahora, el sistema de producción de maíz tiene numerosas implicaciones, no solamente productivas y sociales sino también ambientales y económicas. Todas conforman alrededor de este cultivo un complejo entramado de relaciones que requieren estudios de mayor profundidad.

Varios autores han documentado las implicaciones del cultivo del maíz en México. Turrent *et al.* (2012) mencionaron varios argumentos que demuestran la factibilidad de alcanzar el potencial productivo esperado.

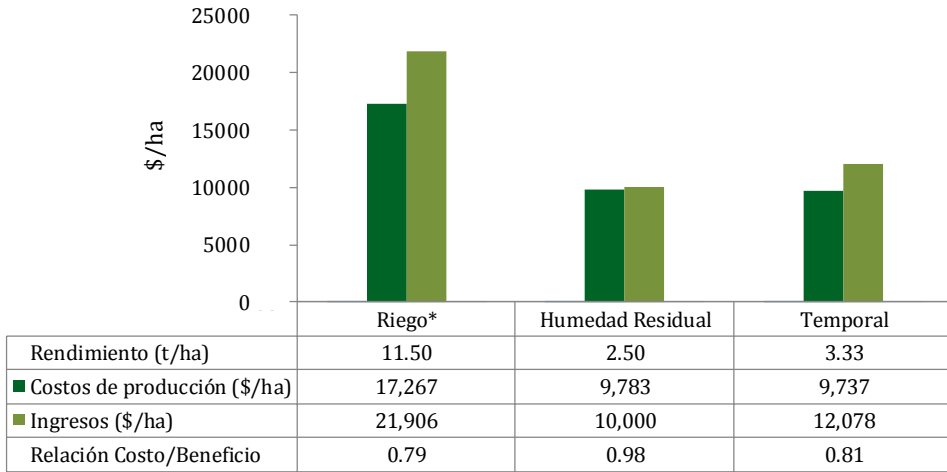
A pesar de la volatilidad de los precios de los productos agrícolas en el mercado mundial, México invierte 20 mil millones de dólares para importar alimentos y dentro de estos, la tercera parte de la demanda interna se compra fundamentalmente a los Estados Unidos (*ibíd.*). Por el arraigo sociocultural del maíz, México puede contribuir a disminuir esa dependencia. Estos mismos autores indican que actualmente solo se obtiene 57% del rendimiento potencial del cultivo.

### **Factibilidad económica del sistema de producción de maíz en la región Frailesca**

Para el análisis económico del sistema de producción de maíz en México deberá considerarse que existen diferentes formas y condiciones agroecológicas para el cultivo. Existen tres sistemas de producción en función de la disponibilidad de agua: de temporal (depende fundamentalmente de la lluvia), de riego (usa tecnologías de irrigación) y humedad residual (aprovecha la humedad excedente al terminar la época de lluvias).

La Figura 22 muestra el rendimiento, costos de producción, ingresos y la relación Costo/Beneficio (C/B) del sistema de producción de maíz bajo riego, humedad residual y temporal en la región Frailesca. Los tres resultaron económicamente viables, a juzgar por los valores de la relación C/B. Cuando el maíz se cultiva bajo riego, a pesar de mostrar mayores costos de producción, genera una relación C/B que refleja 0.19 y \$0.02 más favorable, que cuando el maíz se siembra en humedad residual y en temporal, respectivamente.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 22. Relación Costo/Beneficio de la producción de maíz bajo riego, humedad residual y temporal en la región Frailesca. (\*) El rendimiento de la siembra bajo riego se expresa en t ha<sup>-1</sup> de elote.**

A continuación se presenta el testimonio del señor Gilberto Castillo Cruz: *“Me resulta más sembrar el maíz en riego que en temporal porque esperar la cosecha para vender el grano lleva más tiempo, además de que se vende en un precio bajo. En cambio, el maíz bajo riego me es rentable porque vendo el elote, los residuos de cosecha frescos, ya sea con el compadre o el vecino ganadero y de esa forma obtengo mayor ganancia.”* Por su parte, Salazar y Godínez (2010) afirmaron que la siembra de maíz en condiciones de riego es más rentable que en temporal y humedad residual, ya que se obtienen varios productos, lo que permite diversificar las opciones de ingresos, entre los que destacan:

- a) Alimento del ganado de alto valor proteínico, venta de hojas para hacer tamales, etc.
- b) Venta de elotes.
- c) Elaboración de subproductos derivados del elote (valor agregado).
- d) Mayor aporte de proteína para el ganado.

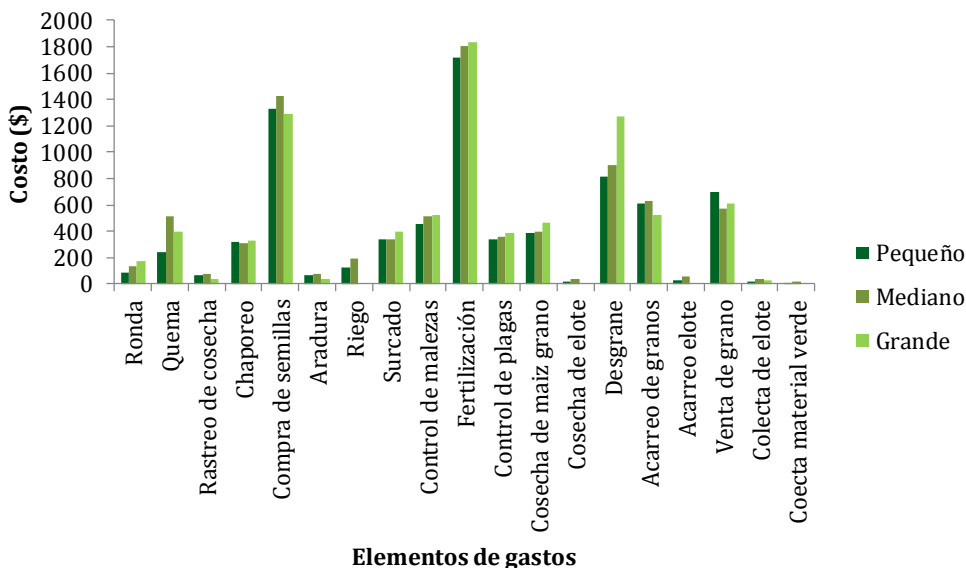
Flores (2007) afirmó que frente al incremento de los costos de producción, el agricultor tiene que buscar aumentar la eficiencia del uso de los insumos y/o usar tecnologías más eficientes.

Respecto a la producción de maíz en condiciones de humedad residual, el señor Jordán Gómez Ruiz, de Villaflores, opina: *“Hoy en día no resulta la siembra de maíz en humedad residual porque vendemos barato, la cosecha de maíz es poca, pues ya no es como antes. Todos sembrábamos nuestros maíces junto con otros cultivos, como el frijol y la calabaza, y ahora son muy pocos los que hacen ese tipo de siembra. Para ellos, la ganancia está en la producción de los otros cultivos. Además, para la siembra en humedad residual se necesita un terreno llano, bien drenado. Si no es así, el rendimiento disminuye”.*

La relación C/B del maíz en La Frailesca es afectada fundamentalmente por los altos precios de los agroquímicos. Independientemente de la tipología de productores de la región, la mayor inversión para producir maíz corresponde a fertilizantes y semilla, lo cual ha sido una de las mayores preocupaciones de los productores, a lo que se suman los bajos precios del maíz (Figura 23).



Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 23. Estructura de los costos de producción de maíz por tipología de productores de la región Frailesca.**

En cuanto a los ingresos, nótese en el Cuadro 6 que la venta del grano es la actividad que proporciona mayores beneficios económicos, seguida de la venta de rastrojo. La venta elotes solo se registró en uno de los seis municipios que conforman la región de estudio.

**Cuadro 6. Ingresos por productos y subproductos del maíz en la región Frailesca.**

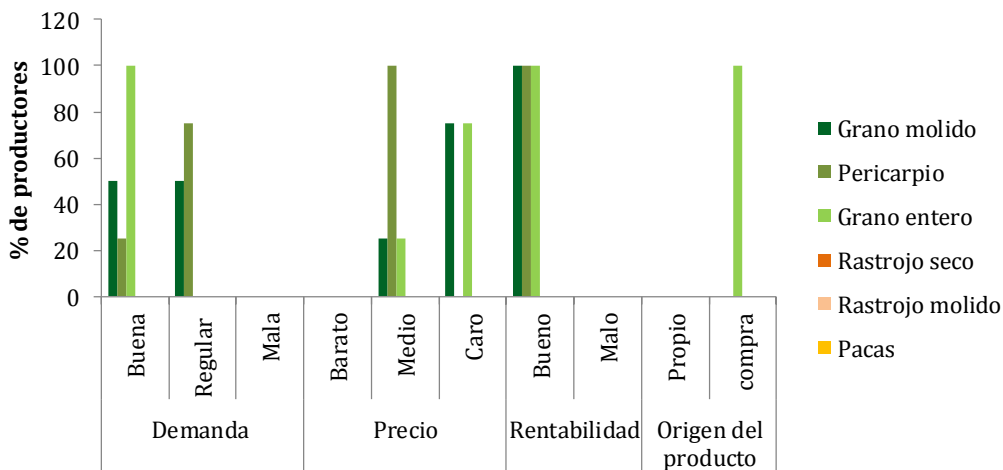
Municipio	Superficie cultivada (ha)	Venta de granos (\$/ha)	Venta de elote (\$/ha)	Venta de rastrojo (\$/ha)	Ingresos totales (\$/ha)
Villaflores	3.47	2,561	348	307	13,215
Villa Corzo	3.95	10,612	-	233	10,846
El Parral	3.00	3,753	-	352	14,105
La Concordia	2.86	11,993	-	548	12,542
Montecristo de G.	1.31	5,953	-	538	6,491
Ángel Albino Corzo	2.47	11,100	-	497	11,597
<b>Promedio regional</b>	<b>2.84</b>	<b>7,662</b>	<b>-</b>	<b>413</b>	<b>11,466</b>

**Nota:** La información se basa en las entrevistas realizadas. Solo en Villaflores se reportó venta de elote.

## Situación del mercado de productos y subproductos del maíz

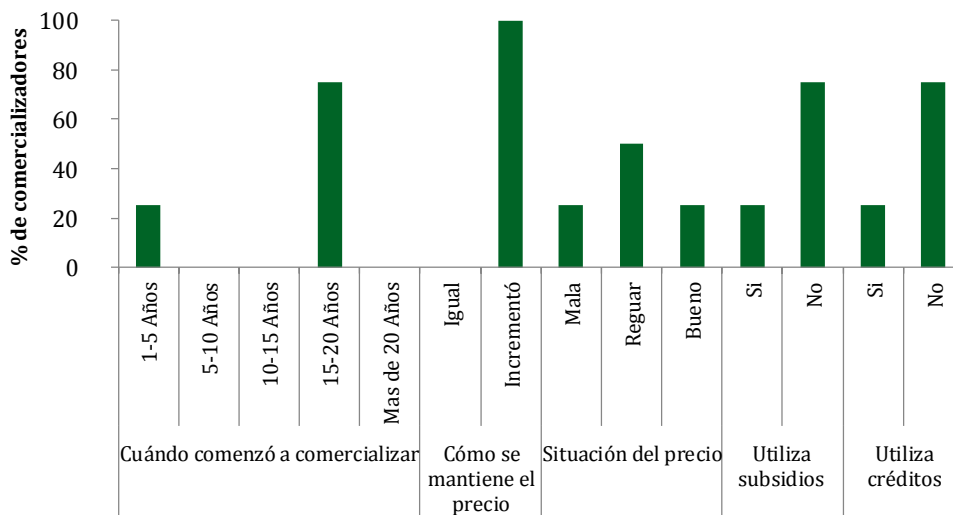
Para el análisis del mercado de los productos y subproductos del maíz se consideró la demanda, el precio y la rentabilidad. Los resultados de este estudio muestran que, de todos los subproductos del maíz, el de mayor demanda en el mercado es el grano entero, mientras que una cuarta parte de los comercializadores entrevistados prefiere el pericarpio. Sin embargo, no se descarta el valor que le confieren al grano molido, ya que el 50% prefiere comprarlo.

En cuanto al precio, todos los productores encuestados mencionaron que el pericarpio tiene un precio medio y a tres cuartas partes de la muestra les parece caro tanto el grano entero como molido. Desde el punto de vista de negocio, el total de los comercializadores afirmó que la venta de maíz molido, entero o el pericarpio es rentable por sus rápidos beneficios (Figura 24). De esta forma, los comerciantes que compran el grano de maíz se convierten en intermediarios, acaparadores o “coyotes”, quienes venden los productos al menudeo en sacos de 50 kg. Cabe mencionar que en este estudio los productores no reportaron la compra-venta del rastrojo en ninguna presentación (pacas, molido o pastoreo).



**Figura 24. Relaciones de mercado de los productos y subproductos del maíz en la región Frailesca.**

En la región Frailesca, tres de los cuatro comercializadores entrevistados comenzó a vender productos y subproductos del maíz hace 15 a 20 años y uno desde hace cinco años. Todos los comercializadores señalaron que los precios de los sacos de 50 kg de maíz han incrementado en los últimos años; dos indicaron que el precio actual de los productos y subproductos del maíz es “regular”, uno dijo que es “malo” y otro expresó que es “bueno” (Figura 25). Tres comercializadores mencionaron que no reciben subsidios del Estado y uno dijo que fue apoyado por la SAGARPA.



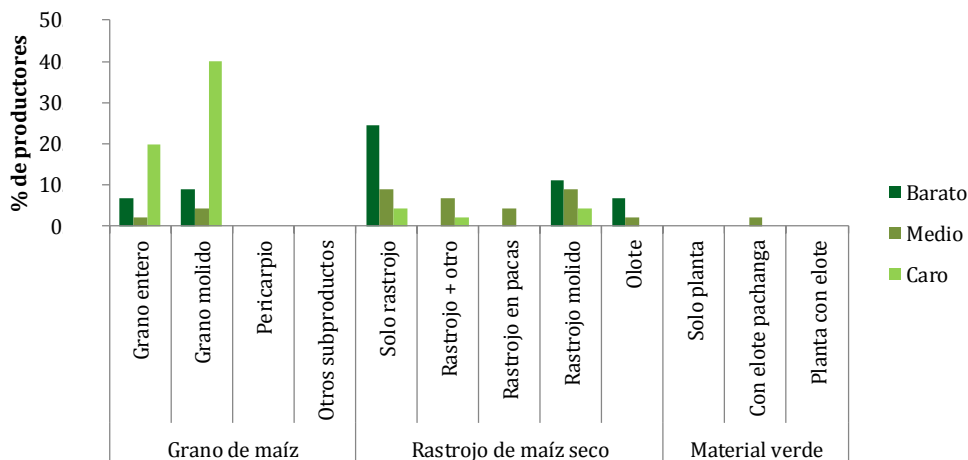
**Figura 25. Situación de la comercialización de los productos y subproductos del maíz en la región Frailesca.**

Retes (2010) indicó que en México se utilizan 3.9 millones de toneladas de maíz para la formulación de alimentos para el ganado por parte de los medianos y pequeños productores. Existe acaparamiento y especulación por parte de los comercializadores de grano, así como por pequeños, medianos y grandes monopolios industriales (Cámara de Diputados, 2007).

El aumento en el precio del grano de maíz en México en los últimos años se debió al incremento de las importaciones, las cuales en el 2006 representaron el 50% de la producción nacional que incluyó la producción de maíz amarillo, blanco y quebrado (Flores, 2007).

### Variación de precios de los diferentes productos derivados del maíz

Al comparar los precios del grano molido con los del rastrojo, 40% de los productores encuestados consideró que el primero resulta más caro, mientras que 24.4% afirmó que el rastrojo en pastoreo es más económico para la alimentación del ganado. El 100% de los ganaderos encuestados opinó que el grano de maíz, entero o molido se considera el producto más caro, por encima de los demás, debido a los altos costos de los insumos (Figura 26).



**Figura 26. Situación de los precios de los productos y subproductos del maíz en la región Frailesca.**

Mejía (2002) mencionó que el principal efecto de los altos precios del maíz molido se debe al procesado del grano, aun cuando esto demuestra la aplicación de un valor agregado al producto. Para el caso del rastrojo en pastoreo, este autor



menciona que su precio no incrementa debido a que no se le da un valor comercial.

El 22.2% de usuarios entrevistados mencionó que la cantidad de grano molido que produce les alcanza para alimentar a su ganado todo el año, lo cual depende tanto del número de animales que posean como de los volúmenes de producción alcanzados.

Respecto al aprovechamiento del rastrojo en pastoreo, 20% de los productores lo utilizan para alimentar su ganado y cuando no hay suficiente volumen lo adquieren fuera de su comunidad, ya que resulta en ocasiones ser más barato. Al respecto, Aceves *et al.* (2002) señalaron que el productor obtiene un gran volumen de forraje en una época que conviene pastorear el ganado y deja 10% de residuos para incorporarlos al suelo, lo cual refleja el amplio uso del rastrojo en pastoreo para la alimentación animal, en particular del ganado bovino.

### REFLEXIONES FINALES

Es frecuente encontrar información referida a la baja rentabilidad del cultivo de maíz en Chiapas, y seguramente también a nivel nacional; entre otras razones por los altos costos de producción y la baja fertilidad de los suelos, situación a la que no está exenta la región Frailesca. Sin embargo, el agrosistema de maíz en esta región sigue teniendo importancia, cuyo significado ante el nuevo escenario global de los sistemas agropecuarios y forestales es más relevante en aspectos social y ambiental que económico. Esto se debe a que cada año la superficie sembrada con maíz disminuye por su baja rentabilidad, a pesar del uso indiscriminado de agroquímicos de alto valor energético, entre ellos algunos con alta emisión de Gases Efecto Invernadero.

Mientras tanto, el hato ganadero y la frontera pecuaria crecen de manera casi proporcional, contribuyendo también al calentamiento global. Esto ha permitido que el número de familias campesinas que se dedican a trabajar la tierra, también crece cada vez más y con una actividad más diversificada. En

menor medida se mantienen pequeñas áreas agrícolas con monocultivo de maíz, combinadas con la ganadería bovina, lo cual se puede considerar como una actividad estratégica de las familias ante los retos que impone una agricultura cada vez más dependiente de insumos caros y precios volátiles de los productos agrícolas.

Se requiere, por tanto, de un análisis mucho más sistémico. La investigación-acción no solo debe enfocarse a tratar de entender la dinámica del uso y manejo del rastrojo en las regiones, sino llegar a explorar desde su misma causa, su evolución y tendencias, y sobre todo, los impactos sociales, económicos y ambientales de los agroecosistemas. Todo esto para diseñar y promover estrategias integrales locales para el uso y manejo del rastrojo en el corto y mediano plazos, como contribución a la producción agropecuaria sustentable en las diferentes regiones del país.

El análisis socioeconómico con base en tipologías de productores demostró que en la región Frailesca predominan los pequeños y medianos productores, con rendimientos de maíz que oscilan entre 2.6 a 4.5 t ha<sup>-1</sup>. Más del 95% de los productores cultivan el maíz de temporal durante el ciclo primavera-verano, con acceso limitado a tecnologías de riego, debido probablemente a que alrededor de 50% de las áreas donde se siembra maíz están localizadas en ladera.

En el área de estudio resalta la diversificación de las actividades como estrategia para lograr la seguridad alimentaria y económica, ya que 50% de los productores combina la producción agrícola con la ganadería. Por esta razón, el análisis de los diferentes usos y manejos del rastrojo en la ganadería mostró que el pastoreo es la modalidad predominante, principalmente en la etapa de crecimiento del ganado bovino, ya que mientras que en la etapa de engorda no se usa y en lactancia/ordeña su uso es bajo debido su pobre valor nutrimental.

El grado de competencia entre la AC vs. ganadería fue variable, según la subregión estudiada. En los municipios de Villaflores y Villa Corzo la producción de maíz y la ganadería bovina son intensas, mientras que en Montecristo de Guerrero, Ángel Albino Corzo y La Concordia (sureste de la región), se desarrollan a baja escala por la predominancia de actividades forestales y agroforestales.

Los resultados del estudio demuestran que los productores prefieren usar el rastrojo en la alimentación de su propio ganado, lo venden o canjean al vecino o lo dejan en la parcela.

Atendiendo al balance energético, los productores de maíz de la región Frailesca desarrollan sistemas productivos eficientes en el uso de energía. Este análisis, va más allá de la evaluación económica de las actividades agrícolas, ya que permitió integrar de alguna manera el enfoque sostenible de la actividad agrícola-ganadera en la región, sobre todo aquella relacionada con la producción y uso del rastrojo.

Esta investigación detectó que se requieren estudios a mayor profundidad sobre el impacto del rastrojo en la fertilidad de los suelos en AC, el balance energético integral del sistema maíz-ganadería (incluyendo tratamientos con y sin rastrojo), el rastrojo enriquecido con abonos verdes y cultivos de cobertura (AVCC) y/o especies forrajeras en un diseño silvopastoril; rastrojos de maíces criollos y mejorados. También se requiere evaluar el mercado del sistema maíz-ganadería, con énfasis en la oferta-demanda de los rastrojos, así como la comercialización de productos y subproductos agropecuarios agroecológicos, sobre todo de las áreas naturales protegidas (ANP).

Finalmente se sugiere hacer gestión institucional para incidir en políticas públicas que privilegien la estrategia MasAgro para aplicar los principios de la AC, con una visión amplia, participativa y sistémica en su diseño, gestión, operación, evaluación y seguimiento, sumando esfuerzos y recursos de otras instituciones y programas con objetivos y metas comunes.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves, R. E.; Fernández, A. T. y Flores, J. I. C. (2002). Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. *Rev. Fitotecnia Mex.*, 25, 339-347.
- Aguirre, M. V. J. A. y Pérez, R. (2010). *Diagnóstico de la producción y diversidad de maíces criollos en Coahuila*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. p. 9.
- Álvarez, P. H., Ochoa, N. M. G. (2006). *Perspectivas de la labranza de conservación en México*. pp. 241-248. En: A.R Claverán y F.O. Rulfo, V. (eds.). Memoria de la IV Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista: Estudios de caso en América Latina. Centro Nacional de Investigación para Agricultura Sostenible-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Morelia, Mich., México.
- Arens, P. L. (1983). *La importancia actual del reciclaje de los residuos orgánicos para la agricultura*. En: El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América latina, 1-2. Ed. FAO, Roma (Italia).

- ASICH. (2007). *Producción de maíz en Chiapas*. [en línea]. Agencia de servicios Informativos de Chiapas, México. Disponible en: < <http://www.asich.com>>.
- Cámara de Diputados. (2007). Congreso de la Unión. [en línea]. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. México. Febrero de 2007. *El mercado del maíz y la agroindustria de la tortilla*. Disponible en:  
< <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0042007.pdf>>.
- Castañeda, F. E. A. y Monroy, V. J. (1984). *Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional*. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2007). *México: El mercado del maíz y la agroindustria de la tortilla*. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. México. 18 p.
- Chambers, R. (1993). *Challenging the professions. Frontiers for rural development*. IT Publications, London. 143 p.
- Coleman, D. C., Andrews, J., Ellis, J. E., Singh, J. S. (1976). Energy flow and partitioning in selected man-managed and natural ecosystems. *Agroecosystems*, 3, 45-54.
- Conde, E. R. (2007). *Residuos agrícolas, forestales, ganaderos e industriales*. Ed. Instituto de Investigaciones Ecológicas. Málaga, España.
- De La Piedra, R. (1987). *Diagnóstico base de un programa de investigación en campos de agricultores: caso la Frailesca, Chiapas*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México. pp.21-23.
- Domingo, L. P. (2004). Servicio Agropecuario, Bco. del Oeste. Técnico de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino. [en línea]. Disponible en:  
<<http://www.produccion-animal.com.ar>>.
- Erenstein, O., Sayre, K., Wall, P., Hellin, J., Dixon, J. (2012). Conservation agriculture in maize- and wheat-based systems in the subtropics: lessons from adaptation initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. *J. of Sustainable Agriculture*, 36(2), 180-206.
- Ferraro, D. (2008). Evaluación exergética de la producción de etanol en base a grano de maíz: un estudio de caso en la Región Pampeana (Argentina). *Ecología Austral*, 18, 323-336.
- Figuroa, B. (1983). *Experiencias con el uso de residuos orgánicos en la agricultura de México*. En: El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina, 210-214. Ed. FAO, Roma (Italia).
- Flores, M. A. (2007). *Respuesta del maíz Zea mays L. a la aplicación de material encalante y abonos verdes en Villaflores, Chiapas*. Tesis profesional presentada. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México. 69 p.

- Flores, V., Ponce, J. y Ramírez, M. (2007). *Situación del maíz y la tortilla*. Series de reportes de Investigación. Reporte de Investigación Núm. 80. CIESTAAM. Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.
- Fowler, R. y Rockstrom, J. (2000). *Conservation tillage for sustainable agriculture: an agrarian revolution gathers momentum in Africa*. Keynote address, ISTRO 2000, Fort Worth, USA.
- Fuentes, C. M. J.; Suárez, L.; Peña, R.; Rodríguez y S., Ortiz, R. B. (2001). Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de rastrojo de maíz (*Zea maíz L.*). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192.
- Funes-Monzote, F. (2009). *Agricultura con futuro, la alternativa agroecológica para Cuba*. Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. 176 p.
- García, F. C. (2005). *XVIª Jornadas Ganaderas de Pergamino y Expofeedlot, Estudio Ganadero Pergamino*. Arquitecto, M. Sc., UCLA. Productor agropecuario. Disponible en: <<http://www.produccion-animal.com.ar>>.
- Gómez, P. J.; García, E. T.; Nieuwkoop, M. W.; López-Báez, A.; Zamarripa, M.; Cadena-Iñiguez, P. (2006). *El uso y conservación de los recursos naturales en la Fraylesca, Chiapas: un diagnóstico*. [en línea]. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. Disponible en: <<http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/888/40338.pdf?sequence=1>>.
- Guevara-Hernández, F. (2007). *¿Y después qué?: Action-research and ethnography on governance, actors and development in Southern Mexico*. Technology and Agrarian Development Group. Department of Social Sciences. Wageningen University and Research Centre. Wageningen, The Netherlands. 223 p.
- Hagmann, J. (1999). *Learning together for change: facilitating innovation in natural resource management through learning process approaches in rural livelihoods in Zimbabwe*. Margraf Verlag. Weirkershein, Germany. 310 p.
- Hernández, C.N.A. (2011). *Caracterización agronómica del maíz (Zea mays L.) con nutrición líquida y fuentes de materia orgánica*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores, Chiapas, México.
- Hernández, X. E. (1985). *Exploración etnobotánica y su metodología*. En: Xolocotzia. Geografía Agrícola. Tomo I: 163-188.
- INEGI. (2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 155 p.



- Jiménez, L. P. (2008). *Historia de la Alimentación del Nuevo Mundo*. Caracas. [en línea] [Consultado: 26 de diciembre de 2012]. Disponible en: <[http://www.sochinut.cl/pdf/HistNut\\_SLAN.pdf](http://www.sochinut.cl/pdf/HistNut_SLAN.pdf)>.
- Mandal, K. G.; Saha, K. P.; Ghost, K. M.; Hati, K. M.; Bandyopadhyay, K. K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Energy*, 23, 337-345.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. University of Chicago Press, Chicago, IL. 111 p.
- Márquez, M.; Valdés, N.; Ferro, M. E.; Paneque, I.; Rodríguez, Y.; Chirino, E.; Gómez, L. M. y Vargas, D. (2011). *Análisis agroenergético de tipologías agrícolas en La Palma*. En: Ríos, L. H.; Vargas, V. D, y Funes, M. F. (Comp.) 2011. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 248 p.
- Mejía, H. J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. [en línea] [Consulta: 10 de febrero de 2014]. *Acta Universitaria* 2002, 12. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41612204>> .
- Meul, M.; Nevens, F.; Reheul, D. y Hofman, G. (2007). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 199, 135-144.
- Noriega-Salazar, A.; Silva-Acuña, R. y García de Salcedo, M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 135-141.
- Odum, H. T. (1983). *Systems ecology*. John Wiley, New York. 644 p.
- OEIDRUS. (2011). *Avances agrícolas y pecuarios*. [en línea]. Disponible en: <<http://www.oeidrus-chiapas.gob.mx/>>.
- Ortega, C. A.; Oel, G. M.; Bulmaro, C. E. y Alberto, C. T. (2010). *Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México*. Informe final. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- Pimentel, D. (1980). *Handbook of energy utilization in agriculture*. CRC Press, Boca Ratón, FL., 475 p.
- Quiroga, M. R. R.; Ponce, D. P.; Pinto, R. R.; Alonso, B.A.; Velasco, Z. E.; Zuart, M. L.; Camas, G. R.; Soto, P. y León, M. (2006). *La asociación de cultivos maíz-canavalia: ventajas agroecológicas y económicas. Un manual para agricultores innovadores, asesores técnicos, empresarios y sector oficial en apoyo a la producción agropecuaria en el trópico*. Universidad Autónoma de Chiapas-Fundación PRODUCE Chiapas, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chis., México. 46 p.



- Rearte, D. (1997). Sistemas de producción de leche basados en praderas permanentes. Sociedad Chilena de Producción Animal. *Serie de Simposios y Compendios. Valdivia, Chile*. 5, 38-60.
- Retes, M. R. (2010). *Demanda de tortilla de maíz en México. 1996-2008*. Tesis de Doctorado en Ciencias en Socioeconomía, Estadística, e Informática Económica. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. México.
- Rodríguez, L. L. y F. Guevara H. (2009). Innovación y desarrollo rural: reflexiones y experiencias desde el contexto cubano. 1a edición (Versión Digital). ACSUR-Las Segovias/IIA Jorge Dimitrov. Madrid, España. 174 p.
- SAGARPA. (2008). Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cierre de la producción agrícola por estado. [en línea]. [Consulta: 6 de agosto de 2012]. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx>>.
- Sánchez, A. E.; Ortega, C. M. E.; Mendoza, M. G.; Montañez, V. O. y Buntinx, D. S. E. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina. *Interciencia*, 37(5), 395-399.
- Sánchez, J. y Martínez, A. (2001). *Calidad nutritiva del rastrojo de maíz en Costa Rica*. Exposición 2001. Universidad de Costa Rica. (Mimeografiado).
- Santos, H. P. Dos.; Fontanelli, R. S.; Ignaczak, J. C. y Zoldán, S. M. (2000). Convesao e balanço energético de sistemas de produção de graos com pastagem sob plantío direto. *Pesq. Agropec. Bras*, 35(4), 743-752.
- Schiere, J. B.; Ibrahim, M. N. M. y Van Keulen, H. (2002). The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90, 139-153.
- SIACON. (2012). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta-SAGARPA, SIAP (Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). (en línea) Disponible en: <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>>.
- SIAP. (2012). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx/>.
- Turrent, F. A.; Wise, A. T. y Garvey, E. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo del maíz de México. Mexican Rural Development Research Project. Woodrow Wilson International Center for Scholars. *Reporte*. pp. 24-30.
- Ulanowicz, R. E. (1999). Life after Newton: an ecological metaphysic. *Biosystems* 50:127.

- Valbuena, D.; Erenstein, O.; Homann-KeeTui, S.; Abdoulaye, T.; Claessens, L.; Duncan, A. J. y Gérard, B. (2012). Conservation Agriculture in mixed crop–livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Research*, 132, 175-184. Elsevier B. V.
- Valdés, N.; Pérez D.; Márquez M.; Angarica L. y Vargas D. (2009). Funcionamiento y balance energético en agroecosistemas diversos. *Cultivos Tropicales*, 30(2):36-42.
- Vargas, E. (2000). Uso de excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. II. Fraccionamiento de los componentes nitrogenados y contenido de energía. *Agronomía Costarricense*, 24(1), 55-62.
- Vázquez, G. J. (2009). *El problema del maíz, un ejemplo de una equivocada política agrícola del gobierno*. Diario de Chiapas. Disponible en: <http://www.siea.SAGARPA.gob.mx/sistemas/SIACON/SIACON.html>.
- Vilche, S. M.; Denoia, J.; Montico, S.; Bonel, B. y Dileo N. (2006). Uso de la energía en los sistemas agropecuarios del Distrito Zavalla (Santa Fe). *Revista Científica Agropecuaria*, 10(1),7-19.
- Wise, T. A. (2010). *Agricultural dumping under NAFTA: estimating the costs of US agricultural policies to mexican producers*. Washington, Woodrow Wilson. International Center for Scholars.
- Yesca, Y. R.; Bárcena, G. R.; Mendoza, M. G.; González, S. S.; Cobos, P. M. y Ortega, C. M. E. (2004). Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 38:23-31.



Foto: Francisco Guevara Hernández (UNACH)



# SITUACIÓN SOCIAL Y ECONÓMICA EN EL MANEJO Y USO DEL RASTROJO EN LA REGIÓN VALLES ALTOS

SOCIAL AND ECONOMIC SITUATION OF THE MANAGEMENT AND USE OF CROP RESIDUES IN THE VALLES ALTOS REGION



## Capítulo 3

# Situación social y económica en el manejo y uso del rastrojo en la región Valles Altos

### Social and economic situation of the management and use of crop residues in the Valles Altos region

*Tania Carolina Camacho Villa\*, Tina D. Beuchelt, Víctor Hernández López, Jon Hellin y Kai Sonder.  
\*C.Camacho@cgiar.org*

#### RESUMEN

Se describe el contexto social y económico del manejo y uso de los residuos de cosecha en la región Valles Altos en México. De manera introductoria se resaltan la importancia de los sistemas mixtos agrícolas-pecuarios en esta región, el papel del rastrojo en la agricultura de conservación (AC) y los estudios previos realizados en torno a los residuos de cosecha. Este estudio consiste en un análisis cualitativo y cuantitativo del papel de los residuos de cosecha a nivel regional, comunitario y del productor. A partir de datos secundarios sobre la agricultura y la ganadería de la región, se estima la contribución del rastrojo en la alimentación del ganado y se identifican municipios en situación de déficit o superávit de alimento. Se identifica que estos contribuyen con un 40% a la alimentación animal y definen la situación de déficit-superávit de más de 100 municipios de la región. Con base en datos primarios, se identifican los diferentes usos asignados a los residuos de cosecha a nivel comunitario y se profundiza en dos de ellos: el empaque y el pastoreo. Se define que el patrón dominante de uso es ganadero y que este sigue siendo importante aun cuando los agricultores practican AC, ya que existen arreglos económicos y sociales a nivel local, regional y extra regional, en torno a usos como el empaque y el pastoreo. Finalmente, mediante datos primarios, se calcula la contribución del rastrojo a los ingresos que obtienen los productores por cultivar maíz y cebada. Los residuos son una fuente de ingresos importante para el agricultor, especialmente en años agrícolas, cuando no se cosecha grano. Los resultados obtenidos de estos análisis, contribuyen a entender cómo el uso del rastrojo como forraje se convierte en uno de los grandes desafíos para la adopción de la AC.

## ABSTRACT

The social and economic context of crop residues management and use in the Valles Altos region of Mexico is described. The importance of mixed agricultural - livestock systems in the region, the role of crop residues in conservation agriculture (CA) and previous studies on crop residue use are highlighted. This study is a qualitative and quantitative analysis of the role of crop residues at regional, community and producer level. From secondary data on agriculture and livestock in the region, the contribution of straw to livestock feed is estimated and municipalities with feed deficits or surpluses are identified. Crop residues contribute 40% of the feed across the more than 100 municipalities in the region. Based on primary data, different uses of crop residues at the community level are identified and two of them are emphasized: baling and grazing. Livestock feed is of the principal use for crop residues, and is important even though farmers practice CA because there are economic and social arrangements for baling and grazing at local, regional and extra-regional level. Finally, the contribution of maize stover and barley straw to farmer income is calculated using primary data. Crop residues are an important source of income for farmers, especially in years when no grain is harvested. Results from these analyses demonstrate that the use of straw as animal feed is one of the major challenges to the adoption of CA.

## INTRODUCCIÓN

### Los sistemas mixtos agrícolas-ganaderos en Valles Altos

Los sistemas mixtos agrícolas-ganaderos en México cubren alrededor de 650,000 km<sup>2</sup> distribuidos en zonas irrigadas (25%) y en áreas de temporal (75%) (Thornton *et al.*, 2002). Estos sistemas abarcan un gran rango de condiciones agroecológicas que incluyen las regiones semiáridas, las zonas subhúmedas y las áreas tropicales y templadas del Altiplano (Thornton *et al.*, 2002). Son sistemas que ocupan un segundo lugar en importancia en la producción pecuaria (33%), solo superados por los sistemas de pastizales, conformados por praderas naturales y agostaderos (38%) (*ibíd.*) que se ubican mayormente en el norte del

país (Améndola *et al.*, 2006). La alimentación animal mediante granos y alimentos balanceados, se presenta en una menor proporción.

En el país, los sistemas que combinan las actividades agrícolas con las ganaderas se basan en la producción de cereales y de rumiantes. Cultivos como el maíz, avena, sorgo, trigo, cebada y alfalfa son comúnmente utilizados como forrajes y su producción se ubica mayormente en zonas de temporal aun cuando hay extensas zonas de riego produciendo alfalfa. Por su parte, la ganadería de rumiantes, extensamente practicada en todo México, está compuesta básicamente por ganado bovino para carne y leche, con más de 32 millones de cabezas; caprinos, con 8.9 millones de cabezas y ovinos, con 8.1 millones de cabezas (SIAP-SAGARPA, 2013).

La región Valles Altos, que comprende parte del Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y el Distrito Federal posee climas de templado a subhúmedo con lluvias en verano y precipitaciones que van de 400 a 900 mm cada año. Debido a la alta densidad de población y fragmentación de tierras existe una gran variación de sistemas de producción, tanto agrícolas como pecuarios. El cultivo de maíz, bajo el sistema de milpa sigue siendo importante en zonas como San Felipe del Progreso en el Estado de México. En contraste, en zonas como Mixquihuala, Hidalgo, el sistema de producción de maíz es de riego y altamente productivo. Por su parte, la producción de cereales pequeños, como la cebada, en los Valles de Apan y Calpulalpan, es en temporal y de carácter comercial, fundamentalmente (Améndola *et al.*, 2006).

Aun cuando el ganado bovino es el de mayor presencia en México, en la región de Valles Altos representa menor proporción, con 1.4 millones de cabezas, comparado con otras especies pecuarias, (SIAP-SAGARPA, 2013). En esta región existen zonas de alta producción de carne y leche de tipo especializado o estabulado, localizadas al noroeste del Estado de México (Jilotepec y Aculco) y al suroeste de Hidalgo (Nopala de Villagrán y Huichapan). Otra zona ganadera de importancia, se localiza entre los municipios de Tulancingo, Acatlán, Huasca y Metepec, en el estado de Hidalgo. La alimentación del ganado bovino difiere según el producto que se va a obtener. Para el caso de bovinos de carne, su dieta



se basa en cereales, residuos de cosecha y subproductos industriales. Los bovinos lecheros son alimentados con alfalfa, maíz forrajero y avena. Gran parte de la producción lechera proviene de ranchos especializados. Sin embargo, una porción importante es de fincas familiares que producen su propio forraje, integrando las actividades pecuarias con las agrícolas (Arriaga-Jordán *et al.*, 2003).

El ganado caprino en la región Valles Altos es aproximadamente de 1.8 millones de cabezas (SIAP-SAGARPA, 2013). El estado de Puebla posee la mayor cantidad de ganado de este tipo con 16.2% del total nacional. Otra zona con presencia importante de ganado caprino se encuentra al noreste del estado de Hidalgo (Ixmiquilpan y Zimapán). La producción caprina se lleva a cabo en condiciones extensivas de índole familiar para el autoconsumo en sistemas mixtos agrícolas y pecuarios. Los pequeños rebaños son alimentados mediante el pastoreo en áreas cerriles o en caminos, complementado con los residuos de cosecha (Améndola *et al.*, 2006).

El tipo de ganado predominante en Valles Altos es el ovino con 2.9 millones de cabezas (SIAP-SAGARPA, 2013). El Estado de México es la entidad a nivel nacional con mayor cantidad de ovejas con más del 15% del total nacional (1.2 millones). La zona de mayor población de ovinos se localiza al este del Estado de México (Villa de Allende, Villa Victoria, San Felipe del Progreso, Acambay y San José del Rincón), aunque hay una zona de alta especialización en producción de barbacoa y derivados en el estado de Hidalgo (Ixmiquilpan y San Salvador).

Los sistemas de producción ovina están divididos en pie de cría y engorda. La producción de pie de cría se lleva a cabo en condiciones extensivas por pequeños productores con escasos recursos. La alimentación es mediante el pastoreo (en agostaderos y caminos) con los residuos de cosecha y complementada en tiempos de secas algunas veces con granos. En cambio, la producción de engorda es manejada en un sistema estabulado con dietas alimenticias con altos contenidos de cereales utilizando subproductos industriales (Améndola *et al.*, 2006).

## LA IMPORTANCIA DEL RASTROJO EN LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La AC se presenta como un sistema agrícola sustentable que contribuye a la reducción de la degradación del suelo y a fortalecer la seguridad alimentaria. Este sistema se basa en tres principios inspirados en buenas prácticas agrícolas: el movimiento mínimo del suelo (preferentemente con labranza cero), la rotación/asociación de cultivos y la cobertura permanente del suelo con residuos del ciclo anterior (Kassam *et al.*, 2009). Las ventajas de la AC consisten en que mejora la calidad del suelo, reduce los costos de producción y fortalece la resiliencia de los agroecosistemas de temporal de cara al cambio climático (Kassam *et al.*, 2009; Erenstein *et al.*, 2012).

Existe una amplia evidencia científica, que indica que la retención y la adición de los residuos de cosecha al suelo, son elementos clave para promover atributos físicos, químicos y biológicos deseables para la salud de los suelos agrícolas (Fuentes *et al.*, 2009). Mediante la cobertura del suelo se logra: una mayor filtración y volumen de agua disponible para los cultivos; una menor evaporación del agua y erosión hídrica y eólica del suelo; temperaturas moderadas del suelo; mayor actividad biológica, y un aumento en la materia orgánica (MO) disponible para los cultivos (*ibíd.*). Asimismo, se ha demostrado que la cobertura del suelo es un elemento clave para que funcione la AC, ya que sin cobertura, la labranza mínima genera menores rendimientos que la labranza convencional (Govaerts *et al.*, 2005; Wall, 2007).

No obstante a estos beneficios, también hay un amplio acervo bibliográfico que trata las dificultades para la adopción de la AC (Giller *et al.*, 2009; Erenstein *et al.*, 2012; Ramírez-López *et al.*, 2013; Beuchelt y Badstue, 2013). Entre estas dificultades, una importante es la competencia que se crea entre el uso del rastrojo como cobertura y otros manejos/ usos locales, y el destino como forraje, sobre todo en sistemas mixtos de agricultura y ganadería de pequeños productores (Erenstein y Thorpe, 2009b; Erenstein *et al.*, 2011; Valbuena *et al.*, 2012). Lo anterior ha hecho que algunos críticos de la AC, hablen de su inviabilidad en condiciones específicas, como localidades donde la demanda del rastrojo como forraje es muy alta y su producción insuficiente (Giller *et al.*, 2009).

En oposición, autores que simpatizan con el sistema (Govaerts *et al.*, 2005; Wall, 2009) han propuesto la extracción parcial del residuo y la diversificación forrajera. Sin embargo, en la práctica, la extracción parcial y la sustitución ha resultado problemática, sobre todo en áreas semiáridas donde la producción agrícola es baja (Erenstein, 2003; Magnan *et al.*, 2012). Lo anterior coloca al rastrojo en un papel protagónico.

### LOS RESIDUOS DE COSECHA EN MÉXICO

Hasta hace poco tiempo el estudio de los residuos de cosecha había sido un tema de bajo interés en México. Existen esfuerzos aislados de estudios pecuarios, que incluyen a los “esquilmos de cosecha” y sus formas de uso en la alimentación animal (Ferreiro, 1990; Macedo B., 2000). En estos estudios se destaca, por una parte, la importancia de la contribución de los rastrojos en la alimentación animal y, por otra, se reconoce su pobre aportación nutrimental para el ganado. Se ha convertido en un tema de estudio relevante debido a su papel en la conservación de suelos en relación con la AC. Por ejemplo, Erenstein, (1999) evaluó económicamente el uso del rastrojo como cobertura como una tecnología de conservación en diferentes áreas de México. Realizó, primero, una evaluación *ex ante* en localidades ubicadas al sur de Jalisco y sur de Veracruz, y llegó a la conclusión de que existen limitantes institucionales para la implementación de la tecnología. Posteriormente, efectuó un estudio *ex post* en áreas de la Sierra Madre y en el área central de Chiapas. Encontró mayor grado de adopción de la tecnología en la primera área evaluada, pero con restricciones debido al libre pastoreo; mientras que en área central de Chiapas identificó adopción parcial de la tecnología a causa de la relación agricultura-ganadería. Erenstein *et al.* (2012) compararon tres casos contrastantes de la adopción de la AC por pequeños agricultores, en el Sur de Asia, Sur de África y México. Aun cuando se identifican claros beneficios económicos y ambientales de la AC, resaltan los desafíos para su adopción y/o adaptación a las condiciones de los pequeños agricultores. Comentan que en México la AC se ha promovido desde la década de 1990; sin embargo, su adopción ha sido limitada por factores como la falta de acceso a equipo y capital, el pastoreo y la quema de residuos de cosecha. Hellin *et al.*, (2013) realizaron un estudio en tres regiones agroecológicas diferentes en

México, y encontraron que el uso dominante del rastrojo, con más del 70%, fue como alimento ganadero. También detectaron que existen diferencias regionales en su aprovechamiento *ex situ*, mediante la elaboración de pacas (Valles Altos y Bajío), o *in situ*, en pastoreo (Chiapas). Finalmente, resaltaron que uno de los grandes desafíos para adoptar la AC es el conflicto que existe entre el uso del rastrojo como cobertura vs. alimento pecuario.

Con este antecedente de la competencia del uso del rastrojo como forraje vs. cobertura o mejorador de suelos en la AC, en este capítulo se describe la situación social y económica de los residuos de cosecha en la región Valles Altos, con énfasis en su contribución a la ganadería. Para abordar el tema, en primer lugar se estima la contribución de los esquilmos de cosecha en la alimentación pecuaria en la región de estudio. En segundo lugar, se describe cómo se manejan los residuos de cosecha a nivel comunitario y por qué lo hacen así. Se profundiza en el empaque y pastoreo, así como usos relacionados con su aprovechamiento pecuario. Finalmente, se calcula el valor económico de los residuos de cosecha para los productores agrícolas. Estos aspectos generan información para la discusión sobre los desafíos actuales del uso de los rastrojos, en la AC.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de estudio, conocida como la región Valles Altos, fue delimitada sobre la base de dos criterios. En primer lugar, se definió considerando las condiciones agroclimáticas, como: altitud mayor a 1,800 msnm, climas templados y semicálidos, periodo de lluvias en verano, entre otros criterios climáticos. En segundo lugar, esta región fue determinada tomando en cuenta los sistemas de producción agrícola predominantes de maíz, cebada y otros cereales de grano pequeño. De esta forma, la región de estudio comprendió 418 municipios, de los cuales, 66 corresponden al estado de Hidalgo; 113, al Estado de México; 179, a Puebla; 60, a Tlaxcala; además de las 16 delegaciones del Distrito Federal.

La investigación se realizó dentro de la iniciativa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro). Dicha iniciativa es un

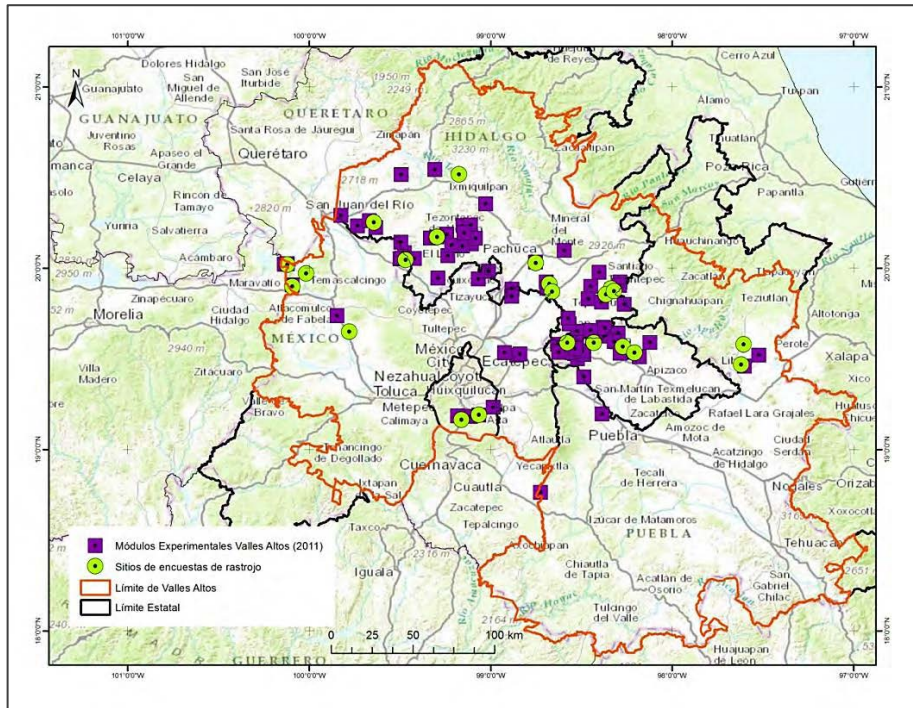
esfuerzo conjunto entre el gobierno mexicano y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para aumentar la producción de dichos cultivos, disminuir los costos de producción o incrementar los ingresos de los agricultores, y producir de una manera ecológicamente sustentable.

MasAgro se enfoca principalmente en el desarrollo, mejora y difusión de prácticas agrícolas sustentables, como son: la AC, el manejo integral de la fertilidad del suelo, las tecnologías poscosecha y el uso de material de alto rendimiento de maíz y trigo. Para la adopción de estas prácticas MasAgro promueve redes de innovación que vinculan a los diversos actores de las cadenas de valor del maíz y del trigo. Utiliza como infraestructura nodos de innovación (conocidos como Hub), conformados por áreas de investigación y validación de la práctica (llamadas Plataformas); por áreas de implementación de innovaciones agrícolas y comparación en parcelas de agricultores (conocidas como Módulos), y por áreas de difusión en parcelas de agricultores (nombradas Áreas de Extensión). Los Módulos son elementos centrales, ya que en ellos se compara la práctica propuesta o innovación (área de innovación) con la manera en que el agricultor lleva a cabo su práctica (área testigo). Ya que en todos los módulos de Valles Altos se introdujo la AC como tecnología base, gran parte de la información presentada en este capítulo proviene de los módulos de la iniciativa MasAgro (Figura 1). No obstante, es necesario resaltar que, además de la AC, muchos de estos agricultores experimentan también con variedades mejoradas, densidades de siembra y prácticas de fertilización, entre otras.





## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 1. Región Valles Altos. Sitios en donde se colectó información.**  
Fuente: Datos de campo.



## **Análisis sobre el balance entre la oferta y la demanda de alimentos pecuarios**

Para determinar el balance entre la oferta y demanda de alimentos pecuarios, se utilizó información secundaria, principalmente estadísticas de fuentes oficiales. El balance se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Balance} = \text{Oferta de alimento (t/MS)} - \text{Demanda de alimento (MS X UAE)}$$

Si el valor resultante es negativo, se interpreta como Déficit (*Demanda > Oferta*), pero si resulta positivo, es considerado Superávit (*Demanda < Oferta*).

Para el cálculo del balance, fue necesario realizar estimaciones sobre la demanda y la oferta. En ambos casos se utilizó como unidad de medida la cantidad en kilogramos de materia seca (kg MS), dado que es una unidad estándar que permite la comparación de las estimaciones. La demanda de alimentos se entendió como la MS necesaria para alimentar al total de unidad animal equivalente (UAE), existente en un municipio durante un año. La UAE es el número de cabezas de ganado bovino, ovino y caprino existentes en un municipio, convertidas a unidad estándar equivalente de una vaca adulta de 450 kg de peso, con su cría al pie, y que consume aproximadamente el 3% de su peso de MS al día (Humberto *et al.*, 2011), donde:

$$\text{Peso de UAE} = 450 \text{ kg}$$

$$\text{MS por día} \quad 450 \times 3\% = 13.5 \text{ kg MS/UAE/día}$$

$$\text{MS por año} \quad 13.5 \text{ kg} \times 365 = 4,927.5 \text{ kg MS/UAE/año}$$

Los datos sobre el número de cabezas de ganado se obtuvieron del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2007), y se actualizó al 2010 con los datos de población ganadera, avícola y apícola 2002–2011 del SIAP (SIAP-SAGARPA, 2012).



La oferta de forraje se definió como la suma de la MS producida por: cultivos forrajeros, la que aportan los granos para la alimentación animal, la disponible en zonas de agostadero o pastizales y la contribución de los residuos de cosecha (también conocidos como esquilmos agrícolas).

Los cultivos forrajeros seleccionados, reportados por el SIAP fueron: avena, cebada, alfalfa, sorgo, pastos cultivados, maíz forrajero y trigo forrajero. Su contribución a la alimentación en unidades de MS se calculó multiplicando el promedio de producción de 2006 a 2010 (SIAP-SAGARPA, 2012) por un factor del 20% que representa el total de MS, considerando que 80% está constituido por agua, con base en lo que se cita en la literatura especializada.

Para la contribución de los granos a la alimentación animal, se consideró al maíz, sorgo, trigo, cebada y avena. La MS se calculó usando el promedio de producción de 2006 a 2010 (*ibíd.*) multiplicado por el porcentaje del grano que se destina al consumo pecuario referido por SAGARPA (2007).

La MS disponible en agostaderos, se obtuvo con el valor mínimo de coeficiente de agostadero por tipo de vegetación (SAGARPA-COTECOCA, 2002) y utilizando el Inventario Nacional Forestal 2000 (INE, 2002). Para calcular el Coeficiente de Agostadero y, a su vez el forraje disponible para pastoreo, se utilizó la fórmula propuesta por Monterroso-Rivas *et al.* (2008). Se tiene el valor de Coeficiente de Agostadero (CA) por tipo de vegetación (CA mínimo) y se conoce el consumo de MS, que es igual a 5 t/UAE/año.

$$CA = \frac{\text{Consumo (kg/MS/UAE/año)}}{\text{Producción (kg/MS/ha/año)}}$$

Por lo tanto, el forraje disponible para pastoreo se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Forraje disponible (t/ha/año)} = \frac{5 \text{ t/MS/UAE/año (Consumo)}}{CA \text{ por tipo de vegetación (ha/UAE/año)}}$$

Al forraje disponible por hectárea por tipo de vegetación, se le sumó el número de hectáreas por municipio, de los sitios que se pueden utilizar como zonas de pastoreo, reportado en el Inventario Nacional Forestal 2000 (Instituto Nacional de Ecología, 2002), para calcular el Forraje Total Disponible (FTD en toneladas de MS) por municipio. Debido a que no todo el FTD es consumido o utilizado por el ganado, se aplicó un factor de uso adecuado al FTD del 70%, recomendado por SAGARPA (Humberto *et al.*, 2011). Por medio de todos estos cálculos, se llegó al valor del forraje utilizable (t/MS/año).

Finalmente, para el cálculo de esquilmos agrícolas, debido que no fue posible obtener datos estadísticos de la producción de rastrojo, se hizo una estimación, con la fórmula propuesta por Reyes-Muro *et al.* (2012), donde:

$$\text{Esquilmos} = \left( \frac{\text{Producción de grano} \times 100}{\text{Porcentaje de grano}} \right) - \text{Producción de grano}$$

Así, para el caso del maíz, se determinó, que del total de la producción obtenida en una hectárea, el 46% fue grano y el 54% rastrojo; mientras que para las pajas de sorgo, trigo y cebada, se consideró que el porcentaje de grano representa 47 y 53% de MS (*ibíd.*). Estos valores promedio cambian dependiendo de la variedad e índice de cosecha del cultivo.

### **Análisis sobre los diferentes usos del rastrojo**

Para realizar el análisis de los diferentes usos del rastrojo se utilizaron principalmente datos primarios, recopilados con las siguientes herramientas:

- a) Cuestionarios estandarizados a 76 agricultores que manejan los Módulos aplicados en 2011. El cuestionario recopila datos agronómicos y económicos del manejo de las áreas de innovación y testigos dentro del módulo. Asimismo, contempla aspectos generales del productor y del ambiente de producción

- b) Entrevistas semiestructuradas a 24 grupos focales y 30 informantes clave (agricultores, autoridades locales, maquileros, ganaderos y pastores) en 26 comunidades representativas de la región, realizadas durante el verano de 2012. Estas entrevistas están enfocadas a conocer las formas en que se usa y maneja el rastrojo a nivel comunitario, la colecta de información sobre la relación entre la agricultura y la ganadería. Finalmente la entrevista profundiza en dos usos el rastrojo: empaque y pastoreo.
- c) Foro de discusión para identificar estrategias integrales en manejo de los residuos de cosecha, efectuado el 16 de noviembre de 2012. En este evento, nueve productores (algunos con Módulos y otros no), tres técnicos y un investigador de los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y Estado de México, discutieron los problemas para el manejo del rastrojo en AC y propusieron soluciones para usarlo como cobertura del suelo.

La información colectada a través de los cuestionarios, las entrevistas y el foro, fue “triangulada” y analizada, dependiendo del tipo de dato. Para el caso de los datos cuantitativos se utilizaron los programas Excel y SPSS, para generar estadísticas descriptivas, como: promedios, rangos, frecuencias, máximos y mínimos. Por otra parte, los datos cualitativos se analizaron en Maxqda, buscando tendencias de las respuestas o agrupándolas en categorías mayores.

### **Análisis económico sobre el valor de los rastrojos**

El análisis del valor económico de los rastrojos se basó en el cálculo de los presupuestos parciales de las áreas de innovación vs. áreas testigo, de 60 Módulos de maíz y cebada. Se utilizaron los mismos datos recopilados en los cuestionarios aplicados a los productores de Módulo.

Para comparar la rentabilidad de diferentes cultivos o sistemas de producción, se usó el presupuesto parcial por hectárea (*PP*), también conocido como ingreso neto, y es el resultado de los ingresos brutos menos los costos variables:

$$PP_i = (R_i - (c_i^{var}))$$

El ingreso bruto de la producción agrícola por hectárea  $R_i$ , se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$R_i = x_i * p_i^{grano} + z_i * p_i^{paca}$$

Donde:

$i$  = Índice del agricultor ( $i = 1, \dots, N$ ).

$x_i$  = Rendimiento del grano por hectárea.

$p_i^{grano}$  = Precio obtenido por el grano.

$z_i$  = Rendimiento en pacas por hectárea.

$p_i^{paca}$  = Precio obtenido por paca.

El precio del grano incluyó las deducciones por mala calidad. Cuando el agricultor no vendió el grano pero lo usó para el ganado, se consideró el valor del grano, como si hubiera obtenido.

Los costos variables se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$c_i^{var} = (c_i^{prep} + c_i^{siem} + c_i^{fert} + c_i^{herb} + c_i^{ins} + c_i^{cos} + c_i^{paca})$$

Donde:

$c_i^{prep}$  = Costos variables de la preparación del suelo: mecánica y/o con tracción animal.

$c_i^{siem}$  = Costos variables de la siembra (semillas, tratamiento de semillas, maquila de sembradora,...).

$c_i^{fert}$  = Costos variables de la fertilización química u orgánica, incluyendo fertilización foliar, mejoradores de suelo y biofertilizantes.

$c_i^{herb}$  = Costos variables del deshierbe manual o químico.

$c_i^{ins}$  = Costos variables de insecticidas y fungicidas, y de su aplicación

$c_i^{cos}$  = Costos variables de la cosecha. Donde no hubo producción de grano, se incluyó la trilla para hacer pacas.

$c_i^{paca}$  = Costos variables del empaque de las pacas.

Todos los costos variables son por hectárea. Se usaron los costos de mercado para las diferentes actividades (maquila, mano de obra contratada o jornaleros), debido a que algunos agricultores maquilaron y otros no. Como no fue posible obtener datos exactos de mano de obra familiar ocupada en el predio, el consumo de diesel, la depreciación y costos fijos; se usó el precio de mercado que también fue obtenido a través de las encuestas.

## RESULTADOS

### 1. El rastrojo en la alimentación del ganado

Para discutir la aportación del rastrojo en la alimentación animal, primero se presentan los resultados del balance entre la oferta y la demanda de alimentos para el ganado, en la región Valles Altos. Dicho análisis se complementa con información colectada en campo, mediante las 24 entrevistas semiestructuradas sobre los beneficios referidos por los productores de la relación entre la agricultura y la ganadería.

En el Cuadro 1 se presenta el balance entre oferta y demanda de producción de alimentos en el país. Con base en esta estimación a nivel nacional, la producción de alimentos para el ganado satisface la demanda nacional, siendo los agostaderos y las praderas naturales, las que contribuyen más a la oferta. Sin embargo, este no es caso de la región Valles Altos, donde el balance es negativo, aunque esto no es generalizado a nivel estatal.

El Distrito Federal (zona urbana) y Tlaxcala presentan un balance positivo, debido a que la demanda no es alta por el bajo número de cabezas de ganado. En cambio, Hidalgo, Estado de México y Puebla, presentan déficit al contar con un

mayor número de cabezas de ganado. Puebla, aun teniendo una demanda comparable a los estados deficitarios, posee un balance positivo; esto obedece, en gran medida, a la contribución de las áreas de agostaderos y praderas.

**Cuadro 1. Balance de la oferta y la demanda de alimentos para consumo pecuario.**

Entidad	Demanda Consumo total de MS/año (t)	Oferta					Balance Valor numérico (t)
		Cultivos forrajeros (t)	Granos forrajeros (t)	Agostaderos y praderas (t)	Esquilmos agrícolas (t)	Total de MS disponible (t)	
Nacional	175,479,261	11,098,919	8,056,299	147,877,573	38,000,909	205,033,700	29,554,439
Valles Altos	11,569,981	2,192,537	329,134	3,753,831	4,315,277	10,590,779	-979,202
D.F.	61,408	24,860	576	51,476	9,523	86,434	25,026
*Hidalgo	3,365,004	1,112,098	50,171	704,736	796,245	2,663,250	-701,754
*México	3,655,681	595,587	114,166	621,147	1,795,199	3,126,098	-529,583
*Puebla	3,906,949	338,547	134,052	2,297,191	1,140,263	3,910,053	3,104
*Tlaxcala	580,939	121,446	30,170	79,281	574,047	804,943	224,004

**Fuente:** Elaboración propia con datos de diversas fuentes descritos en el apartado de metodología.

\* Corresponde únicamente a los municipios pertenecientes a la región Valles Altos (Figura 1).

Es importante recalcar que los esquilmos son complemento necesario en la alimentación del ganado (Cuadro 2). Su contribución a la oferta de alimento animal nacional, es del 19.1%. Sin embargo, para la región de Valles Altos este porcentaje aumenta al 40.7%, convirtiéndose en la principal fuente de alimentación de rumiantes. A nivel estatal hubo porcentajes diferenciales. En algunos estados su contribución es menor al 50%, tal es el caso del Distrito Federal (11%), Puebla (29.2%) e Hidalgo (29.9%). En cambio, en otros estados representa la mayor fuente de alimentación, con un 57.4% en el Estado de México y un 71.3% en Tlaxcala. Los rastrojos marcan una diferencia significativa entre estar en déficit o en superávit de alimento para el ganado. Su exclusión del balance, implica que tanto a nivel nacional, regional, como estatal, estos sean deficitarios.

**Cuadro 2. Efecto de la inclusión del rastrojo sobre el balance potencial en la oferta del MS para la ganadería.**

ENTIDAD	Contri- bución rastrojo a la oferta %	Balance con rastrojo		Balance sin rastrojo		Municipios con déficit	
		Valor numérico (t)	Estatus	Valor numérico (t)	Estatus	Con rastrojo (Número)	Sin rastrojo (Número)
Nacional	19.1	29,554,439	Superávit	-8,446,470	Déficit	1257	1558
Valles Altos	40.7	-979,202	Déficit	-5,294,479	Déficit	246	347
D.F.	11.0	25,026	Superávit	15,504	Superávit	4	4
*Hidalgo	29.9	-701,754	Déficit	-1,497,999	Déficit	46	56
*México	57.4	-529,583	Déficit	-2,324,781	Déficit	68	96
*Puebla	29.2	3,104	Superávit	-1,137,159	Déficit	94	132
*Tlaxcala	71.3	224,004	Superávit	-350,042	Déficit	34	59

**Fuente:** Elaboración propia con datos de diversas fuentes descritos en el apartado de metodología.

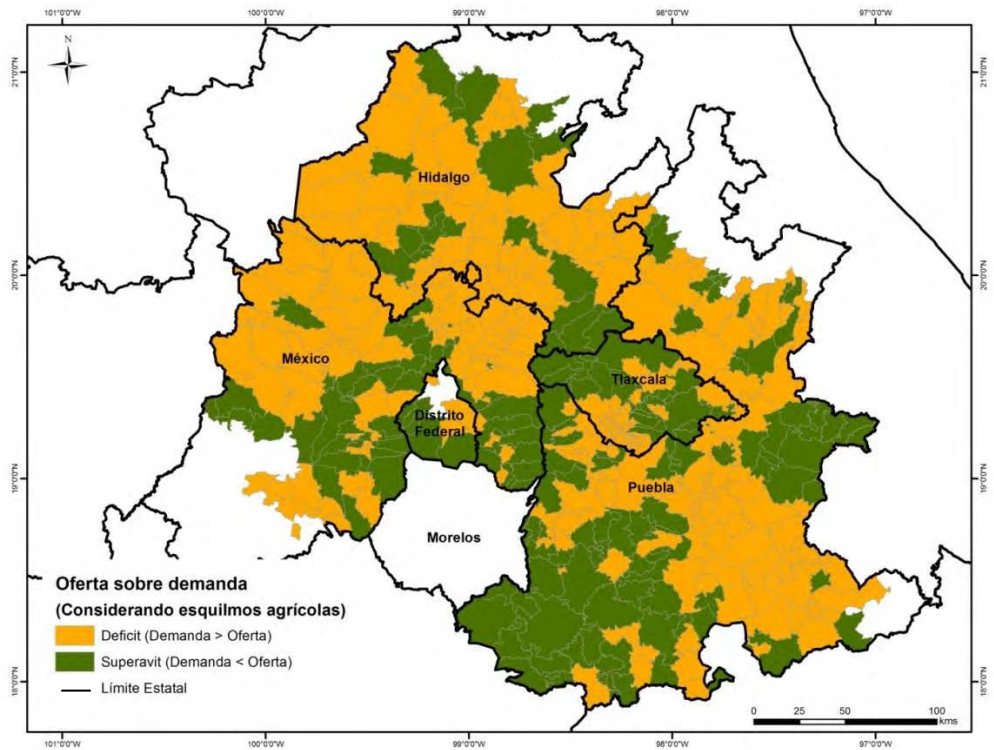
\* Corresponde únicamente a los municipios pertenecientes a la región de Valles Altos (Figura 1).

De los 418 municipios evaluados, 246 presentan estatus de déficit. En la Figura 2 se puede apreciar el estatus del balance oferta/demanda de alimentos a nivel municipal, incluyendo los esquilmos agrícolas. Los municipios que cuentan con mayor número de cabezas de ganado son los que tienen los valores más altos de déficit de alimento pecuario. Estos municipios son: Tulancingo, Acatlán, Huichapan e Ixmiquilpan en el estado de Hidalgo; además de Jilotepec, Aculco y Almoloya de Juárez, en el Estado de México.

Tomando en cuenta la aportación de los esquilmos agrícolas y permitiendo una variación de 300 toneladas en la clasificación “balance”, los municipios con estatus de equilibrio son: Atitlaquia y Tetepango, en Hidalgo; Atlacomulco, Nezahualcoyotl, El Oro y Texcalcayac, en el Estado de México, y Chiautzingo, San Juan Atzompa y Tepetzintla, en Puebla.



## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

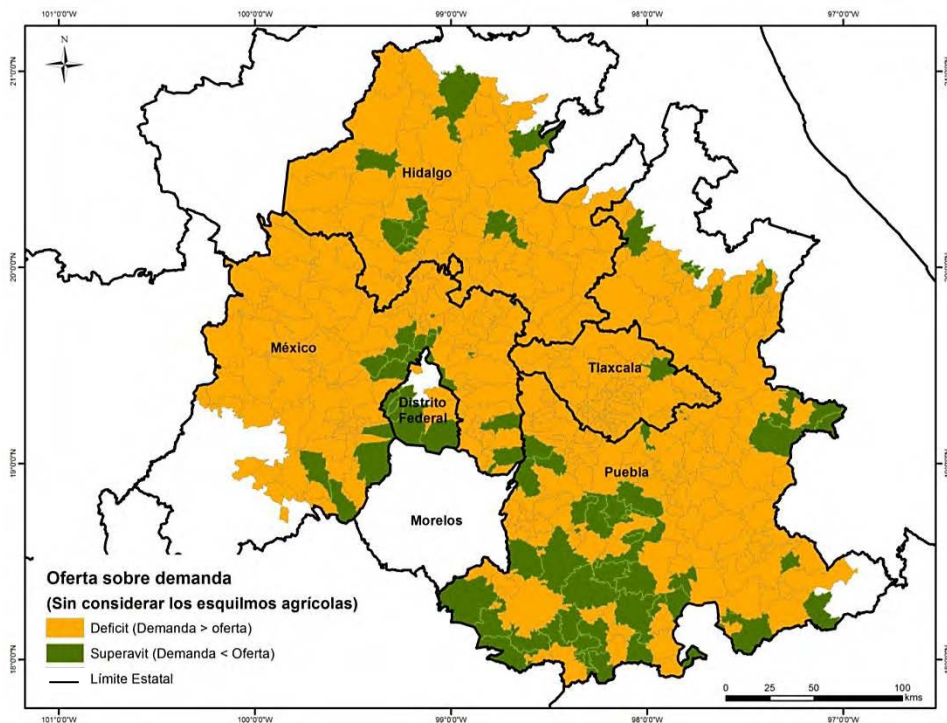


**Figura 2. Balance entre oferta/demanda de alimentos pecuarios considerando la aportación de los esquilmos agrícolas.**

**Fuente:** Elaboración propia con datos de diversas fuentes descritos en el apartado de metodología.

Por su parte, en la Figura 3 se presenta el escenario del balance de alimentos pecuarios en caso de no tomar en cuenta a los esquilmos agrícolas. Esto ilustra qué sucedería si en lugar de usarlos como forraje, se usaran como cobertura del suelo para implementar la AC. Lo anterior provocaría que toda la región de Valles Altos tuviera un estatus deficitario (con más de 5.2 millones de toneladas o del 45.7%). De los 60 municipios que conforman el estado de Tlaxcala, solo cinco mantendrían el estatus de superávit (Teolocholco, Terrenate, Tocatlán, Xaloztoc y San Francisco Tetlanohcan), debido, básicamente, a la alta producción de maíz forrajero y extensas zonas de agostadero. En el estado de

Puebla, de los 179 municipios que conforman la región Valles Altos, 30 municipios cambiarían su estatus de superávit a déficit, y 67 municipios mantienen el estatus de superávit, al dejar de contabilizar la aportación de los esquilmos agrícolas. En el Estado de México, 20 municipios mantendrían el estatus de superávit y 35 cambiarían de superávit a déficit. En Hidalgo 11, municipios se mantendrían con superávit y 15 cambiarían a déficit. Los municipios que no cambiarían su estatus del balance de superávit, independientemente de que se considere o no a los esquilmos agrícolas, tienen una alta relación de producción de forrajes y grandes extensiones de zonas de pastoreo.



**Figura 3. Balance entre oferta/demanda de alimentos pecuarios sin considerar la aportación de los esquilmos agrícolas.**

**Fuente:** Elaboración propia con datos de diversas fuentes, descritos en el apartado de metodología.

La importancia de los esquilmos en la ganadería regional, se explica en gran medida, porque muchos productores agrícolas en Valles Altos, también son ganaderos. En las 24 comunidades donde se realizaron las entrevistas semiestructuradas, se encontró que en todas existe una porción de la población que se dedica, tanto a la agricultura como a la ganadería, y que esta población representa el 90% del total de la localidad. Por su parte, de los 76 productores con Módulo en esta región, más de la mitad también cuentan con ganado. De hecho, algunos productores opinan que una situación ideal para ellos es combinar ambas actividades, sobre todo, considerando los beneficios en la relación entre agricultura y ganadería, los cuales se presentan a continuación:

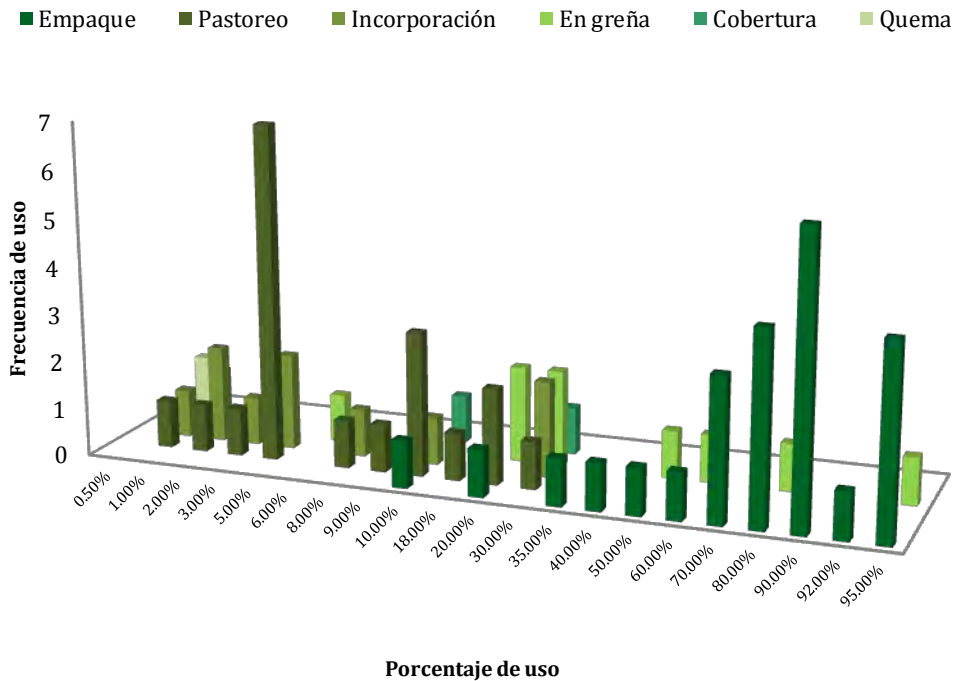
- Existe una relación complementaria en los tiempos que se dedican a la agricultura y a la ganadería que permite mantener ocupado al productor y a su familia durante todo el año.
- La relación entre las dos actividades promueve un mejor aprovechamiento de los productos agrícolas, ya que no solo se cosecha grano, sino también forraje.
- La agricultura apoya a la ganadería al producir el alimento que consumen los animales, lo cual permite reducir los gastos por concepto de compra de alimento para el ganado.
- La ganadería genera ingresos continuos y, en algunos casos, es la principal fuente de ingreso familiar. También funge como alcancía y facilita la disposición de efectivo.
- La ganadería produce el estiércol que se utiliza para abonar las parcelas y en algunos lugares se usa al ganado como tracción animal para las labores culturales, y como transporte.

- La ganadería le da un valor agregado a la agricultura, considerando el mayor precio de la leche y la carne, en comparación al grano de maíz.
- La ganadería aporta dinero en efectivo para la compra de semillas, fertilizantes, diesel o el pago de la mano de obra.
- La ganadería aprovecha las pérdidas de cosecha provocadas por malos temporales o malos manejos, y es usada para minimizar riesgos en zonas muy secas.

Como se pudo observar, los esquilmos agrícolas hacen que la agricultura contribuya a la ganadería, porque se convierten en el alimento que consumen los animales, lo que permite reducir los gastos de compra. Sin embargo, el aprovechamiento como forraje no es el único uso del rastrojo, como se podrá constatar a continuación.

## **2. Usos y manejos de los rastrojos en la región Valles Altos**

En la región Valles Altos se utilizan los residuos de cosecha del maíz, llamados en algunas localidades zacate y en otras clazol, y de cereales de grano pequeño, como avena, cebada y trigo, conocidos comúnmente como paja. Las modalidades de uso de los rastrojos son: el empaque, el corte manual de la planta completa (en “greña”), el pastoreo, la incorporación al suelo, el uso como cobertura y la quema. Estos usos y manejos difieren en frecuencia y porcentaje aprovechado por localidad (Figura 4); pero existe un patrón regional. El uso más frecuente es el empaque y los productores utilizan del 70 al 95% de los residuos de cosecha que obtienen. En segundo lugar está el pastoreo en porcentajes que fluctúan del 1 al 30%. En menor medida ocurre su incorporación al suelo, con porcentajes similares al pastoreo. El uso como cobertura de suelo varía entre el 1 y 30%. Finalmente, la quema de los rastrojos es esporádica, con valores menores al 5%. Los agricultores combinan varios usos, destinando diferentes porcentajes para cada uno de ellos. La combinación más común es que un productor empaque la mayor parte de su rastrojo (90%), después pastoree el ganado en la parcela (5%) y el rastrojo restante lo incorpore al suelo (5%).

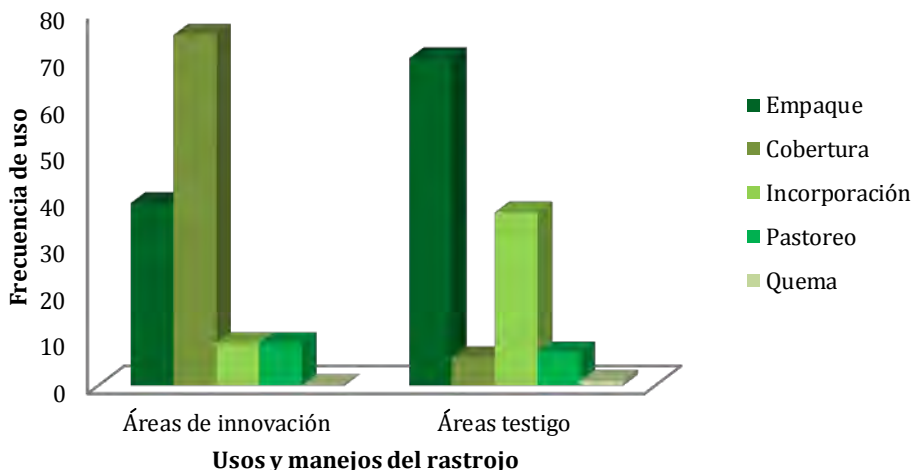


**Figura 4. Frecuencias y porcentajes destinados a cada tipo de usos de los rastrojos en Valles Altos.**

**Fuente:** Datos de campo.

Este patrón de uso se ha modificado en los Módulos MasAgro donde se implementa la AC. Dicho cambio es más notorio en las áreas de innovación, pero también ocurre en las áreas testigo. Como se puede observar en la Figura 5, la práctica dominante en las áreas de innovación de los Módulos es usar el rastrojo como cobertura, desplazando a segundo lugar al empaque. En tercer lugar se ubican, tanto la incorporación como el pastoreo. En estas áreas, los agricultores dejan comúnmente 30% de los residuos de cosecha en las parcelas y 70% lo empaican. En las áreas testigo de los mismos módulos, el empaque es el uso más común, siguiéndole la incorporación del rastrojo. El pastoreo se ubica en tercer lugar, superando a la cobertura. Finalmente se encuentra la quema, como una práctica mucho menor. A diferencia de lo que se presentó anteriormente como el

patrón regional, los productores de Módulo empacan y posteriormente incorporan los residuos de cosecha en sus áreas testigo. Todo lo anterior indica el cambio en el patrón de usos en los Módulos, donde se privilegia a la cobertura, que es uno de los tres principios de la AC. Sin embargo, eso no implica que el empaque, como uso dominante desaparezca, sino que disminuya el porcentaje destinado a él.



**Figura 5. Patrones de uso del rastrojo en los Módulos MasAgro durante los ciclos otoño-invierno 2010-2011 y primavera-verano 2011.**

Fuente: Datos de campo.

Los agricultores explican que existen ventajas y desventajas de cada uno de los usos (Cuadro 3), las cuales están relacionadas con el manejo del suelo y el manejo agronómico del cultivo. Asimismo, tienen relación directa con aspectos económicos y sociales inherentes al productor, como agricultor y como

agricultor-ganadero. También están estrechamente ligadas a las actividades productivas tradicionales en las unidades de producción.

**Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los diferentes usos de los rastrojos, expresadas por los agricultores.**

Uso y manejo	Ventajas	Desventajas
Empaque	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de ingreso/recurso económico.</li> <li>• Disponibilidad de alimentación para los animales.</li> <li>• Uso industrial y para el composteo.</li> <li>• Facilita las labores culturales.</li> <li>• Facilita el manejo de rastrojo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturación del mercado.</li> <li>• Compactación del terreno por el uso de maquinaria pesada.</li> <li>• El rastrojo tiene baja calidad nutricional como forraje.</li> <li>• Erosión y empobrecimiento del suelo.</li> </ul>
Greña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de autoempleo.</li> <li>• Hay mayor uso de mano de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil manejo por falta de maquinaria especializada.</li> <li>• Ocupa más espacio para su almacenamiento.</li> <li>• Pérdida de materia orgánica (MO) en el suelo.</li> </ul>
Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de costos por concepto de alimentación del ganado.</li> <li>• Disminución costos de producción (traslado de forraje, empaque).</li> <li>• Aportación de estiércol al suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactación, empobrecimiento y erosión del suelo.</li> <li>• Diseminación de maleza.</li> </ul>
Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce la erosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de maquinaria adecuada, promueve el pastoreo.</li> </ul>
Incorporación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene la MO y mejora el suelo.</li> <li>• Evita el pastoreo.</li> <li>• Facilita labores culturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promueve erosión (hídrica, eólica) del suelo.</li> <li>• Fomenta enfermedades, nematodos.</li> <li>• Los esquilmos compiten por nutrientes con los cultivos.</li> </ul>
Quema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de plagas, enfermedades y maleza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de MO.</li> </ul>

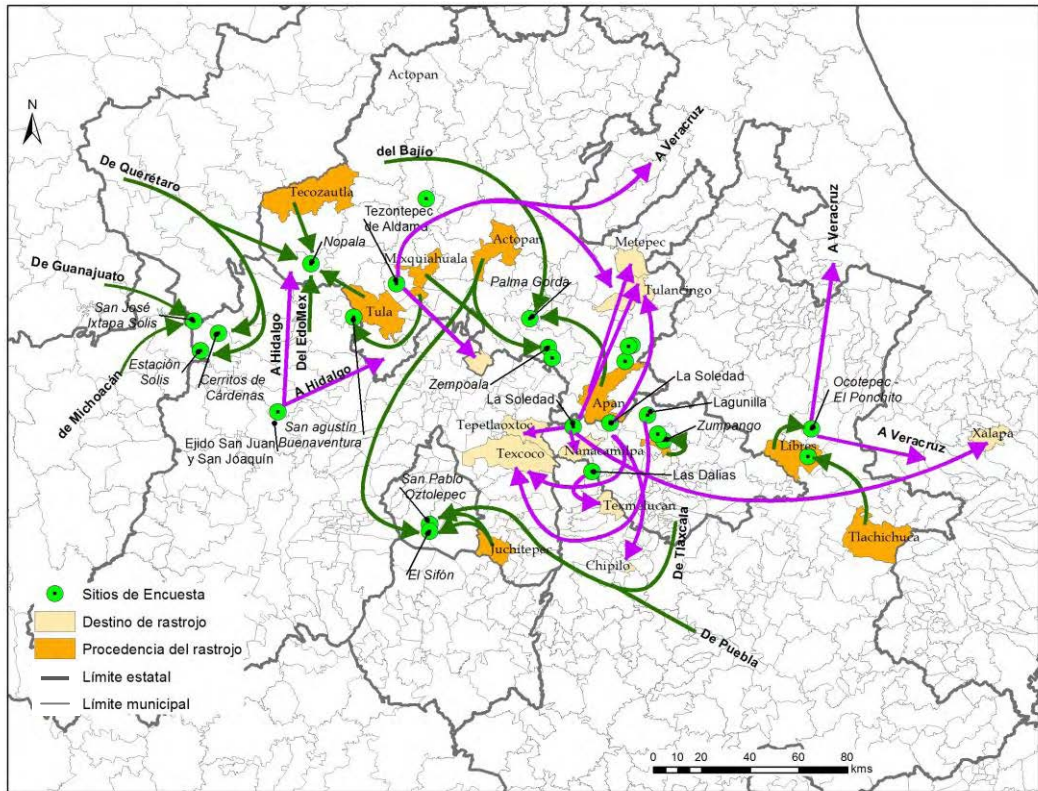
**Fuente:** Datos propios.



## **El empaque de rastrojo**

El empaque de rastrojos es relevante en esta región. Los procedimientos más comunes son: a) que el agricultor pague por el empaque a un maquilador, que es el dueño de la empacadora, o bien, b) que el agricultor empaque con su propia maquinaria. Ocurren situaciones en las que el maquilador cosecha tan pocas pacas, que el valor total de ellas no justifica el gasto de maquila. Del mismo modo, existen varios arreglos con relación al destino final de las pacas, tanto de maíz como de cereales grano pequeño. En ambos tipos de cereales los productores combinan la venta y el autoconsumo. Es decir, o venden la totalidad de las pacas, o se las quedan para autoconsumo, o una proporción la venden y la otra la usan para autoconsumo, todo esto en dependencia de la localidad, de si el productor tiene o no ganado, o de si necesita efectivo. Por ejemplo, en Coatepec, Hidalgo, el rastrojo de maíz se utiliza para el autoconsumo y el de cebada se vende. En San José Ixtapa, Estado de México, el 70% del maíz se vende y el 30% restante se consume y todas las pacas de cereal pequeño (llamado paja) se venden. En La Soledad, Tlaxcala, los agricultores-ganaderos venden las pacas en la época de cosecha y las compran en los periodos de escasez de forraje.

En el caso de venta de pacas, ésta se lleva a cabo siguiendo varios arreglos. Lo más común es que a los productores se les pague en efectivo, tanto en campo como en la bodega. Sin embargo, existen casos en que el comprador es también maquilador y el pago se da en especie con pacas (el productor recibe un tercio o la mitad de la cosecha). El mercado de pacas, tanto de maíz como de cereales de grano pequeño, es mayormente local. Sin embargo, también existe un comercio dentro de las localidades que constituyen las regiones y un comercio fuera de la región en otros estados de la República Mexicana, como es el caso de Veracruz para las localidades de Libres, Puebla (Figura 6). Es un comercio que tiene definidas épocas de oferta (durante la cosecha/el empaque) y de demanda (durante la época de estiaje cuando no hay pastos), que hace que el valor de una paca (tanto de maíz como de cereales pequeños) se duplique.



**Figura 6. Destino y procedencia de las pacas de rastrojo en la región Valles Altos.**

Fuente: Datos propios.

Finalmente, existen opiniones encontradas con relación a si existen o no conflictos, entre empacar el rastrojo y dejarlo como cobertura del suelo. Algunos resaltan el conflicto porque el rastrojo empacado es importante como forraje en la ganadería local y por los ingresos que implica venderlo. Asimismo, hacen referencia a otros motivos que indirectamente promueven el conflicto, porque en lugar de aprovechar el rastrojo (por venta o uso forrajero), este se pierde, debido al viento o al libre pastoreo. Otras opiniones señalan que no existen conflictos, ya que una parte del rastrojo se empaca y el restante se deja como cobertura.

## El pastoreo de los rastrojos

El pastoreo, actividad ampliamente practicada, ocurre en áreas de uso común y tierras de cultivo. Las áreas comunes son tierras cerriles, agostaderos, caminos, besanas o bordes. Muchas comunidades de esta región ya no cuentan con extensas áreas comunes, debido al reparto de tierras por el aumento de la población o porque las áreas cerriles se han designado como sitios de conservación ecológica, donde está prohibido el pastoreo.

En comunidades donde todavía existen agostaderos, ocurren diferentes situaciones; por ejemplo, algunas áreas son usadas mayormente durante el temporal, cuando no es posible pastorear las áreas de cultivo, como ocurre en Zempoala, Hidalgo. En otras comunidades se cuenta con áreas cerriles donde pastan los animales libremente y con áreas de agostaderos con un manejo mínimo (como las divisiones en potreros), tal como ocurre en Nopala de Villagrán, Hidalgo. Muchos productores mencionaron que los agostaderos están sobrepastoreados y que se necesita rehabilitar los pastos nativos. Por otro lado, existen comunidades sin grandes extensiones de uso común, en donde el pastoreo se efectúa en pequeñas superficies, como caminos comunales, besanas, melgas y bordos.

El pastoreo en áreas de cultivo ocurre después del empaque y antes de la siembra, es decir, de noviembre a marzo-abril. Sin embargo, también se observa en terrenos en descanso o en praderas naturales intercaladas en las áreas de cultivo, como Temascalcingo, Estado de México. Existen diversos arreglos en torno a este tipo de pastoreo. En algunas localidades donde la ganadería es importante, como en Libres, Puebla, esta actividad está muy controlada y se limita a terrenos propios. En otras áreas se paga al propietario de la parcela el derecho a pastorear, como sucede en Coatepec, Hidalgo. En otras localidades se sigue practicando el libre pastoreo, que consiste en que los pastores introducen a los rebaños a cualquier parcela de la comunidad. Desafortunadamente, en algunos casos el libre pastoreo causa fricciones entre los productores y los pastores, ya que los primeros se quejan de que los segundos se *“meten sin pedir permiso ni pagar derecho”*. Argumentando que: *“solo iban de pasadita”*.

Los pastores son en muchos casos los hijos o la esposa del agricultor-ganadero (Figura 7).



**Figura 7. Pastora en San Felipe del Progreso, Estado de México.**

También es común que los pastores sean personas de la tercera edad, discapacitadas o avecindadas. Los de edad avanzada se dedican a esta actividad *“porque ya no pueden hacer otras cosas”*. Hay jóvenes que se contratan como pastores en épocas en las que no tienen trabajo como jornaleros agrícolas. El pastoreo comienza a las 8:00, 9:00 o 10:00 a. m. y en ocasiones concluye a la 1:00 p. m., para reiniciar a las 3:00 p. m. y terminar alrededor de las 5:00 a 8:00 p.m., dependiendo de si hay rastrojo o tienen que ir a las áreas comunes. Los niños son pastores, a partir de que salen de la escuela hasta el atardecer. En la mayoría de los casos, se pastorea el ganado propio. Sin embargo, existen casos como en

Benito Juárez, Tlaxcala, en los que un pequeño porcentaje de pastores de la comunidad, también se dedica a pastorear el ganado “ajeno”. Los animales entran a las parcelas, no solo para comer el rastrojo, sino otras plantas como los quelites. La época de engorda del ganado en pastoreo (principalmente ovino y caprino), es después de la cosecha y hasta el inicio de la época de sequía; es decir, de diciembre a febrero. Durante la sequía es difícil alimentarlos y en la época de lluvias los animales pierden peso. Algunos pastores opinan *“que su actividad ya no es negocio porque todos los productores venden sus pacas y los comisariados ejidales prohíben pastorear las áreas comunes”*.

El conflicto entre pastoreo y el uso de rastrojo como cobertura es más palpable, sobre todo en la modalidad de libre pastoreo. En el foro de discusión con participantes que están aplicando o se interesan en la AC se identificó a esta actividad como uno de los tres principales problemas para implementar la AC. Algunas personas opinaron que no existen medidas efectivas para controlar el libre pastoreo, esto porque dicha actividad es parte de los usos y costumbres locales; también se argumentó que los pastores son “necios/groseros”, lo que se puede considerar como falta grave en términos de derechos humanos. Por el contrario, otras personas opinaron que prohibiendo el libre pastoreo, se dejaría de ayudar a los más vulnerables de la comunidad. Aun con este panorama, varios de los asistentes al foro opinaron que existen formas de controlar, de manera efectiva el libre pastoreo. Además del rastreo y el cercado, están la siembra inmediata después de la cosecha, o el pintado del rastrojo (que da la idea de estar envenenado), que son medidas que ya se aplican en la parcela. También se propusieron medidas aplicadas al sistema pecuario; por ejemplo, fomentar la producción de forrajes para alimentar el ganado estabulado.

Otras medidas mencionadas, de carácter coercitivo fueron: promulgación de una ley que permita castigar el libre pastoreo, la intervención de las autoridades ejidales y municipales, o bien, incluir una cláusula de “no libre pastoreo” en las reglas de operación de los programas gubernamentales. Sin embargo, las medidas propuestas con mayor frecuencia, fueron de negociación y acuerdos de asamblea o mediante negociaciones personales entre agricultor-pastor.

## El valor económico de los rastrojos en la producción agrícola

Ya que el maíz y la cebada fueron los cultivos más comunes en los Módulos MasAgro de la región Valles Altos, los cálculos económicos se enfocaron en estos cultivos, aunque algunos de los productores sembraron avena o triticale. Se utilizaron datos de 60 agricultores, de los cuales 42 cultivaron maíz y 18 cebada. Usualmente, los propietarios de Módulo cuentan con un área de innovación y un área testigo. Sin embargo, dos productores de maíz, solamente contaron con área de innovación. De los 60 agricultores, 60% cuenta con ganado de varios tipos: vacuno para carne o leche, ovino, caprino, aviar, porcino y equino. La principal fuente de ingresos de estos productores es la agricultura, con una contribución de 70% aproximadamente. El resto es aportado por la ganadería, por actividades fuera de la finca o por una combinación de ambas. La mayoría de los agricultores obtienen ingresos de estas tres fuentes.

Al momento de la siembra del ciclo primavera-verano 2011, 40% de los productores que iniciaba con AC, mantuvo los residuos de cosecha en su área de innovación, pero con porcentajes variados de cobertura. En cambio, en el área testigo, solo 7% de los agricultores dejó los residuos de cosecha. De los agricultores que practicaron AC, por lo menos un año, 73% contó con residuos, cubriendo entre 30 y 100% del suelo en el área de innovación (Cuadro 4). En su área testigo, solamente 12% de los agricultores contó con residuos al momento de la siembra.

**Cuadro 4. Porcentajes de rastrojo como cobertura de suelo al momento de siembra en los Módulos de agricultores practicando AC por lo menos un año, 2011.**

% residuos retenido en el suelo	Sistema de producción		
	AC	Testigo	Total
0	7	21	28
30	8	0	8
40	2	1	3
50	1	0	1
100	8	2	10
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>50</b>

Fuente: Datos propios.



Como se indicó en la sección anterior, los usos de los rastrojos son variados en la región, combinados en muchos casos (Cuadros 5 y 6). En las áreas de innovación, 77% de los productores dejó el rastrojo como cobertura, 40% lo empacó o lo usó en “greña” y 12% lo utilizó en pastoreo. En las áreas testigo, 83% de los productores usó rastrojo para forraje en pacas que en “greña”, 47% lo incorporó al suelo y 7% lo usó en pastoreo. En sus áreas agrícolas con manejo convencional del cultivo, 90% de los agricultores utilizó residuos como forraje o para su venta, como una fuente importante de ingresos. Muchos agricultores que no tienen ganado obtienen ingresos extra con la venta de sus rastrojos.

**Cuadro 5. Diferentes usos de residuos de maíz y cebada en Módulos con AC, 2011.**

Uso de residuo	Observaciones*	Promedio	Desv. Est.	Mín	Máx
Quema (%)	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Empaque (%)	24	67	24	30	100
Incorporación en suelo (%)	5	44	34	20	100
Cobertura de suelo (%)	46	78	29	20	100
Pastoreo (%)	7	20	32	0	80

\* Los productores señalaron varios usos, por lo que el número de observaciones es mayor al de agricultores.

**Fuente:** Datos propios.

**Cuadro 6. Diferentes usos de residuos de maíz y cebada en áreas testigo, 2011.**

Uso de residuo	Observaciones*	Promedio	Desv. Est.	Mín	Máx
Quema (%)	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Extracción (ej. pacas) (%)	48	93	9	70	100
Incorporación en suelo (%)	27	18	18	10	100
Cubertura de suelo (%)	4	59	43	15	100
Pastoreo (%)	5	55	44	5	100

\* Los productores señalaron varios usos, por lo que el número de observaciones es mayor al de agricultores.

**Fuente:** Datos propios.



Debido a que el temporal se presentó tardíamente, a lo que se sumó la presencia de heladas tempranas, el 2011 fue año agrícola malo en la región de Valles Altos, por lo que no todos los agricultores cosecharon grano. Los que cosecharon, obtuvieron rendimientos muy bajos cebada (Cuadro 7), de tal forma que los ingresos por la venta de grano no siempre cubrieron los costos de producción y el presupuesto parcial en algunos fue negativo. Los residuos de cosecha amortiguaron parte de las pérdidas.

Los presupuestos parciales de los cultivos de maíz y de cebada en el ciclo primavera-verano, se calcularon según el sistema de producción empleado (AC o manejo convencional practicado en el área testigo) y en función de si obtuvo grano o solo forraje.

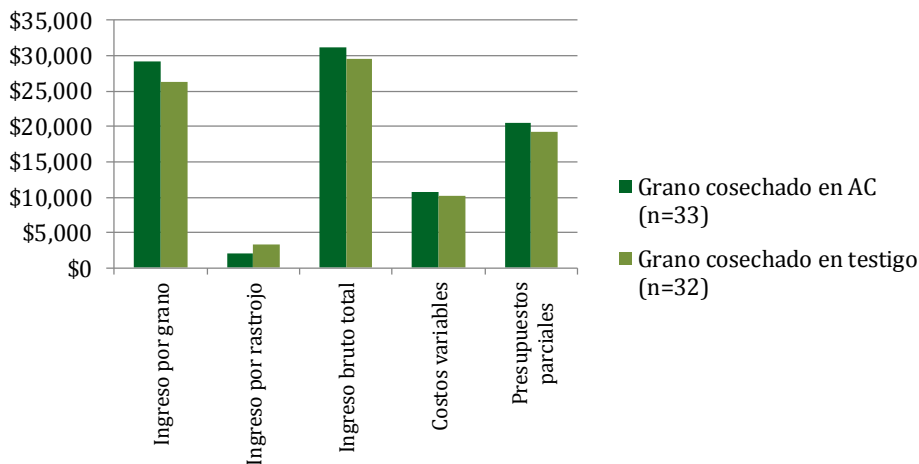
**Cuadro 7. Rendimiento de maíz y cebada (t ha<sup>-1</sup>) en el ciclo PV-2011, en caso de grano cosechado.**

Cultivo	AC		Testigo	
	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Dev. Est.
Cebada	1.2	0.7	1.1	0.6
Maíz	5.8	4.0	5.3	4.2

**Fuente:** Datos propios.

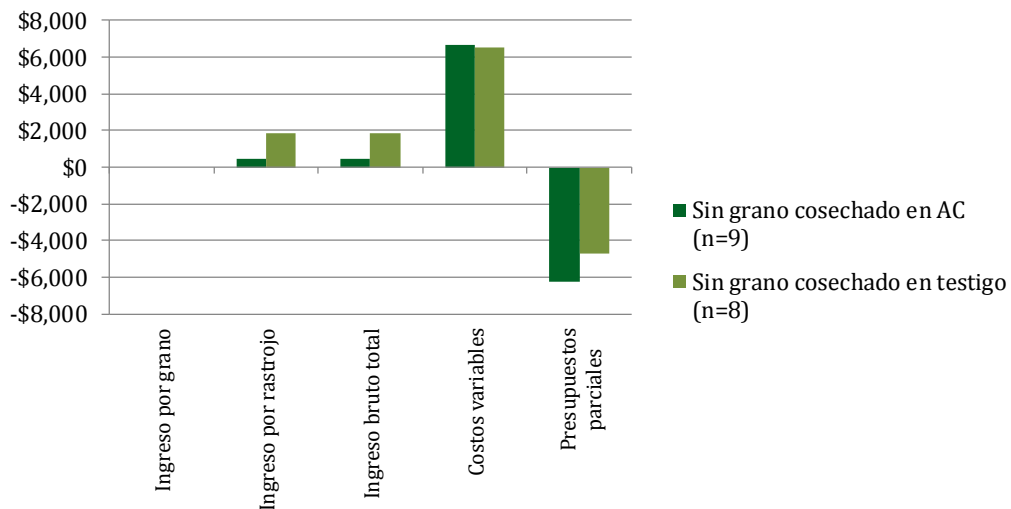
Para el caso de maíz, aquellos agricultores que cosecharon grano, obtuvieron presupuestos parciales positivos, aunque la desviación estándar fue alta, lo que significa que algunos agricultores obtuvieron altos rendimientos y otros bajos rendimientos. En cambio, en las áreas con AC, los presupuestos parciales de los que cosecharon oscilaron desde -9,741 a 6,0513 \$ ha<sup>-1</sup>. Quienes no cosecharon grano obtuvieron presupuestos parciales negativos y la venta de rastrojo se convirtió en una importante fuente de ingresos para reducir la pérdida en el área testigo (Figuras 7 y 8).

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 7. Presupuestos parciales del cultivo de maíz con obtención de grano en el ciclo PV, 2011 (\$ ha<sup>-1</sup>).**

Fuente: Datos propios.

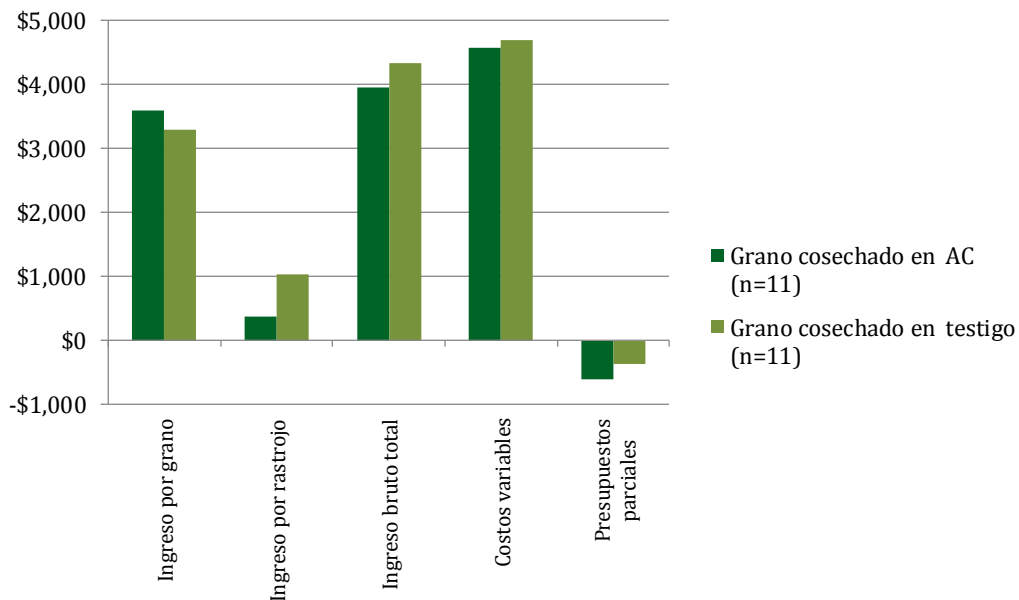


**Figura 8. Presupuestos parciales del cultivo de maíz sin producción de grano en el ciclo PV 2011, (\$ ha<sup>-1</sup>).**

Fuente: Datos propios.

En el cultivo de cebada la mayoría de los productores obtuvieron grano algo; sin embargo, la cosecha fue insuficiente para la inversión en muchos casos. Al igual que en maíz, la venta del rastrojo de cebada amortiguó las pérdidas, especialmente en el caso del área testigo (Figuras 9 y 10).

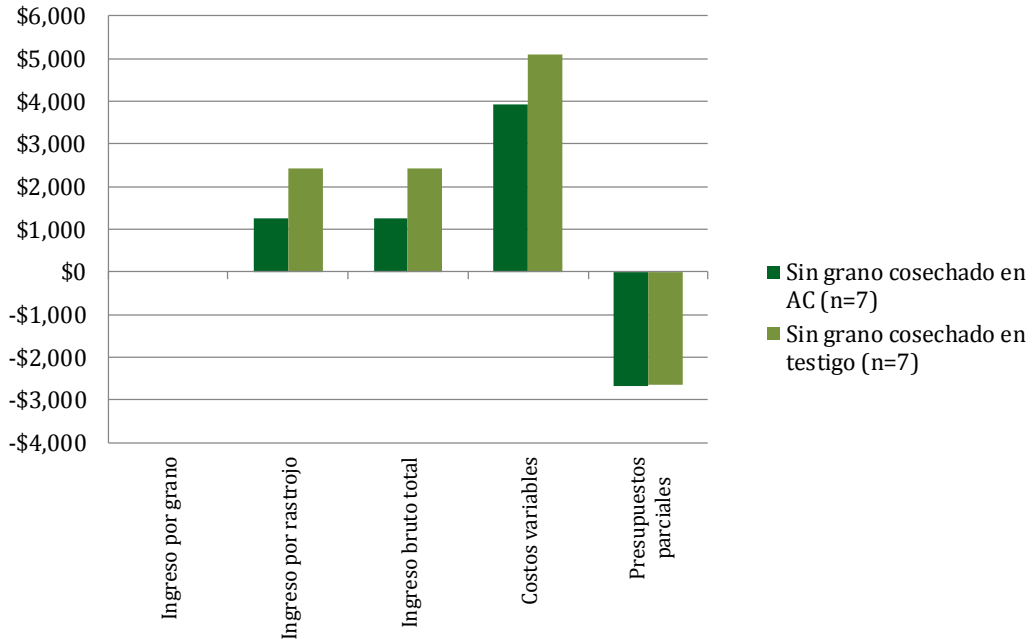
Al perder la cosecha de grano, los productores con AC tuvieron costos de producción más bajos que en las áreas testigo (aproximadamente 1,100 \$ ha<sup>-1</sup>), lo cual compensó el no haber vendido los residuos de cosecha. Eso indica un conflicto de intereses, entre reducir costos ahorrar costos de producción en AC vs. uso de residuos en el sistema convencional.



**Figura 9. Presupuestos parciales del cultivo de cebada con obtención de grano en el ciclo PV 2011, (\$ ha<sup>-1</sup>).**

**Fuente:** Datos propios.

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 10. Presupuestos parciales del cultivo de cebada sin producción de grano en el ciclo PV-2011, (\$ ha<sup>-1</sup>).**

Fuente: Datos propios.

## DISCUSIÓN

El uso del rastrojo como forraje en la región Valles Altos es uno de los grandes desafíos de su uso como cobertura del suelo en la implementación de la AC. Este tema es de alta importancia explícita en varios estudios en el mundo (Erenstein y Thorpe, 2009; Valbuena *et al.*, 2012), y en México (Erenstein, 1999; Hellin *et al.*, 2013). Como lo muestra la estimación del balance entre oferta y demanda de la región Valles Altos, el rastrojo contribuye con un 40% en la alimentación del ganado, siendo este porcentaje aún mayor en el Estado de México y en Tlaxcala. Esto se vuelve más crítico, considerando el déficit de alimentos pecuarios (incluyendo a los esquilmos agrícolas) en tres estados de la región (Hidalgo, Estado de México y Puebla) y 246 municipios. Lo anterior no excluye el hecho de que dentro de esta área existen localidades y municipios que

presentan un superávit y que en algunos casos exportan rastrojos a otras regiones.

Son varias las razones por las que el rastrojo juega un papel estratégico. La primera razón está vinculada con la diversificación de las actividades productivas de los pobladores de esta zona, quienes invierten tiempo y recursos, tanto en la agricultura como en la ganadería (Améndola *et al.*, 2006; McDermott *et al.*, 2010). Como lo expresaron los productores, existen varios beneficios de la vinculación entre la agricultura y la ganadería; entre ellos, la obtención de valor agregado de los cereales, la disponibilidad de capital y la reducción de costos/riesgo. También mencionaron beneficios relacionados con el empleo de mano de obra familiar, la complementación de tiempos dedicados a la agricultura y la ganadería, la disponibilidad de tracción animal y de estiércol. Todos estos beneficios son de gran relevancia, principalmente para los pequeños productores que manejan sistemas mixtos y que reducen sus riesgos mediante la mano de obra familiar y el mínimo uso de insumos externos (McDermott *et al.*, 2010).

Desde esta perspectiva, los residuos de cosecha de cereales se vuelven un recurso fácilmente accesible, que no implica ajustes en los patrones de cultivo, como pudiera pasar con los cultivos forrajeros, ya que la producción de granos permite, a su vez, el aprovechamiento de los rastrojos en una modalidad que algunos han llamado: cultivos de doble propósito (Lenné *et al.*, 2003). Lo anterior no ocurre con otras fuentes de forrajes de alta calidad como la alfalfa, que si se compran sus precios son altos o que para producirlos implica contar con recursos que no todos tienen (como es el riego constante y suficiente terreno para destinar un área en la producción de forraje). Esto hace que los rastrojos se destinen a la alimentación animal aun cuando es conocido su bajo contenido nutricional. Tan importantes son los esquilmos agrícolas en la alimentación animal que la mayoría de los productores de esta región empacan un gran porcentaje de su rastrojo; de hecho, algunos de ellos cuentan con equipo para empacar, o en su defecto, contratan el servicio de maquila bajo diferentes arreglos. Lo anterior indica la existencia de toda una organización en torno a la cosecha de los esquilmos agrícolas.

Esta organización también está presente en la comercialización de las pacas que ocurre bajo diferentes arreglos en relación a su cobertura geográfica y precios. Existe un mercado de esquilmos agrícolas que no solo es local sino que abarca otras áreas dentro de esta región o fuera de ella. Más aún, se presentan diferenciales de precio de venta que hacen que el valor comercial de una paca, tanto de maíz como de cereales de grano pequeño, se duplique en época de escasez. Como lo demuestra el análisis de presupuestos parciales, la venta de los residuos de cosecha en “años malos”, cuando la cosecha de grano es baja o nula, marca la diferencia entre pérdida total y pérdidas menores compensadas por la venta de pacas. Es el valor comercial del rastrojo como forraje, vinculado estrechamente a la importancia local de la ganadería, el que representa el factor principal que limita la implementación de la AC. Esto, aun cuando se perciba menos conflictivo que el pastoreo.

El pastoreo, como fuente de conflicto, reside en las fricciones que ocurren entre los agricultores y los pastores en varias regiones del mundo (Wall, 2009), entre ellas México (Erenstein, 1999), como Chiapas, donde el rastrojo se pastorea mayormente. En Valles Altos el porcentaje de rastrojo pastoreado en las parcelas de raramente supera el 10%; sin embargo, el conflicto se presenta cuando los pastores introducen al ganado a cualquier parcela sin pedir permiso o pagar por su uso (llamado libre pastoreo). Al igual que en otras partes del mundo (Valbuena *et al.*, 2012), en México se han presentado cambios en los derechos de uso de los rastrojos, que los han convertido de un bien público a un bien privado, sobre todo después de las reformas al Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (*Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada*). Lo anterior ha provocado que el libre pastoreo se siga realizando solo en algunas localidades, pero en otras, se pastorea en la parcela propia o solo con autorización del propietario. No obstante la reducción del libre pastoreo, el tema es complejo, ya que su prohibición se traduciría en la exclusión de pastores que en muchos casos son los más vulnerables de la comunidad.

Aun cuando el uso forrajero del rastrojo se considera como uno de los mayores desafíos de la adopción de la AC, no es el único reto. De acuerdo con los resultados de este trabajo, los productores de Valles Altos dan un manejo dinámico a sus rastrojos y eso permite cambiar los patrones de manejo. De hecho, eso es lo que ha venido ocurriendo con los módulos MasAgro en AC, en los que los productores han privilegiado su uso como cobertura de suelo. Sin embargo, el cambio en el uso del rastrojo se ha dado de manera muy incipiente, esto porque existen otros desafíos, además de rol como alimento pecuario. Uno de estos retos es la cultura actual de usos, costumbres y percepciones en torno al manejo de rastrojo y la necesidad de buscar estrategias de difusión y métodos de sensibilización sobre la importancia de su aprovechamiento como cobertura de suelo. Otros desafíos corresponden a problemas técnicos relacionados con el manejo del cultivo/rastrojo a los que se enfrentan los productores cuando dejan los residuos de cosecha como cobertura en la parcela y la necesidad de asistencia técnica para manejar nuevas prácticas. Además de estos retos, están las limitantes para la adopción de AC, como la baja disponibilidad de maquinaria especializada para cortar los residuos y sembradoras de precisión para grano pequeño.

## CONCLUSIÓN

Los residuos de cosecha juegan un papel importante en el sector agropecuario de la región de Valles Altos. En este capítulo se presentaron evidencias al respecto, pues se estima que los esquilmos contribuyen con el 40% en la alimentación pecuaria regional. Asimismo, se muestra que el patrón común de uso del rastrojo en la región es: el empaque, el pastoreo y el restante se incorpora al suelo. Además, existe un mercado de pacas de rastrojo bien establecido con canales de comercialización hacia otras regiones de México. De hecho, en años agrícolas malos, la venta de los esquilmos agrícolas amortigua las pérdidas que serían mayores si solo se comercializaran los granos. El pastoreo, por su parte, es una actividad que llevan a cabo los más vulnerables de la comunidad (los pastores). Son estos elementos, como la relación tan estrecha entre ganadería y agricultura, los que determinan la importancia del uso del rastrojo como forraje, considerando implicaciones de tipo económico y social en



esta región. No obstante la gran relevancia del uso del rastrojo como forraje, en la región ya se empieza a observar otros usos, entre ellos su incorporación al suelo o como cobertura, aunque el porcentaje de quienes han adoptado esta práctica no supere el 30%.

Un ejemplo de lo anterior son los productores con Módulo MasAgro, quienes han modificado sus patrones de manejo del rastrojo para cumplir con uno de los principios de la AC. Los Módulos se han convertido en áreas en donde el uso más común de los residuos de cosecha es la cobertura de suelo, aun cuando el rastrojo se sigue empacando en alta proporción. Lo anterior invita a reflexionar sobre el doble papel que podría jugar el rastrojo para practicar una agricultura sustentable en la región. Es menester seguir insistiendo para demostrar a los productores que el rastrojo vale tanto como alimento del suelo como para sus animales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Améndola, R.; Castillo, E., and Martínez, P. A. (2006). *Country Pasture / Forage Profiles*. Rome, IT. [en línea]. Disponible en: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/Mexico/Mexico.htm>>.
- Arriaga-Jordán, C. M.; García-Martínez, A.; Albarrán-Portillo, B.; Espinoza-Ortega, A., and Castelán-Ortega, O. A. (2003). Feeding strategies for rearing replacement heifers in small-scale dairy production systems in the highlands of Central Mexico. [en línea]. Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12797415>>. *Tropical animal health and production*, 35(3), 259-69.
- Beuchelt, T. D., and Badstue, L. (2013). Gender, nutrition- and climate-smart food production: Opportunities and trade-offs. doi:10.1007/s12571-013-0290-8. *Food Security*, 5(5), 709-721.
- Erenstein, O. (1999). *The Economics of Soil Conservation in Developing Countries: The Case of Crop Residue Mulching* (pp. x-301). Wageningen, NL: Wageningen University. [en línea]. Disponible en: <[http://www.sls.wau.nl/mi/mgs/publications/Mansholt\\_Studies /MS\\_14.htm](http://www.sls.wau.nl/mi/mgs/publications/Mansholt_Studies /MS_14.htm)>.
- Erenstein, O. (2003). Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. doi:10.1016/S0167-8809(03)00150-6. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100(1), 17-37.

- Erenstein, O.; Samaddar, A.; Teufel, N., and Blümmel, M. (2011). the Paradox of Limited Maize Stover Use in India'S Smallholder Crop-Livestock Systems. doi:10.1017/S0014479711000433. *Experimental Agriculture*, 47(04), 677-704.
- Erenstein, O.; Sayre, K.; Wall, P. C.; Hellin, J., and Dixon, J. (2012). Conservation Agriculture in Maize - and Wheat-Based Systems in the (Sub) tropics: Lessons from Adaptation Initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. doi:10.1080/10440046.2011.620230. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 180-206.
- Erenstein, O., and Thorpe, W. (2010). Crop-livestock interactions along agro-ecological gradients: a meso-level analysis in the Indo-Gangetic Plains, India. Disponible en: <<http://cgspace.cgiar.org/handle/10568/154>>. *Environment, Development and Sustainability*, 12(5), 669-689.
- Ferreiro, H. M. (1990). *Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal*. Morelia, Michoacán.
- Fuentes, M.; Govaerts, B.; De León, F.; Hidalgo, C.; Dendooven, L.; Sayre, K. D., and Etchevers, J. (2009). Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. [en línea]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030108001214>>. *European Journal of Agronomy*, 30(3), 228-237.
- Giller, K. E.; Witter, E.; Corbeels, M., and Tittonell, P. (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. doi:10.1016/j.fcr.2009.06.017. *Field Crops Research*, 114(1), 23-34.
- González M., S. S. (2009). *Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación del ganado*. SAGARPA-COLPOS. (p. 8). México, Distrito Federal, México. Sistemas de Agronegocios Pecuarios. [en línea]. [Consulta: Noviembre de 2013] Disponible en: <<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Aprovechamiento%20de%20esquilmos.pdf>>.
- Govaerts, B.; Sayre, K. D., and Deckers, J. (2005). Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting? doi:10.1016/j.fcr.2004.11.003. *Field Crops Research*, 94(1), 33-42.
- Hellin, J.; Erenstein, O.; Beuchelt, T.; Camacho, C., and Flores, D. (2013). Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12-21.
- Humberto, M.; Coronado, E.; Campana, S. E. La; Enrique, M. C. E.; Rubio, S.; Chetumal, C. E.; ..., and Royo, H. (2011). *Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo*. Manual de

- capacitación (p. 34). México, D. F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Disponible en :  
<[http://utep.inifap.gob.mx/pdf\\_s/MANUAL\\_AJUSTE\\_DE\\_CARGA.pdf](http://utep.inifap.gob.mx/pdf_s/MANUAL_AJUSTE_DE_CARGA.pdf)>.
- INE. (2002). *Cambio de uso del suelo y vegetación, 2000*. INE; SEMARNAT; UNAM. Mexico, D.F. [Consultado: 30 de diciembre de 2013]. Disponible en:  
<[http://mapas.inecc.gob.mx/#!/page\\_vegetacion](http://mapas.inecc.gob.mx/#!/page_vegetacion)>.
- INEGI. (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Preview.aspx?p=CA2007>>.
- Kassam, A.; Friedrich, T.; Shaxson, F., and Pretty, J. (2009). The spread of Conservation Agriculture: justification, sustainability and uptake. doi:10.3763/ijas.2009.0477. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7(4), 292–320.
- Lenné, J. M.; Fernandez-Rivera, S., and Blümmel, M. (2003). Approaches to improve the utilization of food–feed crops—synthesis. Disponible en:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001527>>. *Field Crops Research*, 84(1), 213–222.
- Macedo, R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) – pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. [en línea]. Universidad de Colima: tesis doctoral [Consultado: 24 de julio de 2012]. Disponible en:  
<[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Rafael%20Julio%20Macedo%20Barra gan%20DOCTORADO.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Rafael%20Julio%20Macedo%20Barra gan%20DOCTORADO.pdf)>.
- Magnan, N.; Larson, D. M., and Taylor, J. E. (2012). Stuck on Stubble? The non-market value of agricultural byproducts for diversified farmers in Morocco. doi:10.1093/ajae/aas057. *American Journal of Agricultural Economics*, 94(5), 1055–1069.
- McDermott, J. J.; Staal, S. J.; Freeman, H.; Herrero, M., and Steeg, J. (2010). Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.014. *Livestock Science*, 130(1-3), 95–109.
- Monterroso-Rivas, A. I.; Gómez-Díaz, J. D.; Tinoco-Rueda, J. A. y Toledo-Medrano, M. L. (2008). Sector Ganadero [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México [Consulta: 18 octubre 2013]. Disponible en:  
<[http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes\\_cuarta\\_comunicacion/Ganadero/Ganadero%201/Informe\\_final\\_del\\_sector\\_ganadero.pdf](http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes_cuarta_comunicacion/Ganadero/Ganadero%201/Informe_final_del_sector_ganadero.pdf)>.
- Ouma, E. A.; Obare, G. A., and Staal, S. J. (2004). *The Socio-economic Dimensions of Smallholder Livestock Management in Kenya and its Effects on Competitiveness of Crop- livestock Systems*. Paper contributed to the NARO Conference on “Integrated

- Agricultural Research for Development-Achievements, Lessons Learnt and Best Practice” to be held in September 1-4, 2004, Kampala, Uganda.
- Ramírez-López, A.; Beuchelt, T. D., y Velasco-Misael, M. (2013). Factores de adopción y abandono del sistema de agricultura de conservación en los Valles Altos de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(2), 195–214.
- Reyes-Muro, L.; Borja-Bravo, M.; Espinosa-García, J. A., y Vélez-Izquierdo, A. (2012). *Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío* (Proyecto MasAgro-CIMMYT, No. TTF-2012-041. Informe) (p. 115). México D. F.
- SAGARPA. (2007). *Expectativas de Producción y demanda de granos forrajeros* (pp. 1–23). México, D. F. SAGARPA. Disponible en:  
<<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Programa%20Nacion%20Pecuario/Attachments/3/agricola.pdf>>.
- SAGARPA-COTECOCA. (2002). *Coefficientes de agostadero por tipo de vegetación*. México, D. F. [en línea]. Disponible en :  
<[http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServletbe33.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletbe33.html)>.
- SIAP-SAGARPA. (2012). *Anuarios Agropecuarios 2012*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [en línea]. México, D. F. SIAP-SAGARPA. [Consulta: 3 de diciembre de 2013]. Disponible en:  
<[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=287&Itemid=430](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=287&Itemid=430)>.
- SIAP-SAGARPA. (2013). *Población Ganadera, Avícola y Apícola, 2002-2011*. Disponible en:  
<[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=330](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330)>.
- Thornton, P. K.; Kruska, R. L.; Henninger, N.; Kristjanson, P. M.; Reid, R. S.; Atieno, F., ... Ndegwa, T. (2002). *Mapping poverty and livestock in the Developing World*. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute. Disponible en:  
<<http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/fulldocs/mappingPLDW/index.htmorg>>.
- Valbuena, D.; Erenstein, O.; Homann-Kee, S.; Abdoulaye, T.; Claessens, L.; Duncan, A. J.; Gérard, B.; Rufino, A. C.; Teufel, N.; Rooyen, A., and Wijk, M. T. (2012). Conservation agriculture in mixed crop-livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Research*, 132, 175-184.
- Wall, P. C. (1999). Experiences with crop residue cover and direct seeding in the Bolivian highlands. *Mountain Research and Development*, 19:4, 313-317.
- Wall, P. C. (2009). Strategies to overcome the competition for crop residues in Southern Africa: some light at the end of the tunnel. In: 4<sup>th</sup> World Congress on Conservation Agriculture (pp. 65–70).



Foto: Dagoberto Flores Velázquez (CIMMYT)



# EL MERCADO Y LA CADENA PRODUCTIVA DE LOS RASTROJOS EN LA REGIÓN EL BAJÍO

CROP RESIDUE MARKET AND PRODUCTIVE CHAIN  
IN THE EL BAJÍO REGION



## Capítulo 4

# El mercado y la cadena productiva de los rastrojos en la región El Bajío

### Crop residue market and productive chain in the El Bajío region

*Alejandra Vélez Izquierdo\*, José Antonio Espinosa García, Mercedes Borja Bravo y Luis Reyes Muro. \*velez.alejandra@inifap.gob.mx*

#### RESUMEN

**S**e identifica y describe la oferta, demanda, comercialización y precios de los rastrojos en la región de El Bajío, México. A manera de introducción se presenta la importancia del estudio de mercado para determinar la oferta, la demanda y el proceso de comercialización, así como la existencia de la cadena productiva de los rastrojos y sus precios, con la finalidad de conocer los eslabones que la integran y las relaciones que se dan entre ellos a través de sus segmentos. Para la obtención de datos de campo se diseñaron y aplicaron cuestionarios a productores, intermediarios y consumidores (ganaderos), para lo cual se estimó un tamaño de muestra utilizando el método de muestreo simple aleatorio; con información del padrón de beneficiarios de PROCAMPO a un nivel de confiabilidad del 95%. El estudio permitió conocer los oferentes, que son los productores de maíz, trigo, cebada y sorgo, y los demandantes representados principalmente, por los productores de ganado bovino, ovino y caprino. Asimismo, se identificó el flujo comercial y los eslabones que integran la cadena productiva: proveedores de insumos, sistemas productivos, acopio, transformación, distribución y consumo. Como resultado del análisis fue posible conocer la existencia de un mercado de rastrojos en la región El Bajío, la caracterización de sus elementos y su importancia económica.

#### ABSTRACT

**T**he supply, demand, trade and prices of crop residues in the El Bajío region of Mexico are identified and described. As an introduction, the importance of market research to determine supply, demand and the marketing process is



presented, as well as the existence of a productive chain of crop residues, its prices, in order to know the links involved and relationships among them, through their segments. Field data was collected through questionnaires, designed and administered to producers, intermediaries and consumers (livestock producers), for which sample size was estimated by the simple random sampling method, with a confidence level of 95%, from a beneficiaries in the PROCAMPO list. The study identified the suppliers: maize, wheat, barley and sorghum producers, and the users: mostly cattle, sheep and goats producers. Regional trade flow and supply chain linkages were also identified, including input suppliers, production systems, purchasers, processors, distributors and consumers. Results from this analysis showed the existence of a market for crop residues in the El Bajío region, the characterization of its elements and economic importance.

## INTRODUCCIÓN

En una época de grandes cambios en la economía y de alta competitividad de los productos y servicios, es indispensable que los productores estén alertas a las exigencias y expectativas del mercado. Ante esta situación, un elemento clave para el desarrollo de una actividad productiva agropecuaria, es conocer el mercado, es decir, la demanda de los consumidores. Un estudio de mercado de productos agropecuarios, entre ellos los rastrojos (también llamados esquilmos agrícolas), que es el caso que nos ocupa en una zona altamente productora de granos y, por lo tanto, también productora de esquilmos, como es El Bajío.

Un estudio de mercado de este tipo, precisa conocer la oferta y la demanda de rastrojos, el proceso de comercialización, el papel de los intermediarios y la equidad de los beneficios en la cadena productiva.

Además de los aspectos mencionados, el estudio permite conocer el efecto del mercado de rastrojos en la sustentabilidad de la producción de granos en El Bajío, con el fin de identificar estrategias que permitan, por un lado, satisfacer la demanda de rastrojos como forraje y, por otro lado la demanda de los rastrojos para su uso como cobertura en la agricultura de conservación (AC).

## LA REGIÓN EL BAJÍO

El Bajío es una región geográfica y cultural ubicada al occidente de México. Comprende el territorio no montañoso del estado de Guanajuato, las llanuras situadas al oeste de la ciudad de Querétaro, los valles de Morelia y la Piedad en Michoacán, y las llanuras orientales de Jalisco. El Bajío está integrado por 26 municipios del estado de Guanajuato, 17 de Michoacán, 20 de Jalisco y 4 de Querétaro, con una superficie total de 34,541.94 km<sup>2</sup> (Figura 1).



**Figura 1. El Bajío de México.**

**Fuente:** Elaborado con información obtenida del Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) de INEGI (2009).

Históricamente El Bajío se ha caracterizado por su desarrollo en la actividad agrícola (Cárdenas, 1999 y Pineda, 2005), principalmente en la producción de granos. Según el INEGI (2009), la superficie destinada a la agricultura es de 1.3 millones de hectáreas, lo que equivale al 8.2% de la superficie agrícola del país. Del total de la superficie que se destina a la producción de granos en El Bajío, el 52.6% es para la siembra de maíz, el 29.7% para el sorgo, 12.9% para trigo y 4.7% para cebada. En la región, los rendimientos promedio de son más elevados que el promedio nacional, excepto para trigo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Superficie sembrada, producción y rendimiento de granos en El Bajío, 2008-2011.**

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
Maíz	510,774	1,869,547	3.66
Sorgo	288,262	1,535,642	5.32
Trigo	125,452	743,042	5.92
Cebada	45,977	257,158	5.59

Fuente: Elaborado con datos proporcionados con SIAP (2012).

Durante el periodo 2008-2011 se obtuvo una producción promedio de 1.87 millones de toneladas de maíz, que representan 8.7% de la producción nacional; de sorgo se produjeron 1.53 millones de toneladas, equivalentes al 23.5% del total nacional; de trigo y cebada se produjeron 743 mil y 257 mil toneladas, respectivamente, que representan 19 y 40.4% de la producción nacional (SIAP, 2012).

El Bajío se divide en subregiones definidas por los estados, donde se observan marcadas diferencias productivas entre ellas. Por ejemplo, en El Bajío de Guanajuato, el principal grano que se cultiva es el sorgo, seguido del maíz; asimismo, de esta subregión se obtiene el 78 y 91% de la producción total de trigo y cebada en el país. El Bajío de Michoacán y Querétaro sobresale por la producción de maíz y sorgo; mientras que El Bajío de Jalisco es prácticamente productor de maíz (Cuadro 2).

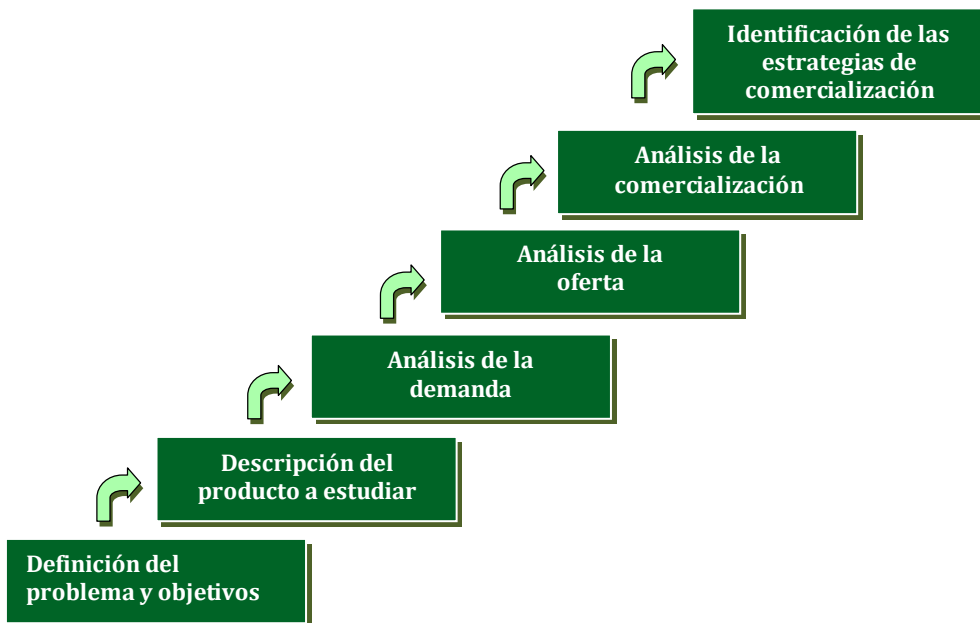
**Cuadro 2. Producción de granos en las subregiones de El Bajío, periodo 2008-2011.**

Subregiones	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada
Bajío de Guanajuato	916,316	1,263,572	576,551	235,251
Bajío de Michoacán	288,991	225,643	95,832	5,983
Bajío de Jalisco	586,599	26,328	70,005	3,129
Bajío de Querétaro	77,641	20,099	654	12,795
<b>Total</b>	<b>1,869,547</b>	<b>1,535,642</b>	<b>743,042</b>	<b>257,158</b>

**Fuente:** Elaborado con datos obtenidos de SIAP (2012).

### METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

El fundamento teórico en el que se basa la elaboración de un estudio de mercado (Kotler, 2001), consta de seis etapas (Figura 2), estas se adecuaron al estudio de mercado de rastrojos en la región de El Bajío y su descripción se presenta a continuación:



**Figura 2. Etapas de un estudio de mercado.**

**Fuente:** Kotler, 2001

## **Etapa 1. Definición del problema y objetivos**

El problema que motivó la realización del presente estudio es la escasez de información sobre el mercado de rastrojo como forraje en El Bajío y las interrelaciones que ocurren entre productores agrícolas, comercializadores y ganaderos.

Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes:

- Generar información sobre producción, consumo y comercialización de rastrojos en El Bajío, México.
- Realizar un análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío: oferta, demanda y proceso de comercialización.
- Identificar la cadena productiva (productores, intermediarios y consumidores), y el flujo comercial del rastrojo dentro y fuera de la región.
- Caracterizar el funcionamiento y roles de los actores económicos de la cadena y las relaciones socioeconómicas que ocurren entre los productores, intermediarios y ganaderos de El Bajío.

## **Etapa 2. Descripción del producto a estudiar**

Se realizó la revisión y análisis de información en fuentes oficiales, donde se recopilaron datos anuales estatales sobre producción y consumo de rastrojos. Ante la inexistencia de estudios de mercado de rastrojos se generaron estimadores de producción de volúmenes cosechados de grano y de MS. La estimación del consumo se basó en inventario ganadero y los consumos diarios promedio de cada especie (bovinos, ovinos y caprinos).

### **Etapas 3. Análisis de la demanda de rastrojos**

La demanda se define como el deseo de consumo por los individuos, respaldado por el poder adquisitivo (Ferguson y Gould, 1994). Está determinada por un conjunto de variables, entre las que sobresalen: el tamaño de la población, los gustos y preferencias de los consumidores, el precio del producto, el nivel de ingreso de los consumidores y la tendencia histórica. Para el análisis de la demanda de los rastrojos en El Bajío, que es la región de estudio, se aplicó una encuesta a una muestra de 200 productores pecuarios (quienes utilizan el rastrojo para la alimentación del ganado), la cual se estimó con base en el número de unidades de producción de ganado bovino en El Bajío (41,004). Los datos sobre la demanda de rastrojos se complementaron con información estadística de los inventarios de rumiantes (ovinos y caprinos) que existen en la región.

### **Etapas 4. Análisis de la oferta de rastrojos**

La oferta se define como el volumen del bien o servicio que los empresarios (en este caso los productores) colocan en el mercado para ser vendido. Los principales factores que determinan la oferta son: la tecnología (estado actual de la tecnología utilizada y el uso innovaciones tecnológicas), los precios de los insumos y de los factores productivos (tierra, trabajo y capital), inventarios, precios competitivos de los productos, y principalmente el precio del bien que se desea ofrecer (Varian H., 1992).

Para el análisis de la oferta de los rastrojos se aplicó una encuesta a una muestra simple aleatoria de 900 productores agrícolas (maíz, sorgo, trigo y cebada) de la región El Bajío, con base en el padrón de productores de maíz beneficiarios del PROCAMPO (Programa Directo de Apoyo al Campo), con un nivel de confiabilidad del 95%. El tamaño de muestra se calculó con la ecuación propuesta por Damián *et al.* (2010):

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 S_N^2}{Nd^2 + NZ_{\alpha/2}^2 S_N^2}$$

Donde:

$n$  = Tamaño de muestra.

$N$  = Tamaño de la población (102,192 unidades de producción de maíz).

$d$  = Precisión (15.4) estimado con información de rendimiento de maíz.

$Z_{\alpha/2}^2$  = Valor de Z en la tabla de distribución normal estándar, para confiabilidad del 95%.

$S_n^2$  = 236.5 estimada con rendimiento de maíz para cada municipio.

La producción (oferta) de rastrojos se complementó con datos estadísticos de la superficie sembrada y cosechada de los cultivos agrícolas de El Bajío.

### **Eta**pa 5. Análisis de la comercialización

La comercialización se entiende como el conjunto de acciones realizadas por una empresa o productor, con el objetivo de hacer llegar un producto terminado a los consumidores (Caldentey y Gómez, 1993), por lo que se deberán establecer los mecanismos e instrumentos que hagan posible la realización de este objetivo. El análisis de la comercialización se realizó con datos provenientes de encuestas aplicadas a 95 intermediarios en los centros de acopio y forrajeras de la región.





## RESULTADOS

### La oferta de rastrojos en la región de El Bajío

En El Bajío anualmente se produce un importante volumen de residuos de cosecha. Para estimar el total producido en la región, se consideró el porcentaje de grano y rastrojo de los cultivos maíz, sorgo, trigo y cebada. La información se integró con datos proporcionados por una muestra de productores agrícolas de El Bajío, complementados con información sobre volúmenes cosechados de los mismos cultivos reportados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012).

Los rendimientos en grano y rastrojo se presentan en el Cuadro 3. Nótese que estos rendimientos son mayores a los contenidos en el Capítulo 1. Esto se explica por las características de la agricultura en la región, entre ellas, la producción en condiciones de riego (45.9% de la superficie sembrada) y la siembra de semillas mejoradas (Donnet *et al.*, 2012).

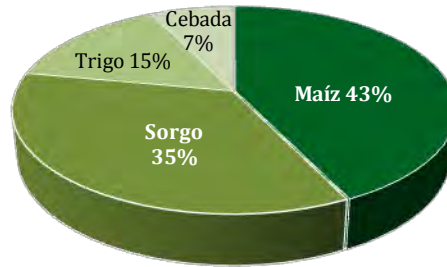
**Cuadro 3. Porcentaje de grano y rastrojo en los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada en El Bajío.**

Cultivo	Producción %	
	Grano	Rastrojo
Maíz	56.6	43.4
Sorgo	56.6	43.4
Trigo	60.0	40.0
Cebada	51.0	49.0

**Fuente:** Elaborado con información proporcionada por productores de maíz, sorgo, trigo y cebada.

La producción estimada de rastrojos derivada de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada en El Bajío, durante el periodo 2008-2011, fue de 3.35 millones de toneladas en promedio anual. En el Cuadro 4 se muestra la producción de rastrojo en los cuatro estados de El Bajío y en la Figura 3 la proporción de rastrojo que viene de los principales cultivos.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 3. Porcentaje de participación de la producción de residuos de cosecha por cultivo.**

**Fuente:** Elaborada con datos del SIAP (2012) y encuesta a productores.

**Cuadro 4. Producción de rastrojos de maíz, sorgo, trigo y cebada por subregión de El Bajío, periodo 2008-2011.**

Subregión	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada	Total
	toneladas				
Bajío de Guanajuato	702,617	968,887	384,366	226,024	2,281,894
Bajío de Michoacán	221,594	171,920	63,886	2,848	460,248
Bajío de Jalisco	449,625	20,020	46,669	3,072	519,386
Bajío de Querétaro	59,534	15,412	436	12,293	87,674
<b>Total</b>	<b>1,433,370</b>	<b>1,176,239</b>	<b>495,357</b>	<b>244,237</b>	<b>3,349,203</b>

**Fuente:** Elaborado con datos del SIAP (2012) y encuesta a productores.

### Características de los productores y unidades de producción

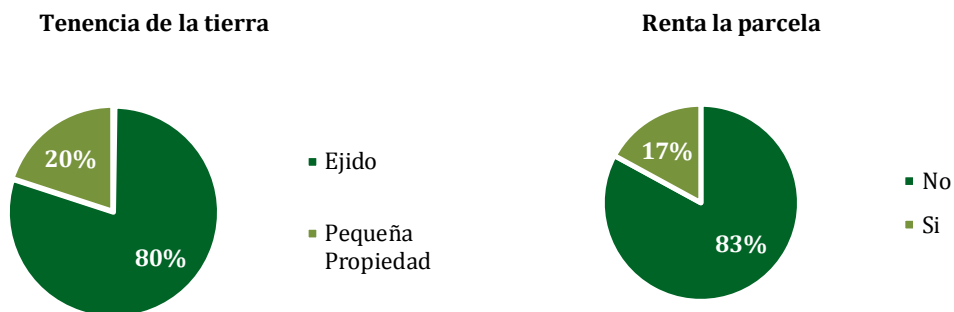
Del total de encuestados, la mayoría son hombres, con estudios de primaria y edad madura (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Características socioeconómicas de los agricultores en El Bajío.**

Edad Años	Sexo (%)		Escolaridad (%)				
	Hombre	Mujer	Sin estudios	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Universidad
56	95.69	4.31	18.73	53.23	15.89	5.56	6.58

**Fuente:** Datos del proyecto "Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío". 2012.

El tipo de tenencia de tierra predominante es ejidal con 80%; asimismo, del total de la superficie, 57% son tierras agrícolas y el resto agropecuarias, siendo Guanajuato y Querétaro los estados con mayor actividad agrícola. Aproximadamente una quinta parte de los productores, rentan su parcela (Figura 4). Los principales cultivos anuales que se producen son maíz y sorgo, en el ciclo primavera-verano (P-V), y trigo y cebada de riego, en otoño-invierno (O-I). La superficie promedio sembrada por agricultor, así como los rendimientos medios de grano y rastrojo de estos cultivos, se presentan en el Cuadro 6.



**Figura 4. Tipo de tenencia de la tierra y uso de la misma, El Bajío.**

Fuente: Con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 6. Cultivos generadores de rastrojo en El Bajío.**

Ciclo agrícola	Cultivos	Superficie sembrada (ha)	Rendimiento			
			(t ha <sup>-1</sup> )		(%)	
			Grano	Rastrojo	Grano	Rastrojo
Primavera-Verano	Maíz grano (Riego)	7.40	8.77	5.77	60.32	39.68
	Sorgo grano (Riego)	7.30	9.05	7.54	54.55	45.45
	Maíz grano (Temporal)	4.66	3.37	2.69	55.61	44.39
	Sorgo grano (Temporal)	3.93	4.00	3.16	55.87	44.13
Otoño-Invierno	Trigo grano (Riego)	5.28	6.39	4.49	58.73	41.27
	Cebada grano (Riego)	5.95	6.40	4.26	60.04	39.96

Fuente: Derivado del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”. 2012.

De los productores participantes en el estudio, un porcentaje elevado combina la actividad agrícola con la ganadera, lo cual los define como productores y usuarios de rastrojos. De acuerdo con el tipo de tenencia de la tierra (fundamentalmente ejidal), los rendimientos de los cultivos son altos, lo cual se atribuye al uso de agua de riego.

### **Tecnología de producción agrícola**

En los Cuadros 7 a 7j se presentan datos sobre los componentes tecnológicos que utilizan los productores en El Bajío para la producción de los cuatros cultivos que se incluyeron en el presente estudio. Los componentes analizados fueron: preparación del terreno, tipo de semilla, método de siembra, fuente de agua, labores de cultivo, fertilización, control de maleza y plagas, cosecha, uso de rastrojos, rotación e intercalación de cultivos.

Independientemente del cultivo, la tecnología comprende prácticas convencionales, con predominio de barbecho, uso de semilla mejorada, siembra convencional, fertilización química, control químico de maleza y plagas, aplicación de estiércol y cosecha mecanizada. Respecto a las prácticas de la AC, poco más de la mitad de los productores encuestados manifestó que usan rastrojos en la agricultura, principalmente incorporados, el 90% hace rotación de cultivos y solo 4% establecen cultivos intercalados.

**Cuadro 7. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: preparación del terreno.**

<b>Componente</b>	<b>Práctica</b>	<b>(% de productores que lo realiza)</b>
<b>Preparación del terreno</b>	Barbecho (arado)	80
	Rastra	76
	Subsuelo	0

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7a. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: tipo de semilla.**

Componente	Tipo	(% de productores que la usa)
Semilla	Criolla	19
	Mejorada	78
	Ambas	3

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7 b. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: métodos de siembra.**

Componente	Método	(% de productores que lo realiza)
Método de siembra	Tradicional	69
	Agricultura de conservación	6
	Ambas	25

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7c. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: fuente de agua.**

Componente	Fuente	(% de productores que lo usa)
Fuente de agua	Lluvia	34
	Presa	20
	Pozo	31
	Más de uno	14
	Otro	1

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7d. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: tipo de riego.**

Componente	Tipo	(% de productores que lo usa)
<b>Tipo de riego</b>	Goteo	1
	Aspersión	3
	Rodado	57
	Ninguno	39

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7e. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: labores de cultivo.**

Componente	Método	(% de productores que lo realiza)
<b>Labores de cultivo</b>	Deshierbe manual	34
	Escarda	57

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7f. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: fertilización.**

Componente	Tipo	(% de productores que lo realiza)	
<b>Fertilización</b>	Fertilización química	Al suelo	86
		Al follaje	3
	Biofertilizante		16
		Lombricomposta	2
		Estiércol	38
	Fertilización orgánica	Estiércol más Lombricomposta	2
		Otro	5
	Total	47	

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7g. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: control de maleza.**

Componente	Método	(% de productores que lo realizan)
Control de maleza	Herbicida	85
	Escarda	78
	Manual	15

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7h. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: control de plagas.**

Componente	Método	(% de productores que lo hace)
Control de plagas	Biológico	1
	Químico	85

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

**Cuadro 7i. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: cosecha.**

Componente	Método	(% de productores que lo realiza)
Cosecha	Manual	25
	Mecánica	67
	Ambos	2
	Sin datos	6

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.



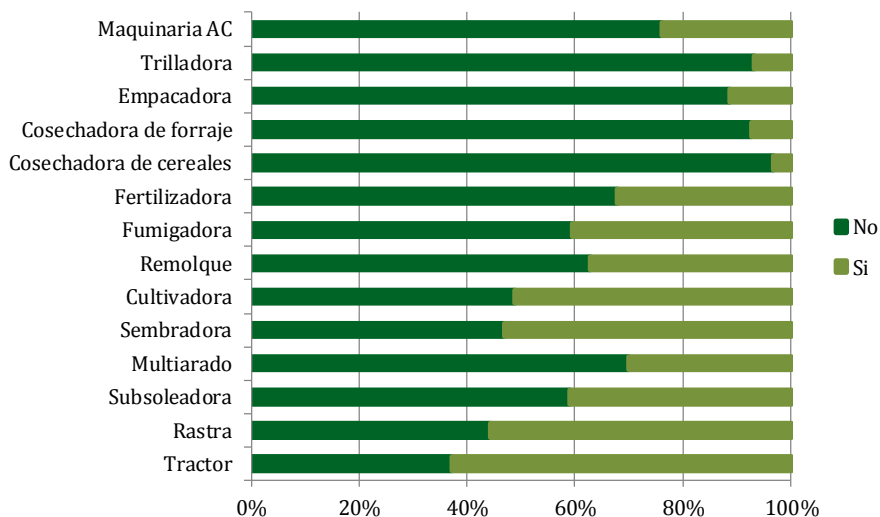
**Cuadro 7j. Componentes tecnológicos en la producción de grano y rastrojo en El Bajío: prácticas de la AC.**

Componente	Práctica	(% de productores que lo realiza)	
Práctica de la AC	Uso de residuos	Cobertura	15
		Incorpora	50
	Rotación de cultivos		91
	Cultivos intercalados		4

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

### Disponibilidad de maquinaria agrícola

Más de 50% de los productores posee tractor, rastra, sembradora y cultivadora; más del 20%, multiarado, remolque, fumigadora, fertilizadora, equipo para AC; más del 80%, no dispone de trilladora, empacadora, ni cosechadora de forraje y cereales (Figura 4).

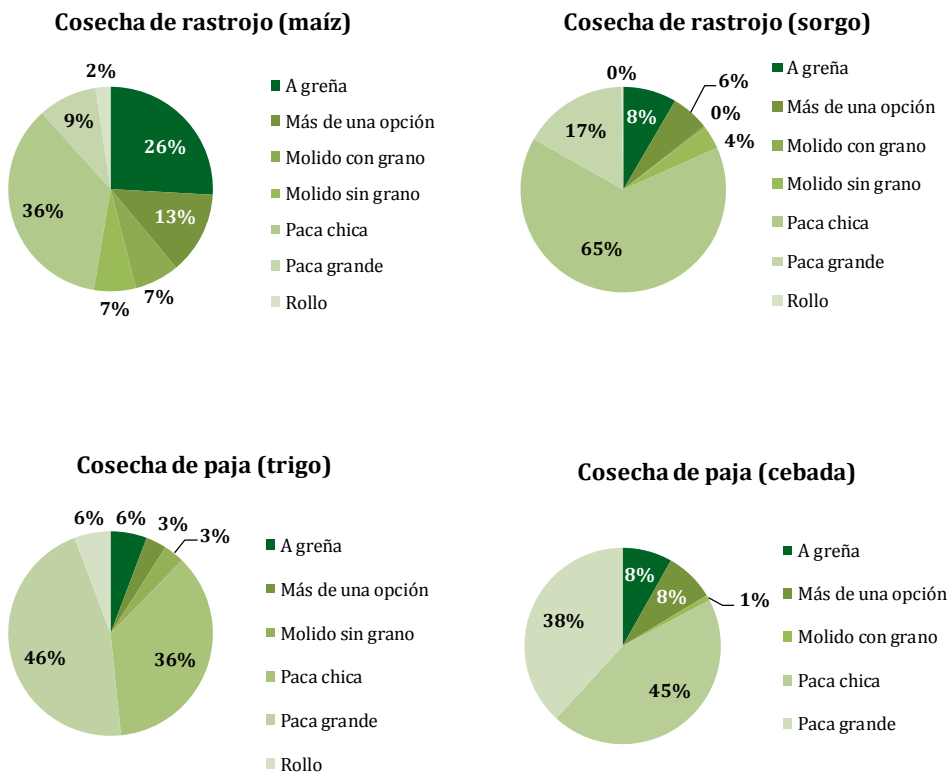


**Figura 4. Disponibilidad de maquinaria agrícola en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

## La cosecha de rastrojo y pajas

Aproximadamente un tercio de los productores de maíz y trigo, dos tercios de los de sorgo, y cerca de la mitad de los de cebada, hacen pacas de rastrojo de 25 a 30 kg. Las pacas grandes son de 350 a 450 kg, preferentemente de pajas de trigo y cebada (Figura 5).



**Figura 5. Presentaciones de rastrojo y pajas en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

## La demanda de rastrojos en la región de El Bajío

La demanda de rastrojos, al igual que la oferta, está determinada por la ganadería en la región, incluyendo bovinos, ovinos y caprinos, así como por las características de los ganaderos. A continuación se describen los factores que intervienen en la demanda:

### Inventario ganadero en El Bajío

En El Bajío, la ganadería forma parte de las actividades agropecuarias de la región. Según el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI, 2007), esta región cuenta con 1.07 millones de cabezas de ganado bovino, 428 mil de ovinos y 281 mil de caprinos, lo que da un total de 1.78 millones de cabezas de ganado que consumen aproximadamente 6 millones de toneladas de MS. Al considerar que el 24% de la MS proviene de los esquilmos agrícolas (Villegas *et al.*, 2001), se estima que El Bajío utiliza 1.45 millones de toneladas de rastrojos para la alimentación de estas tres especies. Otra especie pecuaria importante en esta región es el ganado porcino, sobre todo en los estados de Jalisco y Guanajuato, la cual demanda principalmente granos forrajeros, no rastrojos.

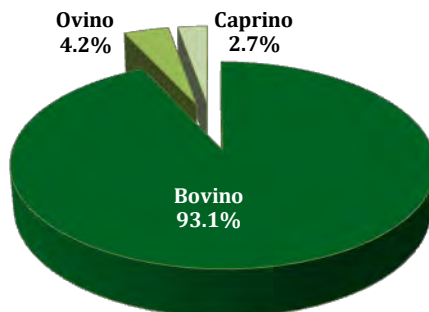
Respecto al ganado consumidor de esquilmos agrícolas, El Bajío Guanajuatense cuenta con más de 300 mil cabezas de bovinos (35% del total de la región) y se distingue por tener el mayor hato de caprinos y ovinos. Los municipios con mayor cantidad de cabezas de ganado bovino son: Salvatierra, León y Pénjamo; de ovinos, Salvatierra, Irapuato y Valle de Santiago, y de caprinos, Irapuato, Pénjamo y Valle de Santiago.

En El Bajío de Michoacán existen 16 mil cabezas de ganado bovino, 38.5 mil de caprino y 5 mil ovino. El estado de Michoacán se distingue a nivel nacional como uno de los principales productores de caprinos (para carne, leche y de doble propósito). El municipio con mayor cantidad de cabezas de ganado bovino es Tanhuato; de ovinos, destacan los municipios de La Piedad, Purúandiro y Zacapu, y de caprinos, Ecuandureo, Tanhuato, Puruándiro y La Piedad.

El Bajío de Querétaro tiene cuatro municipios, donde predomina el ganado ovino, entre los que sobresale El Marqués (Cuadro 8). Otro municipio cercano a El Marqués es Ezequiel Montes, en el cual se observa una alta población de ganado bovino para la producción de carne. De ahí la importancia de la comercialización local de rastrojos.

### Consumo aparente de materia seca y rastrojo en El Bajío

Como se mencionó en el apartado anterior, en El Bajío se estimó un consumo de 1.45 millones de toneladas de rastrojo. De este gran total, el 93% es consumido por el ganado bovino, el 4.2% por el ovino y el resto por el caprino (Figura 6).



**Figura 6. Porcentaje de rastrojo consumido por especie animal en El Bajío.**

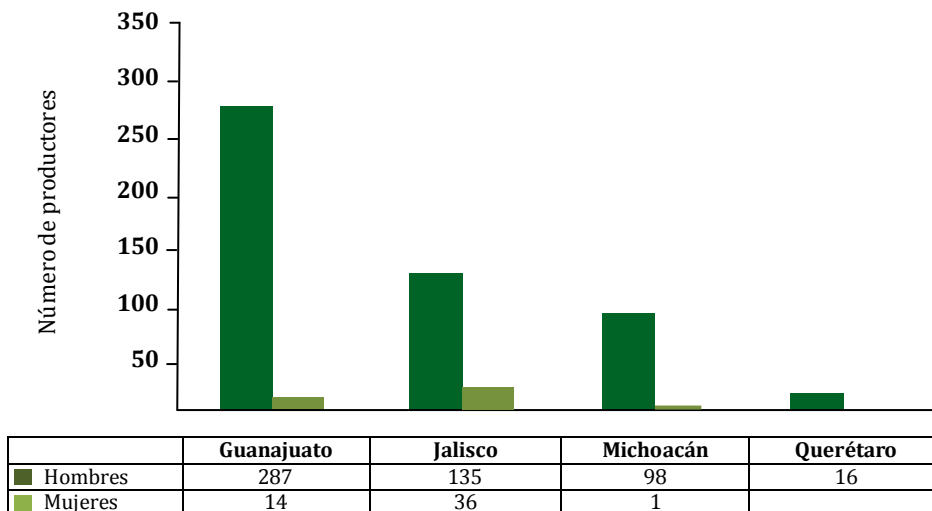
**Fuente:** Elaborada con información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. INEGI (2007), INIFAP (2010); Galaviz *et al.* (2011); Gasque (2008); Villegas *et al.* (2001) y SAGARPA (2008).

En el mercado de esquilmos agrícolas en El Bajío los principales actores son los ganaderos, que son quienes demandan los rastrojos. En la región fueron identificados dos tipos de ganaderos: los que solo se dedican a las actividades pecuarias, y los agricultores que tienen ganado. Para la obtención de datos fueron aplicadas 200 encuestas a ganaderos, y de la encuesta que se aplicó a los agricultores, se extrajeron datos de 370 de agricultores-ganaderos. Por tanto, los resultados presentados en este apartado provienen de 570 encuestas. A

continuación se presentan las principales características socioeconómicas y técnico-productivas de esta muestra.

### Caracterización socioeconómica de los productores de ganado.

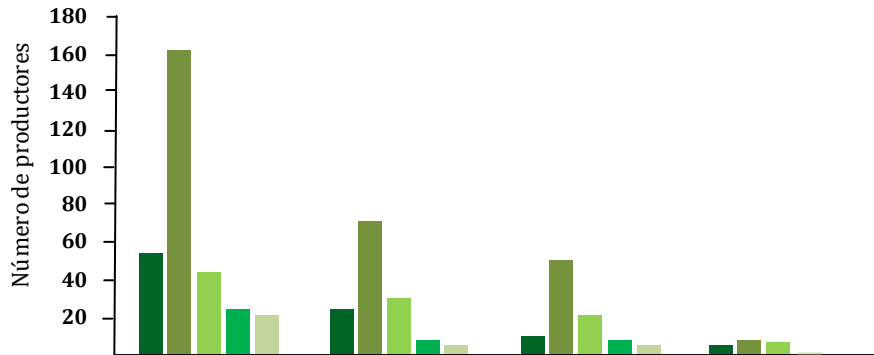
De acuerdo con los datos de las encuestas, Guanajuato es el estado de El Bajío que cuenta con más productores de ganado, seguido de Jalisco, Michoacán y Querétaro. En todos los estados la mayor proporción son hombres, con grado de escolaridad principalmente de primaria (Figuras 7a y 7b).



**Figura 7a. Género de los ganaderos en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en el Bajío”, 2012.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



	Guanajuato	Jalisco	Michoacán	Querétaro
■ Sin primaria	56	25	10	4
■ Primaria	163	72	55	6
■ Secundaria	44	28	21	5
■ Preparatoria	25	8	8	1
■ Profesional	22	6	5	

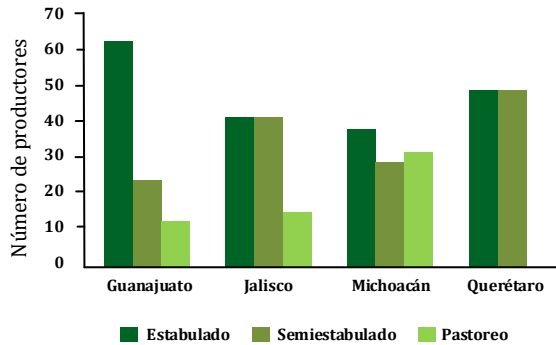
**Figura 7b. Grado de escolaridad de los ganaderos en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en el Bajío”, 2012.

Un factor que impacta el uso de rastrojos en El Bajío es el sistema de producción, ya que en un sistema estabulado los animales consumen mayor cantidad de rastrojos que en pastoreo. En la Figura 8 se puede observar, que en el estado de Guanajuato predomina el sistema estabulado; en Querétaro y Jalisco ambos, estabulado y semiestabulado, y en Michoacán el pastoreo tiene relevancia.

Respecto a la edad de los productores, en el Cuadro 8 se observa que en los estados Guanajuato, Jalisco y Querétaro supera los 50 años, no así en Michoacán, donde son productores más jóvenes. Con relación al número de integrantes por familia, Guanajuato y Querétaro posee 6, Jalisco 5 y Michoacán 4 miembros.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 8. Sistemas de producción predominantes de los ganaderos en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en el Bajío”, 2012.

**Cuadro 8. Características socioeconómicas de los ganaderos y sistemas de producción en El Bajío.**

Variable	Guanajuato		Jalisco		Michoacán		Querétaro	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Edad (años)	55	14	54	12	49	13	56	16
Integrantes por familia	6	3	5	2	4	2	6	3
Hato total (No. Cabezas)	42	125	61	81	26	43	36	23
Bovinos (No. cabezas)	20	46	54	64	12	19	9	16
Consumo de rastrojo/ bovino/día (kg)	8.5	7.6	5.1	6.8	5.5	7.3	3.9	4.9
Ovinos (No. cabezas)	15	45	9	47	7	18	13	28
Consumo de rastrojo/ ovino/día (kg)	0.8	1.3	0.3	0.7	0.6	1.3	0.5	1.0
Cabras	10	33	2	12	6	38	6	15
Consumo de rastrojo/ cabra/día (kg)	0.6	2.5	0.14	0.3	0.2	0.8	0.2	0.8

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.



El promedio de animales por productor difiere de un estado a otro (ver los valores superiores al promedio de las desviaciones típicas). Jalisco es el que presenta el mayor número y Michoacán el menor (Cuadro 7). De las especies pecuarias con que cuentan los ganaderos, el ganado bovino es superior al resto de las especies, siendo Jalisco el estado que cuenta con mayor número de bovinos y Querétaro, el menor; de ovinos y caprinos, Guanajuato es el estado con mayor número de animales.

Para estimar la demanda de rastrojos se requiere del análisis de la variable consumo por animal. En el estado de Guanajuato es donde se suministra la mayor cantidad de forraje por animal por día, siendo el suministro 8.5, 0.8 y 0.6 kg de rastrojo para bovinos, ovinos y caprinos, respectivamente, probablemente debido a la disponibilidad de este insumo en la entidad. En cambio, el estado que proporciona la menor cantidad de rastrojo por animal por día para bovinos es Querétaro, y para ovinos y caprinos Michoacán.

Al realizar un análisis de las características socioeconómicas de los ganaderos por sistema de producción, no se observan diferencias significativas en edad y número de integrantes por familia (Cuadro 9). Por el contrario, sí se detectan diferencias significativas en cuanto al número de cabezas de ganado por productor y al consumo de rastrojo por animal/día, que es mayor en sistema estabulado: en el caso de ovinos el consumo de rastrojos por día es 1200% mayor que el consumo en el sistema de pastoreo.

En El Bajío, la producción de rastrojo (forraje) está relacionada directamente con la producción de granos. Por lo tanto, el productor agrícola que también posee ganado puede satisfacer sus requerimientos con los esquilmos generados en su parcela, pero puede suceder que no los cubra y tenga la necesidad de comprarlos.

La demanda de rastrojos está representada por las diferentes cantidades que los ganaderos están dispuestos a comprar para alimentar a su ganado. Casi dos tercios de los ganaderos de la región El Bajío practican dos actividades: una actividad agrícola, que en El Bajío está muy asociada a la producción de granos y,

por lo tanto, produce rastrojos, y una actividad ganadera, dentro de la cual puede comprar rastrojos.

**Cuadro 9. Características socioeconómicas de los ganaderos por sistema de producción en El Bajío.**

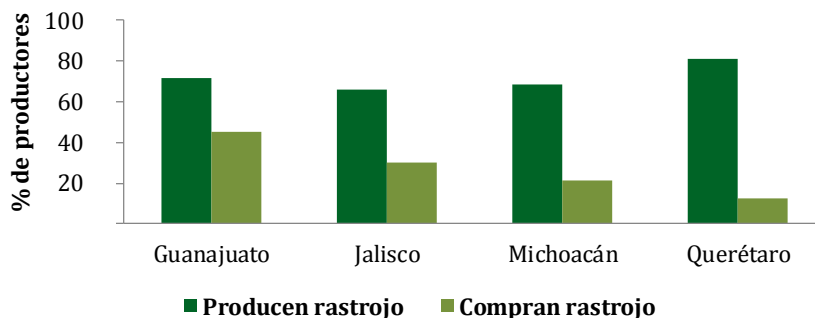
Variable	Estabulado		Semi estabulado		Pastoreo	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Edad (años)	51	12	51	13	51	15
Integrantes por familia	6	3	5	2	5	2
Hato total (No. cabezas)	48	86	53	75	58	87
Bovinos (No. cabezas)	38	41	57	79	56	77
Consumo de rastrojo/ bovino/día (kg)	9.3	7.1	8.0	9.4	5.2	5.8
Ovinos (No. cabezas)	20	67	7	16	2	5
Consumo de rastrojo/ ovino/día (kg)	1.2	1.6	0.4	0.8	0.1	0.3
Cabras	15	43	5	14	3	8
Consumo de rastrojo/ cabra/día (kg)	0.4	1.4	0.25	0.4	0.2	0.7

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

En la Figura 9 se observa que el porcentaje de ganaderos que producen mayor cantidad de forraje son del estado de Querétaro, con valores cercanos al 80%; Guanajuato, por su parte, es el estado con el mayor porcentaje de productores que, además de producir forraje, acuden al mercado para comprarlo.

Lo anterior se explica por dos razones: por un lado, son ganaderos con mayor número de cabezas, pero además tienen menor superficie de terreno, y por el otro, influye también en su decisión de compra la gran cantidad de rastrojo disponible en el estado, situación que no ocurre, por ejemplo, en Querétaro y Michoacán, donde la demanda mayor de rastrojo es mayor el precio también es más alto.

### Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 9. Mercado de rastrojos en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborado con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

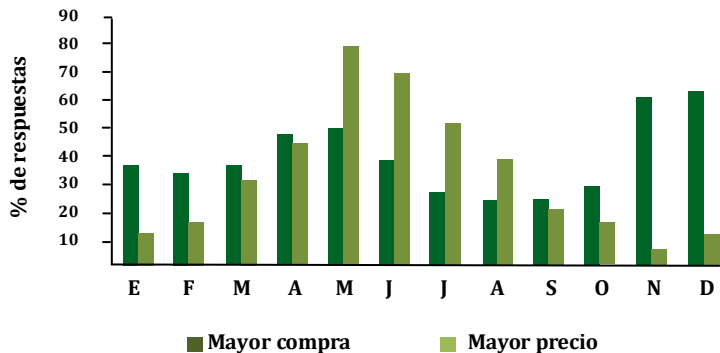
El 75% de los ganaderos encuestados respondió que el rastrojo es un buen alimento para el ganado. Del total de los productores agrícolas que poseen ganado, el 55% mencionó que le sobra rastrojo de su cosecha. A partir de este dato, el 43% expresó que lo vende (de estos, el 41% de los encuestados mencionó que tiene un cliente fijo), el 29% lo almacena y el 28% lo deja en la parcela. Este último porcentaje indica el poco uso de rastrojos en la AC.

#### Características del mercado de rastrojos en El Bajío

En el mercado de rastrojo la estacionalidad impacta, tanto en la demanda como en el precio (Figura 10). En los meses de mayo, junio y julio el precio es más alto y coincide con la época de siembra del ciclo primavera-verano.



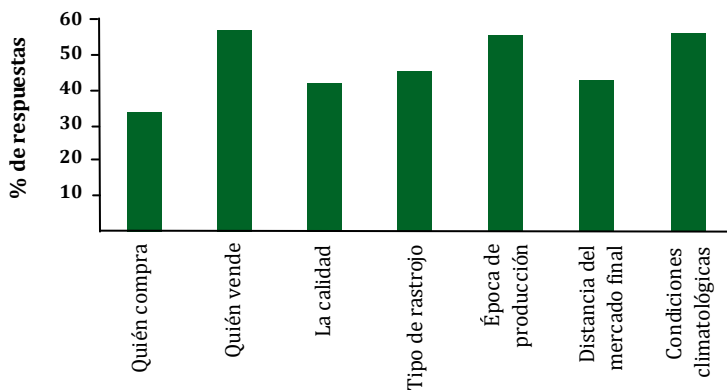
Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.



**Figura 10. Meses de mayor demanda y mayor precio del rastrojo en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

En la determinación del precio de los rastrojos intervienen factores diversos. Poco más de la mitad de los productores encuestados señaló que está determinado por el vendedor, la época de producción y las condiciones agroclimáticas, y menos de la mitad mencionó el tipo de rastrojo, la distancia del mercado, la calidad del rastrojo y finalmente el comprador (Figura 11).



**Figura 11. Actores y factores que determinan el precio del rastrojo en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.

En El Bajío el rastrojo preferido por los ganaderos es el de maíz, quienes llegan a pagar hasta \$1,500 la tonelada. Le sigue en preferencia el rastrojo de sorgo, por el cual pagan hasta \$1,350; finalmente optan por la paja de trigo y cebada, cuyo precio es similar al del sorgo.

### La balanza comercial de rastrojos en la región de El Bajío

Los requerimientos de esquilmos dependen del inventario ganadero existente en cada subregión. El balance entre producción y consumo de residuos, refleja los superávit y déficit de cada subregión (Cuadro 10), suponiendo que el 24% de la alimentación animal proviene de los rastrojos

**Cuadro 10. Balanza en la disponibilidad de rastrojos en El Bajío (t).**

Subregión	Producción disponible	Consumo de residuos de cosecha				Existencia final
		Bovinos	Ovinos	Caprinos	Total	
Bajío de Gto.	2,281,894	471,509	32,480	31,323	535,311	1,746,583
Bajío de Mich.	460,248	208,213	3,332	5,472	217,017	243,231
Bajío de Jal.	519,386	669,447	17,068	2,985	689,500	-170,114
Bajío de Qro.	87,674	2,190	7,840	112	10,142	77,532
<b>Total</b>	<b>3,349,202</b>	<b>1,351,359</b>	<b>60,720</b>	<b>39,892</b>	<b>1,451,970</b>	<b>1,897,232</b>

**Fuente:** Con información del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. INEGI (2007), INIFAP (2010); Galaviz *et al.* (2011); Gasque (2008); Villegas *et al.* (2001) y SAGARPA (2008).

En El Bajío de Guanajuato la ganadería requiere un poco más de 535 mil toneladas de rastrojos, que representan el 23.5% de la producción; el resto, (76.5%) está disponible para su comercialización en las otras subregiones de El Bajío y en otros estados. El Bajío de Michoacán y Querétaro también cuentan con excedentes de esquilmos. Caso contrario ocurre con El Bajío de Jalisco, donde el inventario de bovinos es alto. Por tanto, sus requerimientos en rastrojos son mayores a la cantidad que se produce en la subregión, de ahí que muestra un déficit de 170 mil toneladas que deben ser abastecidas desde otras regiones.

### Comercialización de rastrojos en la región de El Bajío

La comercialización de productos agropecuarios finales o productos intermedios, es la actividad que consiste en trasladar las materias primas y/o

productos hasta el lugar de consumo y venderlas, con la finalidad de satisfacer las necesidades de los demandantes (Abbott, 1987; Caldentey y Gómez, 1993).

En la región de El Bajío la comercialización de los rastrojos, se realiza de forma de cadena, en donde intervienen cinco eslabones principales: productores, forrajeras, centros de acopio, organizaciones de productores y centros de distribución. La comercialización propiamente dicha es desarrollada por los centros de acopio y distribución. En el presente trabajo fueron identificados los eslabones que integran la cadena rastrojo, para entender sus relaciones.

### **La cadena productiva de rastrojos en El Bajío**

Una cadena productiva se define como la integración de los agentes y las actividades económicas que intervienen en un proceso productivo, desde la producción primaria, hasta la oferta final al consumidor, incorporando todos los procesos intermedios (transformación) sean necesarios para su comercialización en mercados internos y externos (Gereffi, 2001 y SAGARPA, 2003).

Cada grupo de actores (proveedores, productores, procesadores, distribuidores y consumidores) constituye un “eslabón de la cadena productiva”. Dentro de cada eslabón puede participar una gran cantidad de actores que realizan diversas tareas. Asimismo, para el análisis de una cadena productiva, es necesario considerar una segmentación (o estratificación) de cada eslabón para identificar los segmentos que lo constituyen (Lundy *et al.*, 2004). Los segmentos de los eslabones, se relacionan en la forma de flujos de determinados recursos: desde el eslabón de los proveedores hasta el de los consumidores fluyen energía, materia prima e información, principalmente. En dirección contraria, desde el eslabón de los consumidores hacia el eslabón de los proveedores fluyen recursos financieros e información, por lo que se puede decir que los consumidores financian toda la cadena (Cuevas, 2011).

También existen factores críticos, entre ellos cualquier variable o conjunto de variables, que afecta, positiva o negativamente, el desempeño de la cadena productiva, proveniente del contexto o entorno en el cual se ubica la especie o producto en análisis (Cuevas *et al.*, 2007; Calderón *et al.*, 2012).

Por otro lado, también está involucrado el ambiente institucional, representado en este caso por el sector agropecuario, el cual cuenta con un conjunto de políticas, planes, programas, leyes y reglas, que pueden impactar positiva o negativamente en el desempeño de la cadena (Cuevas, 2011). Este es el contexto donde están las reglas del juego del sector, y debe ser blanco de estudio de cualquier cadena productiva. En el caso del rastrojo, que es un producto de consumo intermedio y un insumo para actividades agrícolas y pecuarias, se corroboró la existencia de una cadena productiva, con eslabones y segmentos bien diferenciados y con relaciones complejas entre ellos. Los eslabones que integran la cadena productiva de rastrojos en El Bajío son:

- a) Proveedores de insumos: semillas de cultivos básicos, maquinaria y equipo, agroquímicos y servicios profesionales.
- b) Sistemas productivos: productores de maíz, sorgo, trigo y cebada y productores combinan la agricultura con la ganadería.
- c) Acopio: intermediario minorista, organización de productores pecuarios y agrícolas, intermediario mayorista y acopiador individual.
- d) Transformación: empacado (pacas chicas, medianas, grandes y rollo) y molido (solo rastrojo de maíz).
- e) Distribución: forrajeras, distribuidoras de alimentos balanceados, tianguis y mercados regionales, y centrales de abasto y mercados nacionales.
- f) Consumidores: productores pecuarios, agrícolas (autoconsumo) y productores de champiñones.

En la Figura 12 se muestra la cadena productiva de rastrojos en El Bajío, en la cual es posible identificar los eslabones proveedores de insumos, productores, intermediarios y comprador final.



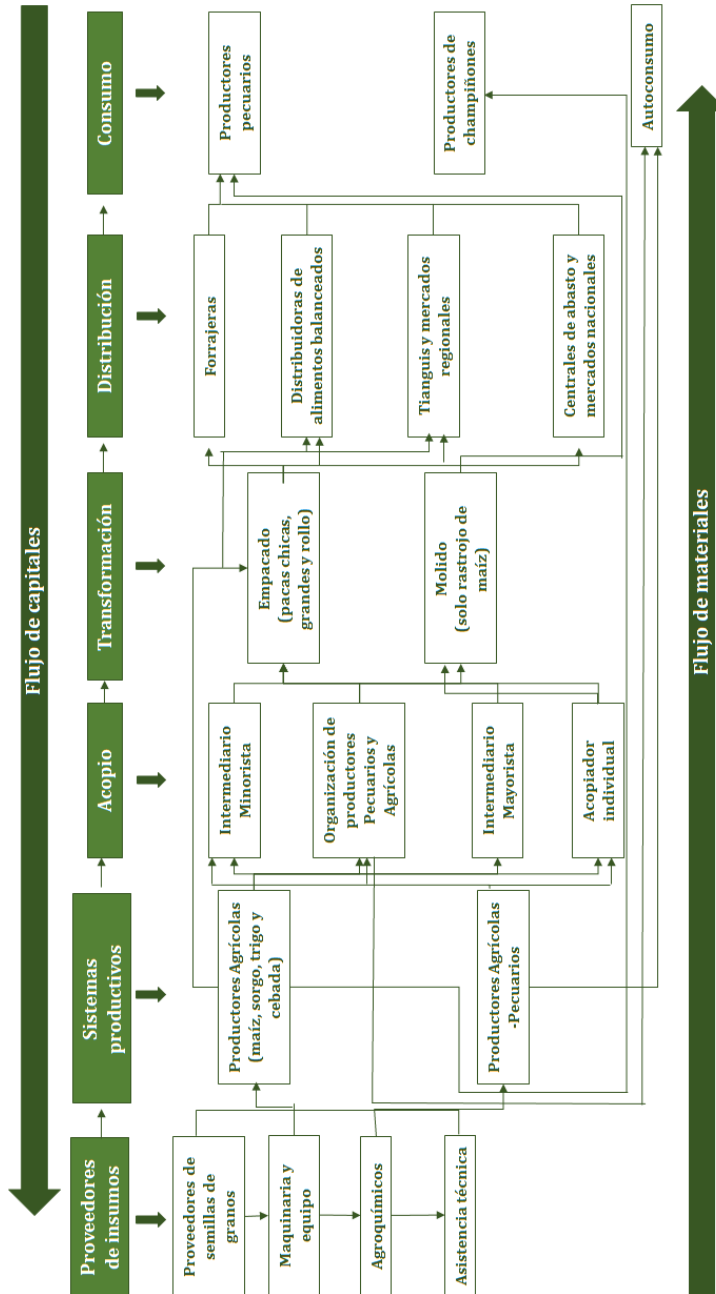


Figura 12. Cadena productiva de rastrojos en El Bajío.

Fuente: Elaborada con datos del proyecto "Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío", 2012.

Los insumos son todos los elementos o bienes, necesarios para la transformación de recursos en productos finales que satisfagan las necesidades de los consumidores. Estos insumos no son tan simples como “trabajo”, “capital” y “materias primas”; normalmente se utilizan muchos tipos, con diferentes características para producir un bien (Ferguson y Gould, 1994).

Los proveedores de insumos son el primer eslabón en cualquier cadena productiva y, por tanto, su incorporación a la producción contribuye de forma directa a la creación de valor, que posteriormente le añadirán los otros eslabones, hasta llegar al comprador final. Igualmente, los proveedores participan en los flujos de capital y de materiales de la misma cadena.

Las semillas, maquinaria y equipo, agroquímicos y servicios profesionales deben ser utilizados por los beneficios que aportan, dado que intervienen en el proceso productivo directa o indirectamente. Dichos beneficios se reflejan al final en forma de incremento del ingreso de los productores, en comparación con los que no los utilizan, o los usan incorrectamente.

En los municipios que conforman la región de El Bajío existe una gran diversidad de proveedores de insumos establecidos, los cuales varían de tamaño, según su ubicación y el mercado al que atienden. La procedencia de los insumos puede ser nacional o de importación, dependiendo del tipo de insumo; por ejemplo, las semillas, agroquímicos, maquinaria y equipo. Para el caso de los servicios profesionales, estos son otorgados por el Estado a través de programas gubernamentales, de forma privada (despachos y organizaciones) y por parte de los mismos proveedores de semillas y agroquímicos.

### **Eslabón de sistemas productivos**

En la cadena productiva se detectan dos tipos de productores: los que solo se dedican a la agricultura y los productores que combinan la agricultura con la ganadería. Respecto al primer tipo de productores, estos obtienen el grano que es el producto principal del cultivo, y los ingresos por la venta de esquilmos representa una compensación extra por su actividad básica, o bien, como parte de la recuperación en los costos de producción, al permitir que el comprador los

retire de la parcela, por ser considerados por el productor como “la basura” del cultivo, para luego iniciar las labores del ciclo siguiente.

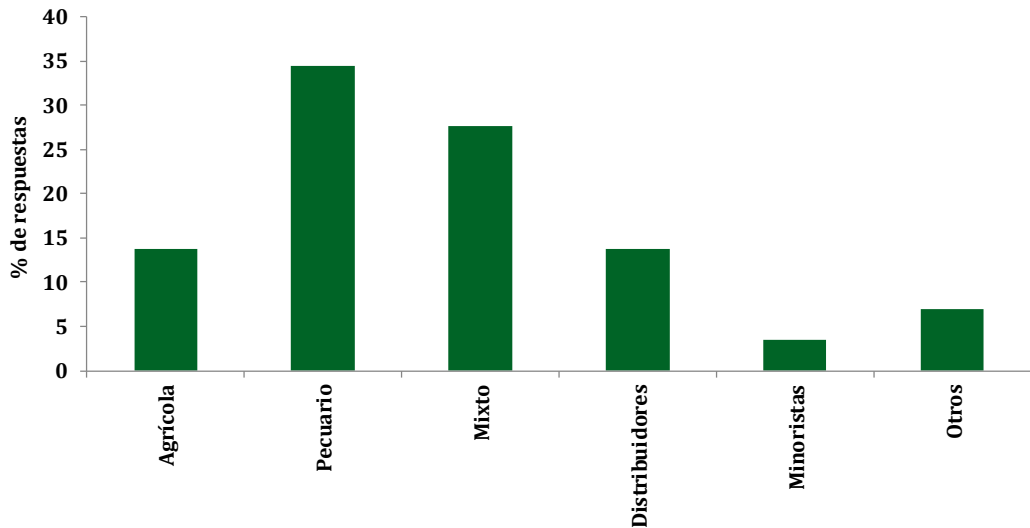
Los productores agrícolas-pecuarios usan los esquilmos para la alimentación del ganado, con lo cual abastecen parte de los requerimientos alimenticios de sus hatos y rebaños. Algunos de los productores los empacan y almacenan para usarlos durante varios meses del año; otros pastorean el ganado directamente en la parcela. Otro escenario es el que los productores almacenan una parte de los esquilmos y el resto lo venden.

En El Bajío son marcadas las diferencias entre los dos sistemas productivos. Por ejemplo, la subregión de El Bajío Jalisciense, que se distingue por tener una importante actividad ganadera, los productores son agrícolas-pecuarios. En esta subregión, donde predomina el maíz, la producción de esquilmos no satisface sus requerimientos. Por su parte, la subregión de El Bajío Guanajuatense, que se distingue por tener en su mayoría productores dedicados únicamente a las actividades agrícolas, los esquilmos son comercializados prácticamente en su totalidad dentro de los sistemas productivos.

### **Eslabón de acopio**

En la cadena productiva los intermediarios son los agentes económicos que se encargan de la comercialización del producto. Se consideran como los agentes de unión entre los productores y los consumidores finales.

En la cadena productiva de rastrojos, los “acopiadores” son los encargados de concentrar y acumular el producto (oferta), para posteriormente agregarle valor y comercializarlo. De los intermediarios encuestados (95) en El Bajío, los acopiadores representaron el 22% (21), de los cuales el 53% (11) se ubica en el estado de Guanajuato. Los acopiadores se caracterizan por comercializar los esquilmos, tanto en la región como fuera de ella, y sus principales compradores son los productores pecuarios. Los centros de acopio abastecen de esquilmos a otros intermediarios de menor escala, como es el caso de los pequeños centros de distribución y minoristas. Otros compradores son las empresas productoras de champiñones que utilizan el rastrojo como sustrato (Figura 14).



**Figura 14. Principales clientes de centros de acopio en El Bajío.**

**Fuente:** Elaborada con información de las encuestas a intermediarios del mercado de rastrojos en El Bajío, 2012.

Los centros de acopio han funcionado en la región desde hace 1.8 a 35 años, con promedio de 13 años de operación. En El Bajío cada tipo de acopiador representa un segmento en el eslabón, los cuales se describen a continuación:

- **Intermediarios minoristas.** Son acopiadores de la región y se caracterizan por tener una capacidad de acopio de 100 a 10,000 pacas de rastrojo. Estos intermediarios compran los esquilmos en pie y se encargan del empaclado o molido, o los adquieren ya empacados. Este comportamiento en los acopiadores de esquilmos, es similar al que ocurre en otros forrajes, como es el caso de la alfalfa (Jolalpa *et al.*, 2009), donde los acopiadores también realizan estas actividades. Comercializan los esquilmos en la región y fuera de ella, y fungen como “corredores” de rastrojos.

• **Organización de productores pecuarios/agrícolas.** Existen diversas organizaciones de productores de granos que acopian y comercializan esquilmos, y están establecidas principalmente en los municipios de Guanajuato. En El Bajío de Jalisco se detectó la presencia de varias organizaciones de ganaderos dedicados al acopio de esquilmos, con la finalidad de satisfacer su propia demanda y comercializar una aparte entre los ganaderos de la región. Estos intermediarios tienen de 8 a 32 años comprando y vendiendo rastrojo dentro de la región.

• **Intermediarios mayoristas.** Este segmento está integrado por los intermediarios, de la región o foráneos, dedicados al acopio de esquilmos a gran escala; pueden acaparar de 10,000 a 50,000 pacas. Son actores importantes de la cadena, porque cuentan con maquinaria para el cortar, empacar, almacenar, estibar y transportar el producto. Una particularidad de los mayoristas foráneos es que trasladan la maquinaria a la región de El Bajío para empacar y posteriormente trasladar el rastrojo empacado a diferentes destinos para su comercialización. Se tiene registro de que estos intermediarios provienen de los estados de Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México.

• **Acopiador individual.** Dentro de este segmento se considera a los productores agrícolas o pecuarios que se dedican al acopio de esquilmos, pero que actúan de forma independiente y no tienen un establecimiento fijo o figura jurídica; sin embargo, son agentes que movilizan rastrojo en la región y fuera de ella. Son intermediarios que registran de 1 a 32 años de operación y venden a varios tipos de clientes, principalmente a productores pecuarios. También son proveedores de esquilmos a productores de champiñones del Estado de México y Tlaxcala.

### **Eslabón de transformación**

En El Bajío los esquilmos agrícolas son empacados o molidos para facilitar su manejo, transporte y almacenamiento. La presentación más común son pacas de 25 kg, también llamadas “pacas chicas”, según la información obtenida de las encuestas. Esta presentación es la forma tradicional de empacado de los esquilmos. Es la más común, preferente y comercial, ya que permite su exposición

en establecimientos pequeños, como forrajeras y distribuidoras de alimentos balanceados.

Las “pacas grandes” son una nueva presentación, su peso varía entre los 400 a 500 kg, en dependencia de la humedad que tenga la biomasa. Este tipo de empaçado únicamente se realiza en los municipios de Guanajuato y Michoacán. Es preferida por los productores pecuarios a gran escala, ya que les permite un mejor acomodo para el transporte y almacenamiento.

Por último están los rollos de esquilmos; estos, al igual que las pacas grandes, se transportan y almacenan fácilmente; su peso varía entre 150 y 300 kg; los esquilmos que se empaçan en rollo son únicamente el rastrojo de maíz y sorgo. Al igual que las pacas grandes, el empaçado en rollo solo se realiza en El Bajío de Guanajuato y Michoacán.

En El Bajío de Jalisco los esquilmos de maíz tienen un proceso de transformación diferente. Los productores lo administran o comercializan molido para la elaboración de concentrados alimenticios.

### **Eslabón de distribución**

Los distribuidores son los actores encargados de hacer llegar los esquilmos al comprador final. En la cadena productiva de rastrojos se distinguen los siguientes segmentos:

- **Forrajeras.** Junto con las distribuidoras de alimentos balanceados, las forrajeras son los establecimientos de abasto al interior de El Bajío. De las forrajeras encuestadas (el 48% se ubicaron en Jalisco, 27% en Guanajuato, 12% en Querétaro y 9% en Michoacán). Se trata de establecimientos cuyo periodo de operación es de 1 a 40 años, con promedio de 12 años. El 88% de estos negocios comercializa sus productos localmente, el resto lo hace en la región. Las forrajeras venden productos como semillas, fármacos veterinarios, concentrados, alimentos balanceados y forraje verde; en el caso de las forrajeras de Jalisco y Querétaro también venden sales.

Los principales clientes de las casas forrajeras son los productores pecuarios y agrícolas. Pocos negocios surten a distribuidoras de menor escala.

- ***Distribuidoras de alimentos balanceados.*** Se caracterizan por su influencia comercial a nivel estatal y nacional. Este tipo de establecimiento es abastecido por los centros de acopio y las organizaciones de productores agrícolas y pecuarios. Sus clientes pueden ser productores grandes, medianos y pequeños. Estos intermediarios son los que tienen menor cantidad de años (3 a 18) comercializando esquilmos. Sus principales clientes son los productores pecuarios y agrícolas, pero también abastecen a otros distribuidores más pequeños.

- ***Tianguis, mercados y centrales de abasto regionales y nacionales.*** Los tianguis, mercados y centrales de abasto son otra vía para la distribución de esquilmos; los intermediarios mayoristas son los encargados de movilizarlos a estos sitios, los cuales se encuentran en diferentes estados del país. A este tipo de mercados acuden los compradores finales y revendedores minoristas. También se da el caso de que los intermediarios mayoristas venden los esquilmos directamente a los productores pecuarios de diferentes mercados del país.

### **Eslabón de comprador final**

Este es el último eslabón de la cadena productiva; sin embargo, el rastrojo es un producto intermedio, y los “compradores finales” darán un uso extra. Los principales compradores identificados fueron: productores pecuarios, productores de champiñones y fabricantes de materiales para la construcción.

El eslabón de consumidores (compradores finales), está integrado principalmente por ganaderos de la región, para la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. En los municipios que abarcó el presente estudio existe un inventario de 1.07 millones de cabezas de ganado bovino, 428 mil de ovinos y 281 mil de caprinos, con un consumo estimado de 1.5 millones de toneladas de rastrojo. Dentro del área de estudio, Jalisco es la subregión de mayor consumo, por su importancia ganadera, de ahí la gran movilización de esquilmos desde Guanajuato y Michoacán a esta zona.



Los productores de champiñones (del Estado de México y Tlaxcala) también demandan esquilmos, principalmente, paja de trigo y cebada, que son empleados como sustratos en la producción. Por lo general, estos clientes acuden directamente con los productores agrícolas a comprar los esquilmos o a través de los intermediarios. En algunas regiones los esquilmos son empleados como “camas” para los animales o en la mezcla con arcilla para elaboración de adobes utilizados en la construcción de viviendas.

En este eslabón también están relacionados elementos de los ambientes institucional y organizacional, los cuales conforman el contexto externo de la cadena. Los flujos de capital inician en el comprador final y se distribuyen hasta el proveedor de insumos e incluyen el valor del bien producido y comercializado. Por su parte, el flujo de materiales, inicia con los proveedores y concluye en el comprador final, incluyendo las cantidades físicas que se promueven a lo largo de la cadena, así como la movilización de los rastrojos en los estados que integran El Bajío y hacia el exterior de esta región.



Foto: Luis Reyes Miró (INIFAP)

## Flujos comerciales internos de rastrojos en El Bajío

Los flujos comerciales entre dos o más regiones son las ventas y compras de un producto. En El Bajío se cosechan 3.35 millones de toneladas de rastrojo y se consumen 1.45 millones de toneladas; por lo tanto, existen 1.9 millones de toneladas disponibles para su comercialización hacia otras regiones del país o para dejar sobre la superficie del suelo en AC.

En la región El Bajío, la subregión Guanajuato es la que cuenta con mayor cantidad de residuos de cosecha. Su disponibilidad para comercializar, después de abastecer su consumo interno es de 1.75 millones de toneladas; en cambio, la subregión Jalisco no cubre la demanda, mostrando un déficit en el abasto.

Según la información recopilada en las encuestas aplicadas a productores, intermediarios y ganaderos, se detectó que en los municipios de El Bajío Guanajuatense, existen proveedores de rastrojos para ser usados como forraje para otras áreas del mismo Bajío, tal es el caso de los municipios de los estados de Jalisco y Michoacán. Los flujos comerciales más consistentes que se desarrollan al interior de la región se presentan en la Figura 15.



## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

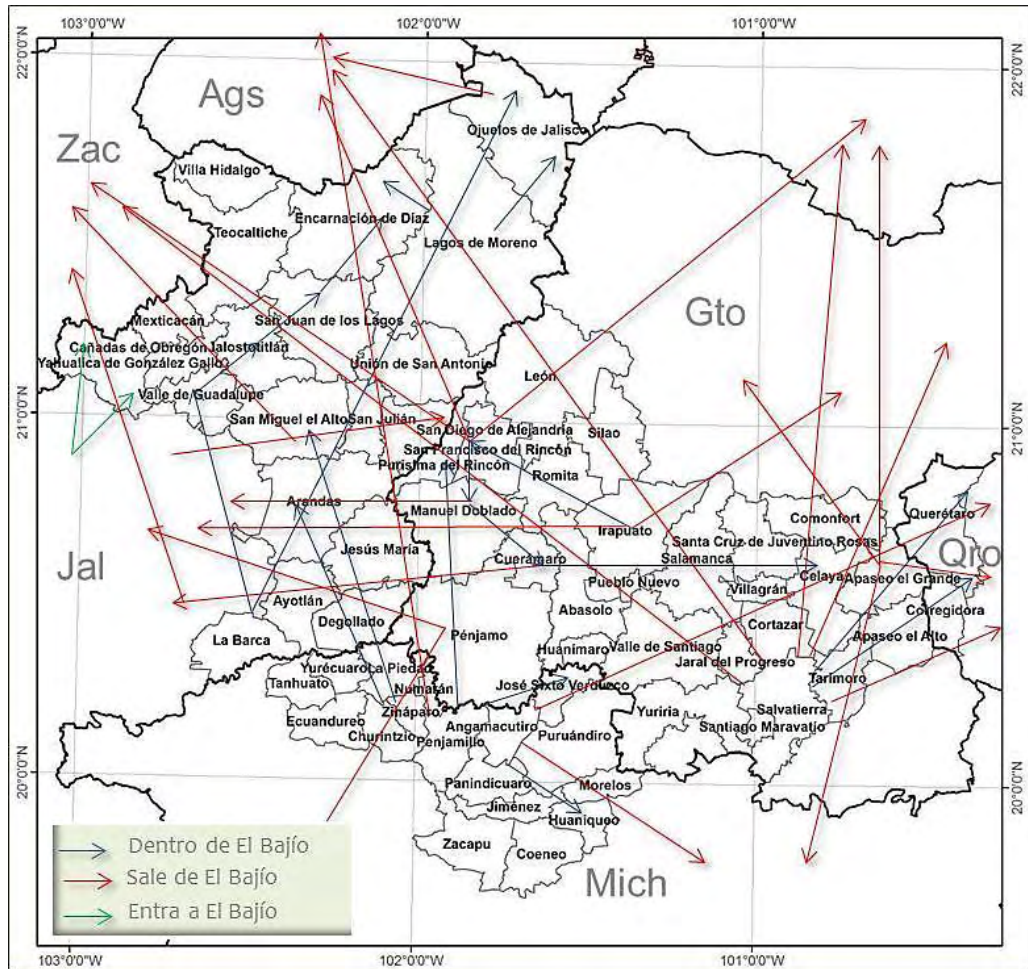


Figura 15. Flujo de rastrojo producido en El Bajío.

Fuente: Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojo como forraje en El Bajío”, 2012.



## Flujos comerciales de El Bajío a otros estados del país

La movilización de rastrojos de El Bajío no solo ocurre en la misma región; la comercialización de estos productos se extiende a diversos estados del país, entre ellos: Querétaro, Zacatecas, Hidalgo, Coahuila, Estado de México, Chihuahua, Tlaxcala, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco y Durango, principalmente para la alimentación de ganado. Los estados como Tlaxcala y el Estado de México, además de alimento para animales, usan el rastrojo como insumo en el sistema de producción de champiñones. En la Figura 16 se presentan los diferentes flujos comerciales de los rastrojos de El Bajío.



**Figura 16. Flujos comerciales de rastrojos de El Bajío a otros estados del país.**

**Fuente:** Elaborada con datos del proyecto “Análisis del mercado de rastrojos en El Bajío”, 2012.

El Bajío ofrece rastrojos a otras áreas dentro de los estados en los que está incluido; por ejemplo, en el caso de los municipios de Guanajuato, se abastece la zona norte del mismo estado, caracterizada por ser predominantemente ganadera. La porción de Jalisco perteneciente a El Bajío, recibe rastrojos, tanto de Guanajuato como de Michoacán, además de otros municipios circunvecinos, como Atotonilco y Tepatitlán en el mismo estado.

### **Precios de los rastrojos**

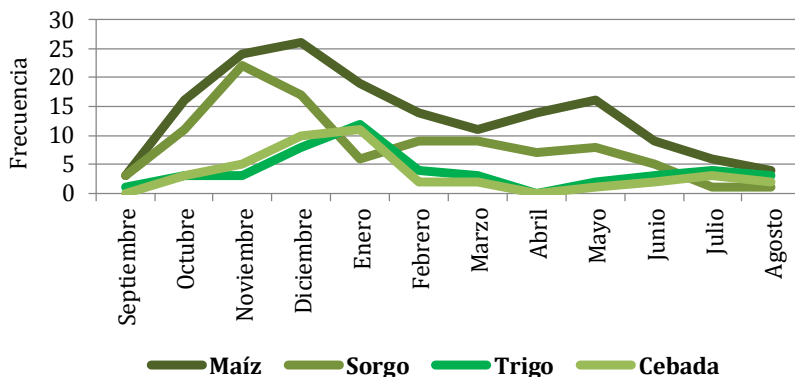
Como todo producto, el precio de los rastrojos está determinado por la oferta y la demanda en el mercado; sin embargo, se pueden considerar tres factores que influyen en los precios: a) la estacionalidad en la producción, lo que determina la disponibilidad de producto, b) los cambios de la demanda a corto plazo, aunado a la velocidad de respuesta que puedan tener los consumidores, y c) la disponibilidad de los productos competitivos en el mercado.

Según opinión de los intermediarios, el rastrojo de maíz y la paja de sorgo alcanzan su mayor precio en diciembre. La Figura 17 muestra el comportamiento de los precios de los rastrojos y pajas durante el año, donde se observa que el menor precio del rastrojo de maíz lo obtienen los intermediarios en marzo y agosto. Es este último mes en el que los demás rastrojos también tienen precios bajos debido, principalmente, a que corresponde a la época en la cual hay mayor disponibilidad de forraje.

La pata de sorgo es un residuo que alcanza los mayores precios en los meses de octubre a diciembre, mientras que su precio menor ocurre en enero, comparado con los demás productos. Por otro lado, el mejor precio de las pajas de trigo y cebada es en enero.

Se esperaría que en los meses de mayor producción de rastrojo se registraran los precios más bajos; sin embargo, ocurre todo lo contrario, en los meses de mayor producción se tienen los precios más altos. Este fenómeno se puede explicar por la respuesta de la demanda a corto plazo ante la escasez de otras fuentes de forraje (pradera, agostadero y cultivos forrajeros), asociada a la baja producción por la temporada de invierno; motivo por el cual, la demanda

reacciona con una tendencia creciente ante la necesidad de satisfacer los requerimientos alimenticios del ganado. Además, los esquilmos pueden permanecer almacenados hasta nueve meses en promedio, por lo que su utilización es factible durante todo el año.



**Figura 17. Meses con el mejor precio de los rastrojos: Frecuencia en las respuestas.**

Fuente: Elaborada con información obtenida por las encuestas a intermediarios del mercado de rastrojos en El Bajío, 2012.

### Precios y márgenes de comercialización de los rastrojos en El Bajío

Los precios dependen tanto del tipo de rastrojo, como de la presentación o empaque. En el Cuadro 11 están contenidos los precios de venta promedio de las diferentes presentaciones en las que se comercializan los esquilmos. También se presentan los márgenes de comercialización entre los eslabones de la cadena productiva.

Gran cantidad de rastrojos en El Bajío son comercializados “en pie”. Según los datos obtenidos en la encuesta, se puede apreciar que el precio promedio de venta de una hectárea de rastrojo de maíz es de \$240, de sorgo \$210, de trigo \$126 y de cebada \$152. Algunos productores expresaron no recibir pago por el esquilmo, ya que es considerado como “basura”, por lo que suponen un beneficio

al regalarlo, y con ello ahorrarse \$400 que es el costo del desvare o limpia del terreno.

**Cuadro 11. Precios de venta y márgenes de comercialización de los rastrojos en El Bajío, México.**

Residuo de cosecha	Eslabones de la cadena								
	Productor	Acopiador	Distribuidor	Productor- Acopiador	Productor- Distribuidor	Acopiador- Distribuidor			
	Precios de venta (\$)			Margen de comercialización (\$)	%	Margen de comercialización (\$)	%	Margen de comercialización (\$)	%
<b>Maíz</b>									
A greña (\$/ha)	240								
Paca Chica (\$/paca)	11.6	20.7	35	9	78	23	202	14	69
Paca Grande (\$/paca)	332	425	500	93	28	168	51	75	18
Rollo (\$/rollo)	180	235	300	55	31	120	67	65	28
Molido (\$/t)	1600	1929	2300	329	21	700	44	371	19
<b>Sorgo</b>									
A greña (\$/ha)	210								
Paca Chica (\$/paca)	10.6	19	35	8	79	24	230	16	84
Paca Grande (\$/paca)	350	425	500	75	21	150	43	75	18
Rollo (\$/rollo)	170	235	300	65	38	130	76	65	28
<b>Trigo</b>									
A greña (\$/ha)	269								
Paca Chica (\$/paca)	6.7	10.8	25	4	61	18	273	14	131
Paca Grande (\$/paca)	150	325	450	175	117	300	200	125	38
Rollo (\$/rollo)	150	225	300	75	50	150	100	75	33
<b>Cebada</b>									
A greña (\$/ha)	241								
Paca Chica (\$/paca)	9.7	13.8	25	4	42	15	158	11	81
Paca Grande (\$/paca)	150	303	450	153	102	300	200	147	49
Rollo (\$/rollo)	150	225	300	75	50	150	100	75	33

**Fuente:** Elaborado con información obtenida de encuestas a intermediarios del mercado de rastrojos en El Bajío, 2012.



La forma más tradicional de empacado de rastrojos es en pacas chicas (25 kg) y la cantidad de pacas obtenidas por hectárea en promedio es de 165 unidades. Los precios de las pacas son: de maíz \$11.6, de sorgo \$10.6, de trigo \$6.7 y de cebada \$9.7. Considerando la cantidad de pacas que se obtienen por hectárea y el precio de venta, un productor de esquilmos de maíz puede obtener \$1,914 por la venta de pacas, el de sorgo \$1,749, el de trigo \$1,105 y el de cebada \$1,600.

Los acopiadores, por su parte, comercializan la paca chica de rastrojo de maíz en \$20.7, de sorgo en \$19.0, de trigo en \$10.8 y de cebada en \$13.8. El margen de comercialización es mayor para el rastrojo de maíz, ya que la ganancia bruta en promedio es de \$9.1 pesos más por paca. Al movilizar las pacas al exterior de la región, la ganancia puede variar según el costo del transporte y la cantidad de producto que se comercializa.

Por último, los distribuidores, quienes compran directamente con el productor o son abastecidos por un acopiador, tienen mayores márgenes de comercialización. La diferencia entre el precio inicial de venta (por el productor) y el precio final de venta (por los distribuidores) es de 202% en promedio para las pacas chicas. En pacas grandes el margen es diferente de acuerdo al tipo de esquilmo que se comercializa. La paca grande de maíz y sorgo tienen un precio de venta de \$500. Según la información proporcionada por los ganaderos, existe un precio máximo de hasta \$600, con un margen de comercialización promedio de 51 y 43%, respectivamente. Las pacas de cebada y trigo se venden en \$450 y son las que mayor margen de comercialización registran, con 200% en la diferencia del precio que pagan al productor.

Los precios de venta varían de acuerdo con el tipo de esquilmo. Según la encuesta aplicada a ganaderos, el rastrojo de maíz es el de mayor preferencia, le siguen en importancia el esquilmo de sorgo, la paja de cebada y al final la paja de trigo. Esta preferencia probablemente se debe a que el rastrojo de maíz es el más abundante durante el año, y no obstante su bajo valor nutrimental, existen métodos químicos para enriquecerlo y aumentar su consumo y digestibilidad,

con lo que se incrementa la productividad animal (Fuentes *et al.*, 2001; Sánchez *et al.*, 2012).

Los altos márgenes que se registran entre el precio de venta de los productores y el precio de venta de los comercializadores (acopiadores y distribuidores), reflejan la falta de participación y articulación de los productores con los otros eslabones de la cadena. Esta desarticulación genera un flujo deficiente de información que es aprovechado por los agentes de mercado y origina deficiencias sistémicas a lo largo de la cadena, donde los productores son observadores de cómo los agentes comercializadores dan valor agregado a su producto y maximizan sus ganancias, en un periodo más corto. Ante este panorama, los productores deben ampliar su visión sobre la importancia de los rastrojos.

### CONCLUSIONES

- La región de El Bajío se caracteriza por su alta producción de granos y rastrojos, estos últimos representan un insumo relevante en la ganadería.
- En El Bajío se combina la agricultura con la ganadería y se estima un consumo aparente regional de 1.45 millones de toneladas de rastrojo, considerando a las principales especies ganaderas (bovinos, ovinos y caprinos).
- Se estima que en El Bajío hay una oferta de 1.9 millones de toneladas de rastrojos para su comercialización como forraje u otros usos, tanto al interior de la región como fuera de ella, principalmente a los estados como Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo.
- Los principales usos de los rastrojos son: forraje, incorporación en terrenos agrícolas, camas para el ganado y sustrato en la producción de hongos comestibles.

- Con base en los resultados de las encuestas aplicadas a los diversos actores que participan en el mercado de rastrojos se determinó lo siguiente:
  - Los productores agrícolas pueden ser quienes ofrecen el rastrojo, pero también son demandantes de este producto.
  - Los intermediarios se clasifican en: a) acopiadores y estos a su vez son intermediarios minoristas, organizaciones de productores agrícolas y pecuarios, intermediarios mayoristas y acopiadores individuales; y b) distribuidores, donde están incluidos las forrajeras, negocios distribuidores de alimentos balanceados, tianguis, mercados regionales y centrales de abasto.
  - Los demandantes son tanto productores agrícolas como ganaderos de El Bajío y de otras regiones del país.
- La cadena productiva de rastrojos está formada por seis eslabones: 1) proveedores de insumos; 2) sistemas productivos; 3) acopio; 4) transformación; 5) distribución y 6) consumo o compradores finales.
- En el mercado de rastrojos en El Bajío, la estacionalidad de la producción agrícola y disponibilidad de los rastrojos y pajas desempeña un papel importante en la determinación del precio. Otro factor que influye en el precio son las condiciones climáticas del ciclo agrícola.
- Los márgenes de comercialización entre los precios de venta de los productores, y los precios de venta de los acopiadores y distribuidores son altos, situación que provoca inequidad en la cadena productiva, debido a la falta de articulación de los productores con los procesos de comercialización.
- El análisis del mercado de rastrojos en la región de El Bajío permitió determinar la estructura de la cadena productiva y las relaciones que se establecen entre los actores económicos que intervienen en la misma.

- Existe dependencia de la ganadería de la región Centro Norte del país por los rastrojos producidos en El Bajío. Esta realidad ha fortalecido el mercado de rastrojos, ya que ha ocasionado fuertes inversiones en equipos para la recolección, el empaque y el transporte del producto de una región a otra.
- Los rastrojos son un producto de gran valor para los ganaderos debido a que representan prácticamente la única fuente de MS, cuando escasean otros forrajes en los agostaderos, las praderas y los forrajes de corte.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, J. (1987). *Marketing Enterprises For The Developing World*. Cambridge University Press.
- Cadente, A. y Gómez, M. (1993). *Economía de los Mercados Agrarios*. Madrid, España: Ed. Mundi-Prensa. Universidad de Córdoba.
- Calderón, J.; Nahed, J.; Sánchez, B.; Herrera, O.; Aguilar, R. y Parra, M. (2012). Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*, 16(2), 45-61.
- Cárdenas, G. (1999). *El Bajío en el clásico*. México: Ed. El Colegio de Michoacán, A. C.
- Cuevas, R.; (2011). Análisis del enfoque de cadenas productivas en México. *Revista textual: Análisis del medio rural Latinoamericano*. [Consultado: abril de 2013]. Disponible en:  
<<http://www.chapingo.mx/.../12c07ec2cdf5abe44b25507953adaeab.pdf>>.
- Cuevas, R.; Espinosa, G.; Flores, M.; Romero, S.; Vélez, I.; Jolalpa, B. y Vázquez, G. (2007). Diagnóstico de la cadena productiva de leche de vaca en el estado de Hidalgo. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1), 25-40.
- Damián, H.; Ramírez, V.; Aragón G.; Huerta, L.; Sangerman, J. y Romero, A. (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76.
- Donnet, L.; López, D.; Arista, J.; Carrión, F.; Hernández, V. y González, A. (2012). El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. CIMMYT. [Consultado: octubre de 2013]. Disponible en:  
<<http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1365/97506.pdf>>.
- Ferguson, C. y Gould, J. (1994). *Teoría Macroeconómica*. México: Ed. Fondo de Cultura Económica.
-

- Fuentes, J.; Magaña, C.; Suárez, L.; Peña, R.; Rodríguez, S. y Ortiz, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192.
- Galaviz, R.; Zaragoza, R., y Corona, J. (2011). *Alimentación para ovinos de la región norponiente de Tlaxcala*. Folleto Técnico No. 46. INIFAP. [Consultado: diciembre de 2012]. Disponible en: <<http://www.inifap.gob.mx/circe/publitlax/ovinosfolleto12%201%20con%20portada.pdf>>.
- Gasque, G. (2008). *Alimentación de bovinos*. En: Enciclopedia Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado: diciembre de 2012]. Disponible en: <[http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e\\_bovina/1AlimentaciondeBovinos.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/1AlimentaciondeBovinos.pdf)>.
- Gereffi, G. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. En: *Revista Problemas del desarrollo*, 32(125), 9-37.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, 2007: Ganadería*. [Consultado: septiembre de 2012]. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=17177&s=est>>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD): área geográfica. [Consultado: agosto de 2012]. Disponible en: <<http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/>>.
- INIFAP. (2010). *Guía PROGAN: Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo*. [Consultado: diciembre de 2012]. Disponible en: <[http://www.inifap.gob.mx/inicio/guias/ajuste\\_carga.pdf](http://www.inifap.gob.mx/inicio/guias/ajuste_carga.pdf)>.
- Jolalpa, B.; Espinosa, G.; Cuevas, R.; Moctezuma, L. y Romero, S. (2009). Necesidades de investigación en la cadena productiva de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25(13), 104-115.
- Kotler, P. (2001). *Dirección de Marketing*. México. Ed. Pearson Prentice Hall.
- Lundy, M.; Gottret, M.; Cifuentes, W.; Ostertag, C. y Best, R. (2004). *Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de las cadenas productivas con productores de pequeña escala*. Cali, Colombia. Manual de campo. CIAT.
- Pineda, G. (2005). *La revolución del sur: 1912-1914*. D. F. México. Ed. Era S. A. de C. V.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2003). *Desarrollo de la Competitividad en Cadenas Agroalimentarias*. D. F. México. Proyecto Evaluación Alianza Contigo.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2008). *Situación del sector pecuario en México*. [Consultado: diciembre de 2012]. Disponible en: <[http://www.globalmethane.org/documents/events\\_ag\\_20080423\\_luis\\_villamar\\_angulo.pdf](http://www.globalmethane.org/documents/events_ag_20080423_luis_villamar_angulo.pdf)>.

SAGARPA. (2012). *Listado de beneficiarios 2011* [en línea]. Distrito Federal, México. [Consulta: 10 de julio de 2012]. Agricultura, PROCAMPO. Disponible en: <<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Programas/proagro/procampo/Beneficiarios/Paginas/2012.aspx>>.

Sánchez, A.; Ortega, C.; Mendoza, M.; Montañez, V. y Buntinx, D. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*, 37(5), 395-399.

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). (2012). *Cierre de la producción agrícola por estado*. [Consultado: agosto de 2012]. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>>.

Varian, H. (1992). *Microeconomic Analysis*. (3ª Ed.). Universidad de Michigan.

Villegas, D.; Bolaños, M. y Olguín, P. (2001). *La ganadería en México. Temas selectos de geografía de México: 1. Textos monográficos, Economía*. UNAM. D. F. México. Ed. Plaza y Valdés.



Foto: Luis Reyes Muro (INIFAP)



# USOS MÚLTIPLES DE LOS RASTROJOS: SOLUCIONES DIVERSAS

MULTIPURPOSE CROP RESIDUES: DIFFERENT SOLUTIONS



## Capítulo 5

# Usos múltiples de los rastrojos: soluciones diversas

## Multipurpose crop residues: different solutions

*Francisco Guevara Hernández\*, René Pinto Ruiz, Tania Carolina Camacho Villa,  
Luis Reyes Muro y María de los Ángeles Fonseca Flores. \*Francisco.Guevara@unach.mx.*

### RESUMEN

**S**e describe la importancia del rastrojo de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada y sus potencialidades, más allá de su uso básico en la alimentación animal y como cobertura para la protección del suelo, destacando su valor en la implementación de prácticas culturales para la producción sustentable, compatibles con los principios de la agricultura de conservación (AC). Las alternativas para mejorar su calidad en asociación con otros cultivos, que a su vez mejoran la disponibilidad de biomasa, son también abordadas, así como algunos usos, que aunque tradicionales, no son frecuentes (en comparación con los propósitos primarios): elaboración de abonos orgánicos, elaboración de materiales para la construcción de viviendas, fabricación de concentrados alimenticios y elaboración de artesanías, entre otros.

### ABSTRACT

**T**he importance of maize, sorghum, wheat and barley crop residues is described and its potential beyond basic uses as animal feed and cover for soil protection, highlighting its value in the implementation of cultural practices for sustainable production, consistent with the principles of conservation agriculture (CA). Alternatives to improve quality in association with other crops, which in turn improve the availability of biomass are also addressed, as well as some uses, traditional but rare (compared to the primary purposes): development of organic fertilizers, construction materials, manufacturing food concentrates and handicrafts, among others.



## INTRODUCCIÓN

Como se ha hecho evidente en los capítulos anteriores, los rastrojos se utilizan de varias formas; por una parte, su uso más frecuente es el aprovechamiento en la alimentación pecuaria, por otra parte, los usos potenciales como: mejorador de suelos, combustible en los fogones (La Frailesca), la producción de champiñones (Valles Altos) o como material para la elaboración de adobes (El Bajío). Son múltiples los usos y formas aprovechamiento de los residuos de cosecha además de su contribución para enfrentar los retos mundiales vinculados a la producción sustentable de alimentos.

Uno de los grandes retos mundiales es satisfacer la demanda de carne y leche a nivel mundial (Lenné *et al.*, 2003). Si bien la mayor parte de las tierras cultivables se encuentran bajo cultivo, el incremento de la productividad es más probable implementando acciones integrales para la mejora de los sistemas agropecuarios. Los cultivos de doble propósito, de los cuales se aprovecha el grano y el rastrojo, que en mayoría son los cereales, seguirán siendo una opción viable para cubrir las necesidades alimenticias mundiales (Delgado *et al.*, 1999). Es por ello que además de analizar los residuos de cosecha como alimento pecuario merece atención el uso eficiente y variado de estos. Las soluciones son diversas, como se mostrará la siguiente sección.

Otro desafío es la baja productividad en la agricultura, lo cual resulta de menores rendimientos, altos costos de producción, baja rentabilidad, menores ingresos para los productores y en consecuencia el deterioro de la calidad de vida del medio rural. Diversos estudios señalan que uno de los factores que ha provocado esta baja productividad está asociado a la degradación ambiental del suelo y a la disminución de los niveles freáticos (FAO, 2012; Salazar y Rosabal, 2007). Ante esta problemática, se han propuesto soluciones para la conservación y mejoramiento de suelos y agua. Tal es el caso de la AC, que tiene como base tres principios fundamentales; uno de ellos, es la cobertura permanente del suelo con cultivos o restos vegetales, lo cual implica la retención de por lo menos una parte, dependiendo de los niveles de producción, de los rastrojos sobre la superficie del suelo. Esto pone de manifiesto otro de los usos relevantes de los residuos de

cosecha; en este caso, como mejorador de suelos, siendo uno de los aspectos que se destaca en este capítulo, así como las posibilidades de potenciar su efecto en combinación con el uso de abonos verdes.

Existen también otros usos de los rastrojos, que contribuyen a enfrentar los retos de diferente índole, que se presentan en el medio rural. Por una parte está su aprovechamiento en la industria de la construcción, sobre todo, en la bioconstrucción, con el objetivo de hacer habitaciones más amigables con el medio ambiente. Otro uso corresponde a la producción de hongos, que aporta al desafío de la soberanía y seguridad alimentaria, de una manera más diversificada. Por otra parte, está su uso en los fogones tradicionales y a nivel industrial como biocombustible (Lal, 2005).

En otro sentido, está su uso en la elaboración de artesanías, como parte del acervo cultural de los pueblos. Estos usos menores de los rastrojos son abordados en la última sección de este capítulo y demuestran su potencial para enfrentar los desafíos hacia un desarrollo sustentable.

### **Contribución del rastrojo en la alimentación pecuaria**

En diversas regiones del sur de México, está ocurriendo un proceso de transición del cultivo del maíz a la producción pecuaria. En este contexto, el rastrojo es un subproducto integrador de los subsistemas agrícola y ganadero, al emplearse el esquimo como alimento de los animales, especialmente en el periodo de sequía en forma seca o verde (SIAP, 2012).

Este uso del rastrojo tiene importantes implicaciones en los sistemas de producción agropecuaria, en tanto establece interacciones de competencia con la AC. Según datos aportados por la Red de Estudios del Desarrollo Rural (RED, A. C.), en la región La Frailesca del estado de Chiapas, 27% del rastrojo se emplea para la alimentación animal, mientras que 53% permanece en el suelo como componente de la AC.

El sistema integrado agricultura-ganadería, se considera más eficiente desde el punto de vista productivo y energético (Erenstein y Thorpe, 2010). Sin embargo, existe preocupación por el impacto ambiental que pudiera tener la transición del uso del rastrojo de la AC a la alimentación animal. Según Altieri (2002), la sostenibilidad de la eficiencia en los sistemas integrados, se fundamenta en el cierre de los ciclos de nutrientes (como ocurre en la AC). Con el uso del rastrojo como alimento animal se requiere de la reincorporación de las excretas del ganado a las áreas de cultivo, para poder evaluar una modificación del cierre del ciclo de nutrientes. Sin embargo, en la práctica no siempre se garantiza el cierre de este ciclo, lo que está vinculado a la forma en que se aprovecha, así como su destino final. No obstante lo anterior, el rastrojo puede llegar a ser tanto o más importante que el grano en determinados sistemas productivos, (Estrada *et al.*, 2006) debido a que sustenta –en proporción variable- la manutención del ganado, al cual se recurre en tiempos difíciles para amortiguar los desbalances económicos (Viveros *et al.*, 2010).

Más allá del debate sobre las implicaciones desde el enfoque de sistema, el aprovechamiento del rastrojo en la ganadería es una práctica establecida y de tendencia irreversible. Entonces queda plasmado el desafío de su utilización eficiente y sostenible.

### **Prácticas para el uso y mejora del rastrojo como alimento animal**

Como alimento animal, el rastrojo se puede utilizar potencialmente en forma de forraje, recolectado por el hombre o mediante el pastoreo directo. El empleo como forraje brinda grandes ventajas puesto que permite controlar el consumo y aplicar métodos de mejora de sus propiedades como alimento animal. El pastoreo directo y restringido del rastrojo, aporta beneficios al desarrollo de los ciclos agroecológicos, debido a que garantiza un determinado nivel de depósito de heces fecales y orines en el campo y el ganado, especialmente bovino, no consume todo el material vegetal. Normalmente los animales seleccionan la parte del rastrojo con mejores aportes nutrimentales y el resto continúa aportando cobertura y nutrientes al suelo. Otra ventaja del pastoreo directo es

que evita los costos de recolección y empaque, y permite el reposo de las áreas regulares de pastoreo.

Los trabajos realizados por RED, A. C. en La Frailesca, indican que el pastoreo directo es el modo predominante de utilización del rastrojo de maíz y que el volumen promedio producido fue de 3.2 y 6.7 t ha<sup>-1</sup>, en sistemas de ladera y llano, respectivamente. Se han obtenido en promedio 200 pacas de rastrojo por hectárea, cantidad insuficiente para su comercialización directa; aunque ello no inhabilita su valor y aprovechamiento como subproducto en la alimentación del ganado dentro del sistema.

La recolección del rastrojo da la posibilidad de propiciarle valor agregado mediante la conservación, el suministro controlado a los animales y el tratamiento para la mejora como alimento. Desde el punto de vista nutrimental, este subproducto se ve limitado por su digestibilidad y aporte proteico. Según Yescas *et al.* (2004), su aporte energético no sobrepasa 1.78 Mcal EM kg<sup>-1</sup> MS; mientras que la proteína es inferior a 5%. Sin embargo, su potencial como alimento animal no puede ser despreciado, aunque el rendimiento de biomasa total puede ser diferente entre variedades (Muñoz *et al.*, 2013), en promedio, suele representar 50% de la biomasa aérea de la planta (Dhugga, 2007).

En la búsqueda de alternativas para mejorar la calidad nutritiva de los rastrojos, investigadores y ganaderos han desarrollado tratamientos que incluyen métodos físicos, químicos y biológicos. El tratamiento físico más común y práctico es la reducción del tamaño de la partícula, aunque también se puede utilizar el vapor a presión para hidrolizar determinados enlaces lignocelulíticos. La trituración se realiza mediante la molienda con el objetivo de propiciar mayor superficie de contacto de la microflora ruminal con el sustrato. De esta forma, se garantiza una mejor acción de las enzimas en el rumen (Escobar y Parra, 1980). Estos mismos autores mencionan otros beneficios derivados de la reducción del tamaño de la partícula, tales como una mayor eficiencia de uso de la energía digerida e incremento del consumo voluntario.

Respecto a los métodos químicos se destaca el empleo de soluciones alcalinas. Según Klopfenstein (1978), el álcali reduce la fuerza de los puentes de hidrógeno intermoleculares, que unen moléculas de celulosa, dando lugar a un cambio estructural de estas moléculas al interior de la pared celular. Agrega este autor que, en consecuencia con este cambio de estructura se facilita el acceso de líquido ruminal y además saponifican los ésteres de ácidos urónicos, asociados con las cadenas de xilano, lo que provoca ruptura de enlaces químicos que ligan los carbohidratos de la pared celular. El efecto alcalino sobre los rastrojos es originado, tanto por la solubilización de la hemicelulosa, como por el aumento de la digestibilidad en la fracción fibrosa residual (Fuentes *et al.*, 2001).

Otro método químico para mejorar la calidad de los rastrojos es la amonificación. Además de aumentar la digestibilidad, es una buena fuente de nitrógeno no proteico para la síntesis de proteína microbiana, no deja residuos, es económica y mejora la palatabilidad. La forma convencional de este tratamiento es emplear urea, la cual deriva en amoniaco por acción de la ureasa presente en los rastrojos. Este proceso es favorecido cuando se aumenta la humedad y la temperatura. La amonificación facilita la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos ruminales al incrementar la digestibilidad en rangos de 5 a 15 unidades porcentuales, mejorar el contenido de proteína cruda, y consecuentemente, el consumo y rendimiento animal (Jiménez, 2007).

La suplementación es también una forma efectiva para mejorar el aprovechamiento del rastrojo. En este contexto, Jiménez (2007) define la suplementación como la provisión de un alimento completo, o nutrientes específicos, con el propósito de incrementar el consumo, la digestión o metabolización del rastrojo disponible de forma más eficiente, o para superar la deficiencia de un nutriente limitante. Este es el fundamento de la utilización del rastrojo para la elaboración de alimentos balanceados, con adiciones de hasta 35% en la dieta de los animales (Fuentes *et al.*, 2001).

El suministro de una fuente de nitrógeno, en este caso urea, se considera una forma de suplementación. En cuanto al bajo aporte energético de los rastrojos por su alto contenido de carbohidratos estructurales, la suplementación

con carbohidratos solubles es otra variante a considerar para mejorar el su aprovechamiento. Esta energía extra es imprescindible, si se ha suplementado con una fuente de nitrógeno no proteico, debido al consumo adicional de energía requerida en los procesos de síntesis de energía microbiana.

### **Contribución del rastrojo en agricultura de conservación (AC)**

Estos son algunos beneficios de los rastrojos en la AC:

- Protegen el suelo de la erosión hídrica y eólica.
- Mejoran la infiltración de agua pluvial y de riego, manteniendo una buena estructura del suelo.
- Mantienen el suelo húmedo al reducirse la evaporación.
- Alimentan y protegen a los organismos del suelo. Los materiales en descomposición son una fuente de nutrición excelente para los organismos del suelo y proporcionan condiciones adecuadas para su desarrollo.
- Al descomponerse aumentan el contenido de materia orgánica (MO) del suelo.
- Con una suficiente capa de rastrojos, se limita el crecimiento de las malas hierbas.
- Se convierten en reguladores de la temperatura del suelo al no permitir aumentos bruscos que afecten el desarrollo normal de las plantas.

El gobierno mexicano ha mostrado un interés renovado por el estímulo a las prácticas de la AC (Hellin *et al.*, 2013). Existe también, a nivel mundial, un mayor interés por la AC debido a su potencial para conservar agua, reducir la erosión hídrica y eólica y aumentar el contenido de MO para mejorar su fertilidad natural. Chiapas fue el primer estado mexicano donde se promovió la AC a gran escala, enfatizando los beneficios de no realizar la quema de los residuos y

facilitando créditos a los productores para el uso de prácticas propias de la AC (Erenstein, 1999).

La cobertura del suelo con residuos de cosecha es una práctica necesaria para lograr una AC exitosa (Erenstein *et al.*, 2012), especialmente en regiones semiáridas y subhúmedas. Este principio de la cobertura del suelo, exacerba la disyuntiva entre el uso del rastrojo de maíz como alimento del ganado o cobertura, sobre todo, por el impacto de los rastrojos en la fertilidad y los procesos de erosión del suelo (Erenstein *et al.*, 2012). Una mayor sistematización en el registro de resultados, ayudará a comprender las decisiones de los productores en uso de los residuos de cosecha. Para atenuar esta disyuntiva, pueden generarse alternativas a los sistemas mixtos, incluyendo la retención parcial de residuos o la siembra de cultivos de doble propósito, entre otras. En este sentido, Hellin y colaboradores (2013) señalan que el mejoramiento genético para mejorar la calidad de los residuos del maíz es promisorio, pero poco explorado.

En sistemas tradicionales de cultivo en varias zonas de México, los manejos y prácticas agrícolas inadecuadas han conducido a la degradación y erosión del suelo, lo cual se ha convertido en el principal problema de la producción agrícola, agravado por la vulnerabilidad de los productores a los riesgos climáticos. Las alternativas tecnológicas propician un patrón de cambio en las prácticas culturales y un incremento de la productividad en sistemas maíz/sorgo, entre las que destacan, el mantenimiento de la cobertura del suelo, asociado con el uso de nuevas variedades y niveles moderados de fertilización (Calderón *et al.*, 1991). Como parte de la AC, es necesario resaltar los beneficios y algunas restricciones para el uso del rastrojo como protector y mejorador del suelo.

Aunque el valor de los residuos de cultivo es ampliamente reconocido, es poco entendida su importancia para el mejoramiento y protección del suelo. Esta comprensión es necesaria a la luz de la creciente degradación de los recursos naturales (Hellin *et al.*, 2013).



La retención de niveles adecuados de residuos de cosecha en los terrenos agrícolas es una práctica necesaria para mejorar la calidad, productividad y salud del suelo (Hellin y Haigh, 2002; Govaerts *et al.*, 2006). Los variados usos del rastrojo de maíz dentro de la unidad de producción (alimento animal, cobertura del suelo, combustible, construcción), o al exterior de la misma (por ejemplo, comercialización como alimento para el ganado, o materia prima para elaborar artesanías, entre otros), implican una organización de los sistemas productivos.

Se ha comprobado que la adición de residuos produce efectos benéficos sobre algunas propiedades del suelo, como es la capacidad de retención hídrica y el intercambio catiónico, y por consiguiente, se logra la disminución del riego en posteriores etapas de cultivo (Cegarra *et al.*, 1983), así como mantener la calidad y salud del suelo (Govaerts *et al.*, 2006; Hellin y Haigh, 2002). Se considera que una cobertura del 30% del suelo puede reducir la erosión hídrica en un 80%.

### Control de arvenses

Entre los beneficios de las coberturas vivas está el control de arvenses (maleza). Se ha observado que *Mucuna deeringiana* tiene mayor efecto en la disminución de arvenses que *Canavalia ensiformis*. En cuanto a las coberturas muertas, los resultados son contrastantes, Caamal (1995) reporta un incremento y Guerrero (1995) una disminución con la cobertura (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Efecto de las leguminosas *Mucuna deeringiana* y *Canavalia ensiformis* sobre la presencia de arvenses en Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Yucatán.**

Lugar	Presencia de arvenses		Fuente
	Cobertura viva	Cobertura muerta	
Tulijá, Chiapas	Disminuyó		Aguilar, 1996
Villaflores, Chiapas	Disminuyó		Aguirre, 1995
Zacatepec, Morelos	Disminuyó		Ortiz, 1995
Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	Disminuyó	Disminuyó	Guerrero, 1995
La Esmeralda, Oaxaca	Disminuyó *		Guevara y Herrera, 1995
La Gringa, Oaxaca	Disminuyó *		Martínez y Morales, 1997
Cárdenas, Tabasco	Disminuyó		Ortiz, 1995
Mérida, Yucatán	Disminuyó *	Aumentó	Caamal, 1995

\* *Mucuna deeringiana* presenta mayor efecto que *Canavalia ensiformis*.

Los campesinos observaron también que la mucuna controla las malezas, disminuye su frecuencia y facilita los deshierbes y, por tanto, reduce la necesidad de uso de herbicidas. En algunas parcelas permitió eliminar totalmente el uso de herbicidas y en las grandes, solo lo redujo. Por otra parte, el cultivo de mucuna asociado al de maíz, disminuye la cantidad de fertilizante necesario (Red Gestión de Recursos Naturales, 1997).

### **Control de quemas de terrenos**

Aunque resulta incongruente la quema de rastrojos para mantener el equilibrio en los ecosistemas terrestres, y por cuestiones económicas (Navarro *et al.*, 1995), el efecto beneficioso del uso de rastrojos sobre el control de las quemas es motivo de amplia discusión. Por esto, resulta difícil generalizar, puesto que la decisión del campesino de quemar está asociada a varios factores.

Si el rastrojo tiene el único propósito de cubrir el suelo y capturar/liberar nutrientes, existe poca garantía de que su quema no forme parte, en determinadas circunstancias, de las alternativas de manejo por parte del campesino. Sin embargo, cuando se genera un producto extra en el sistema, como semilla o forraje, entonces las posibilidades de quema disminuyen significativamente.

Se ha observado en algunas localidades, donde se ha plantado *M. deeringiana* para comercializar su semilla, los campesinos están más conscientes y alertas sobre los riesgos y daños de las quemas sin control, y en algunos casos, surgen mecanismos comunitarios para disminuir los peligros.

A pesar de los beneficios mencionados, tradicionalmente ha sido más reconocido el valor de los residuos de cultivo como alimento del ganado, respecto a su valor como protector y mejorador del suelo, sobre todo, en varias zonas y sistemas de cultivo en México basados en el maíz, donde la degradación de los suelos es el problema principal para la producción agrícola, agravado por los riesgos del cambio climático (Hellin *et al.*, 2013).

Por otra parte, es necesario identificar otros beneficios de los cultivos de cobertura para aumentar su utilidad potencial. Con este objetivo, conviene

introducir o fomentar nuevos cultivos y leguminosas, además de las usadas tradicionalmente. Está ampliamente documentado que la asociación maíz-leguminosas, contribuye al mejor uso beneficios del rastrojo, y posee grandes ventajas en comparación con el monocultivo, ya que contribuye a que ocurran interacciones positivas en el sistema de producción. Entre las ventajas de dichas asociaciones están la obtención de mayores rendimientos respecto al monocultivo; un mejor control de arvenses, plagas y enfermedades; la mejor utilización de los recursos naturales (i.e. agua, nutrimentos, luz) y una reducción del riesgo productivo.

Esta práctica, que propicia el incremento de la producción de biomasa en el sistema productivo, permite sustituir la función de los residuos como cobertura o como forraje, por cultivos intercalados o en rotación. Los sistemas que utilizan residuos como mantillo, producen una cantidad de biomasa suficiente para cumplir con el doble propósito de los residuos: mantillo y forraje (Choto de Cerna y Saín, 1992).

En cuanto a la producción de maíz en asociación con cultivos de cobertura, en estudios realizados por la Red de Gestión de Recursos Naturales en localidades del sureste mexicano, encontraron que los campesinos reconocen que las asociaciones favorecen la producción de biomasa en el maíz, además, de proteger al suelo de la erosión, favorecer la diversificación del sistema, reducir el riesgo de plagas y enfermedades y aportar otros productos útiles para el autoconsumo o el mercado.

### **En la elaboración de abonos orgánicos: compostas y vermicompostas**

Según Ernst (2002), en la elaboración de compostas, el proceso de descomposición de los residuos de cosecha depende de factores del ambiente, como temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes, factores inherentes al rastrojo, como la relación C/N, contenido de lignina y carbohidratos solubles; factores de manejo, como la cantidad de rastrojo, el tamaño de partícula y sitio donde ocurre descomposición, ya sea sobre el suelo o incorporado al terreno. En los rastrojos que se descomponen sobre el suelo, la calidad de los mismos está

definida por la concentración de N y lignina, o relación C/N, lo que determina su tasa de descomposición.

Estudios realizados por Ernst *et al.* (2002), mostraron tasas diferentes de descomposición en los tallos de maíz, trigo y soja ubicados sobre la superficie del suelo y su posible modificación a través de la secuencia de cultivos (soya-trigo y maíz-trigo).

Los residuos de cosechas pueden aportar, tras un proceso adecuado de humificación, una cantidad importante de humus beneficioso para el suelo (Rule *et al.*, 1991). Se destacan los valores medios de humus formado por restos de cereales, como los de trigo (300-600 kg ha<sup>-1</sup>) y maíz (400-800 kg ha<sup>-1</sup>); sin embargo, muchas veces los esquilmos son quemados, en lugar de ser utilizados como abono.

Estudios realizados por Mendieta y Marcillo (2013), relacionados con la aplicación del hongo *Pleurotus sapidus* sobre el rastrojo de maíz para acelerar la degradación lignocelulósica en la obtención de abono orgánico, indican que diferentes concentraciones del hongo provocan degradación de la lignina y una disminución de la relación C/N del 88.98%, respecto al porcentaje de la masa inicial.

Los beneficios demostrados por el uso de rastrojos están limitados por algunas características propias del residuo. Por ejemplo, sus bajos contenidos de N y de otros elementos, en ocasiones exigen altas dosis de fertilizante para lograr relaciones C/N estables, que generen residuos abundantes y equilibrados, con ventajas en producción y conservación del suelo y sin afectaciones al rendimiento de maíz (Zea *et al.*, 1997).

Algunos factores culturales, hacen que los productores sustenten la quema de los residuos, entre los argumentos agronómicos están: “*se incrementan las plagas y enfermedades en suelos arcillosos*”; “*existe dificultad para sembrar, debido a la cobertura*”; “*falta de sembradoras adaptadas para estas condiciones*”.

La baja participación de los productores en el diseño, implementación y evaluación de opciones tecnológicas puede ser una limitante para uso del rastrojo como cobertura y mejoramiento del suelo. De ahí que en las últimas décadas se han desarrollado metodologías como: el *Diagnóstico Rural Participativo*, *Acción y Aprendizaje Participativo* y el *Desarrollo Participativo de Tecnologías* (Peters *et al.*, 2003). Recientemente estos métodos han sido utilizados y adaptados para el desarrollo y promoción de tecnologías, basadas en la diversificación del uso de los rastrojos (forraje, cobertura, etc.) (Horne *et al.*, 2000), y en la búsqueda de soluciones apropiadas para los complejos modos de vida de los pequeños productores.

## **OTROS USOS POTENCIALES DEL RASTROJO**

### **En la industria agroalimentaria: producción de champiñones**

El rastrojo de maíz se ha utilizado también como sustrato para la producción de otros alimentos. Por ejemplo, Mendieta y Marcillo (2013) estudiaron la aplicación del hongo *Pleurotus sapidus* en rastrojo de maíz, cuyos objetivos fueron: determinar el medio de cultivo idóneo para su reproducción *in vitro*; comprobar la eficiencia del hongo *P. sapidus* en el proceso de degradación de MO; realizar un análisis económico del mejor tratamiento para obtener datos de factibilidad económica. Estos autores encontraron que la mayor reducción del porcentaje de la relación C/N se presentó con eficiencia en 88.98% menos, respecto al porcentaje de la masa inicial y fue la mejor alternativa de producción biotecnológica debido al bajo costo por kg producido de champiñones (con 0.45 y 5.20 dólares). Los mejores porcentajes de nutrientes mineralizados, se obtuvieron con el tratamiento 1, con (NPK), presentando valores de 0.76, 0.24 y 0.53%.

### **En la construcción de viviendas: tradicionales e industriales**

En varias regiones del sur y sureste de México el rastrojo se mezcla con arcilla húmeda para elaborar adobes y cubrir las paredes de las viviendas. Este tipo de obras se denominan bioconstrucciones, las cuales protegen el ambiente, en comparación a las viviendas convencionales, ya que eliminan todo vestigio de

compuestos orgánicos con fuertes emisiones de CO<sub>2</sub>; en cambio, en la bioconstrucción ocurre un proceso de secuestro de carbono.

El término “*bioconstrucción*”, se refiere a la construcción responsable, que utiliza materiales que no afectan el ambiente. Rescata prácticas tradicionales e incorpora tecnología moderna para diseñar edificios adaptados al clima, al lugar y a sus habitantes. Utiliza materiales biológicos, naturales y “transpirables”, en sustitución de los derivados del petróleo, e incorpora sistemas bioclimáticos como los invernaderos, la geotermia, los muros Trombe (muro o pared orientada al sol, construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica para climatizar la vivienda). También considera el tratamiento de los residuos producidos en la vivienda (Farfán, 2010).

De esta forma, la bioconstrucción ha trascendido del medio rural tradicional, para constituirse en una opción en la construcción convencional moderna. El objetivo de la bioconstrucción es promover una arquitectura ambientalmente saludable, pero a su vez, económicamente viable y humanamente confortable, con bases técnicas modernas de construcción, empleo de materiales locales y sin grandes transformaciones industriales.

Actualmente la capacidad aislante y otras propiedades de los residuos fibrosos de cosechas han llamado la atención en la industria de materiales para de la construcción. En este sentido, Escalera *et al.* (sin fecha), evaluaron el rastrojo de maíz para la elaboración de materiales y a través de una caracterización química estudiaron la reactividad de la ceniza producida mediante la combustión de la planta de maíz.

Otros autores indican que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas puede conferirle propiedades puzolánicas (cementantes). Este estudio mostró la posibilidad de uso de la ceniza de rastrojo de maíz para la elaboración de materiales alternativos en la autoconstrucción de viviendas en el medio rural. Los resultados de dicha investigación confirman el carácter puzolánico de la ceniza de rastrojo de maíz, obteniéndose resistencias a

compresión similares a las de los morteros control (mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir las piedras o ladrillos).

### CONCLUSIONES

- El rastrojo de maíz es un subproducto integrador de los subsistemas agrícola y ganadero en regiones del sureste mexicano donde se emplea como alimento animal, ya sea en pastoreo directo o empacado para su posterior uso, o bien para ser utilizado en la elaboración de alimentos balanceados.
- El uso del rastrojo como alimento animal ocasiona competencia con la AC, por lo que es necesario evaluar las implicaciones ambientales de esta práctica.
- La diversificación de los usos del rastrojo es un tema de investigación actual y recurrente, lo cual demanda una sistematización de los estudios para apoyar las decisiones de los productores respecto al uso de los rastrojos, sobre todo en los sistemas de producción mixtos.



**Artesanía elaborada con hojas de maíz.**

**Fuente:** *Manualidades y artesanías Salticoz*. Disponible en: <<http://salticoz.blogspot.com/2011/03/como-hacer-munecas-con-hojas-de-maiz.html>>.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M. J. L. (1995). *Control de maleza en la asociación maíz (Zea mays L.) frijol terciopelo (Stizolobium deeringianum Bort.) en terreno de ladera en Villaflores, Chiapas*, (tesis profesional). Villaflores, Chiapas: UNACH (Universidad Autónoma de Chiapas), 64 pp.
- Altieri, M. A. (2002). The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agroecology*, 93, 1-24.
- Caamal, M. J. A. (1995). *El uso de leguminosas como cobertura viva y muerta para el control de las malezas en el cultivo de maíz, como alternativa al sistema roza-tumba-quema, en Yucatán. México*, (tesis de maestría). Turrialba, Costa Rica: CATIE, 106 pp.
- Calderón, F.; Sosa, M.; Mendoza, V. M.; Saín, G. E. y Barreto, H. J. (1991). *Adopción y difusión de labranza de conservación en Metalío-Guaymango, El Salvador: aspectos institucionales y reflexiones técnicas*. San José (Costa Rica). Memorias del Taller Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas: Oportunidades de Colaboración Interinstitucional. Coronado (Costa Rica). 13-16 Agosto. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p. 189-210.
- Cegarra, J.; Hernández, M. T.; Lax, A. y Costa, F. (1983). Adición de residuos vegetales a suelos calizos. II. Influencia sobre la capacidad de retención hídrica y las propiedades de intercambio iónico. *An. Edafol. Agrobiol.*, 42 (1-2), 235-244.
- Choto de Cerna, C. y Saín, G. (1992). *Análisis del mercado de rastrojo y sus implicaciones para la adopción de la labranza de conservación en El Salvador*. Síntesis de resultados experimentales. CIMMYT, Guatemala (Guatemala). Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe. Guatemala (Guatemala). CIMMYT-PRM. pp. 212-222.
- Delgado, C.; Rosegrant, M.; Steinfeld, H.; Ehui, S., and Courbois, C. (1999). Livestock to 2020. The next food revolution. *Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 28*. IFPRI/FAO/ILRI. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, 72 p.
- Dhugga, K. S. (2007). Maize biomass yield and composition for biofuels. *Crop Science*, 47, 2211-2227.
- Erenstein, O. (1999). *The Economics of Soil Conservation in Developing Countries: The Case of Crop Residue Mulching*. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Erenstein, O., and Thorpe, W. (2010). Crop-livestock interactions along agro-ecological gradients: a meso-level analysis in the Indo-Gangetic Plains, India. *Environ Dev. Sustain*, 12, 669-689.
- Erenstein, O.; Sayre, K.; Wall, P.; Hellin, J., and Dixon, J. (2012). Conservation Agriculture in Maize- and Wheat-Based Systems in the Subtropics: Lessons from Adaptation

- Initiatives in South Asia, Mexico, and Southern Africa. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 180-206.
- Ernst, O.; Bentancur, O., y Borges, R. (2002). Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo: trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o de soja. *Agrociencia*. 6(1), 20-26.
- Escalera, C. A.; Payá, J. B.; M. V. Borrachero, R.; L. Soriano, M. y J. M. Monzó B. (s/f). *Estudio de morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz: posibilidades de uso en construcciones rurales*. Universidad Politécnica de Valencia. 12 p.
- Escobar, A. y Parra, R. (1980). *Procesamiento y tratamiento físico-químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo*. En: Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal: memorias de una reunión de trabajo efectuada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. pp. 93-130.
- Estrada-Flores, J. G.; González-Ronquillo, M.; Mould, F. L.; Arriaga-Jordán, C. M., and Castelán-Ortega, O. A. (2006). Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. *J. Anim. Sci.* 82, 845-852.
- FAO. (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Biodiversidad para un mundo sin hambre*. [Consultado: 18 de enero de 2012]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biodiversity/biodiversity-home/es/>>.
- Farfán, P. (2010). La Arquitectura del Futuro. *Revista BOND*. Abril-Mayo. Caracas, Venezuela.
- Fuentes, J.; Magaña, C.; Suárez, L.; Peña, R.; Rodríguez, S.; Ortiz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad “*in vitro*” de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192.
- Govaerts, B.; Sayre, K.D., and Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till.* 87, 163-174.
- Guerrero, J. T. C. (1995). *El conocimiento tradicional sobre el uso de la pica-pica mansa en el sistema de chahuitera en el norte del Istmo Oaxaqueño*, (tesis profesional). Chapingo, México. UACH, 100 p.
- Hellin, J., Erenstein, O.; Beuchelt, T.; Camacho, C., and Flores, D. (2013). Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop-livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12-21

- Hellin, J., and Haigh, M. J. (2002). Better land husbandry in Honduras: towards the new paradigm in conserving soil, water and productivity. *Land Degrad. Dev.* 13, 233-250.
- Horne, P. M.; Magboo, E.; Kerridge, P. C.; Tuhulele, M.; Phimpachanhvongsod, V.; Gabunada Jr. F.; Bin, L. H., and Stur, W. W. (2000). *Participatory approaches to forage technology development with smallholders in Southeast Asia*. In: Stur, W. W.; Hacker, J. B., and Kerridge, P. C. (Eds.), *Working with Farmers: The Key to Adoption of Forage Technologies*. Proceedings of an International Workshop held in Cagayan de Oro City, Mindanao, Philippines from 12 to 15 October, 1999. ACIAR Proceedings No. 95, pp. 23-31.
- Jiménez, R. (2007). *Uso de desperdicios de tubérculos de papa y de rastrojos de maíz tratados con urea en la alimentación estratégica de ovinos*, (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria, Lima Perú.
- Klopfenstein, T. (1978). Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46, 841-848.
- Lal, R. (2005). World crop residues production and implications of its use as a biofuel. *Environ. Int.* 31(4), 575-584.
- Lenné, J. M.; Fernandez-Rivera, S., and Blummel, M. (2003). Approaches to improve the utilization of food feed crops synthesis. *Field Crops Research*, 84, 213-222.
- Martínez, H. F. y Morales L.I. (1997). Evaluación de leguminosas coberteras asociadas con maíz en sistema de chahuiteras, en San Francisco la Paz, Santa María Chimalapa, Oaxaca, México, I (tesis profesional). Chapingo, México: UACH, 107 p.
- Mendieta, M. R. y Marcillo, V. F. V. (2013). *Utilización del hongo Pleurotus sapidus en la degradación lignocelulósica del rastrojo de maíz para la elaboración de abono en agricultura orgánica*, (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel López Félix. Calceta. Ecuador.
- Muñoz-Tlahuiz, F.; Guerrero-Rodríguez J.; López, P. A.; Gil-Muñoz A.; López-Sánchez H.; Ortiz-Torres, E.; J. Hernández-Guzmán A.; Taboada-Gaytán O.; Vargas-López, S. y Valadez-Ramírez, M. (2013). Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 4(4), 515-530.
- Navarro, P. J.; Sierra, B.; Gómez, I. y Mataix, J. (1995). Modificación de las propiedades químicas de un suelo por la adición de residuos de almazara. *Actas V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, pp. 403-407. Murcia.
- Ortiz, C. A. (1995). *Aporte de nitrógeno y control de arvenses por el uso de leguminosas en el cultivo del arroz*, (tesis de maestría). Montecillo, México, Colegio de Postgraduados, 160 p.

- Peters, M.; Lascano, M. E.; Roothaert, R.; Haan, N. C. (2003). Linking research on forage germplasm to farmers: the pathway to increased adoption- a CIAT, ILRI and IITA perspective. *Field Crop Research*, 84, 179-188.
- Red para la Gestión de Recursos Naturales. (1997). *El uso de sistemas de cultivo con plantas de cobertura en algunas comunidades del Sureste mexicano: contexto, resultados y lecciones aprendidas*. Taller Internacional sobre Abonos Verdes y Cultivos de Cobertura para Pequeños Productores de Zonas Tropicales y Subtropicales. Brasil, abril, 1997.
- Rule, J. S.; Turley, D. B. and Vaidyanathan, L. V. (1991). *Straw incorporation into soils compared with burning during successive seasons-Impact of crop husbandry and soil nitrogen supply*. In: Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment, pp. 339-354. Ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge (Reino Unido).
- Salazar, L. y Rosabal, N. Y. (2007). *Procesos de innovación rural: Una mirada al desarrollo rural desde la reflexión y experiencia de América Latina*. Editorial Digesa Lara, S. A. Barquisimeto, 385 p.
- SIAP. (2012). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/>>.
- Viveros-Flores, C. E.; Gil-Muñoz, A.; López, P. A.; Ramírez-Valverde, B.; Guerrero-Rodríguez, J. y Cruz-León, A. (2010). Patrones de utilización de maíz en unidades de producción familiar del valle de Puebla, México. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 12, 447-461.
- Yescas-Yescas, R.; Bárcena-Gama, R.; Mendoza-Martínez, G.; González-Muñoz S.; Cobos-Peralta M. y Ortega, C. M. (2004). Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 38, 23-31.
- Zea, J. L.; Osorio, M. y Bolaños, J. (1997). Uso del rastrojo de maíz como cobertura superficial y sus implicaciones en la economía del nitrógeno en el cultivo del maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 8(2), 85-89.



## CONSIDERACIONES FINALES



## Consideraciones finales

*Tania Carolina Camacho Villa\*, José Antonio Espinosa García, Francisco Guevara Hernández, Luis Reyes Muro y Jesús Ovando Cruz. \* C.Camacho@cgiar.org*

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Los casos de estudio del tema de rastrojos, contenidos en este libro, utilizaron diferentes métodos y herramientas, lo cual se explica, en gran medida, por las características previamente identificadas en las regiones seleccionadas.

En La Frailesca existen condiciones ecológicas apropiadas para la producción de biomasa y los agricultores han combinado la siembra de maíz con la actividad ganadera. Este hecho motivó la realización de un estudio sobre el sistema maíz-ganadería en el que se evaluó la eficiencia energética.

En la región Valles Altos se tomaron en cuenta los avances en la agricultura de conservación (AC) y se estudiaron, desde las perspectivas social y económica, los usos del rastrojo que más compiten con el de cobertura de suelo, que son el empaque y el pastoreo.

El Bajío es una región reconocida por producir excedentes, tanto de granos como de residuos de cosecha, por lo que se analizó el mercado de las pacas.

Las herramientas metodológicas empleadas permitieron profundizar sobre diferentes aspectos del manejo, uso y mercado de los residuos de cosecha de donde se obtuvo información sobre el contexto, lo que ayudó a tener una visión amplia de la diversidad y complejidad del tema. No obstante, en cada estudio, dichas herramientas presentaron algunas ventajas y limitantes, las cuales se resumen en los siguientes cuadros.

En el Cuadro 1 se mencionan las ventajas y limitantes del estudio sobre las implicaciones socioeconómicas y ambientales del uso y manejo de rastrojo en el caso de La Frailesca, Chiapas.

**Cuadro 1. Ventajas y limitantes de los métodos utilizados en el estudio de caso La Frailesca, Chiapas.**

Temática	Ventajas	Limitantes
Identificar los usos y manejo del rastrojo en La Frailesca en función del nivel de producción de los campesinos.	Las ESE, así como el recorrido por transectos definidos para la realización del presente estudio permitieron identificar los diferentes tipos de uso y manejo del rastrojo a nivel de región.	Las comunidades, predios muestra de los productores fueron elegidos al azar, en función del número de comunidades. Por lo anterior, pudieron haber quedado fuera del estudio sitios de interés.
Identificar los factores sociales, culturales, económicos y ambientales que influyen en las decisiones del uso y manejo del rastrojo en La Frailesca.	Permitió tipificar a los productores, usuarios y comercializadores de rastrojo desde una perspectiva social. En el caso de los productores, estos se tipificaron con base en la superficie cultivada, el volumen de cosecha y la rentabilidad. Para el caso de los usuarios, estos se clasificaron con base en los tipos de usos por especies pecuarias y etapas de la producción y mezclas, entre otros. Finalmente, la tipificación de los comercializadores se realizó en función de los criterios: presentación de rastrojos para venta, y aspectos del mercado como oferta y demanda, tendencias, etc.	El análisis de la información de los cuestionarios aplicados a los tres tipos de actores no permitió conocer los factores que influyen en el uso de rastrojos como cobertura de suelo.  Debido a la amplitud y diversidad de la información recopilada no fue posible incluir en su totalidad los análisis realizados. Por ejemplo: grado de participación familiar (género y jóvenes) en el uso y manejo del rastrojo, porcentaje de productores que reciben subsidios, porcentaje de productores que utilizan paraquat, número de productores que usan abonos verdes y cultivos de cobertura (AVCC), etc.
Estimar el balance energético del sistema de producción de maíz, así como el grado de aporte a la dieta pecuaria.	La metodología propuesta por Funes-Monzote permitió estimar eficientemente los valores de rendimiento, intensidad y eficiencia energética (energía producida/energía consumida).	Por cuestiones de tiempo y de recursos humanos para ordenar, analizar e interpretar los datos, fue imposible realizar varias actividades, entre ellas, la estimación del balance energético (BE) por cultivos y por especies pecuarias, así como el cálculo del aporte energético del rastrojo, ni los gastos energéticos en toda su magnitud (molido, cosecha, transporte, etc.).



Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

Conocer el volumen de producción de rastrojo vs. lo que queda en la parcela después de cierta intensidad de pastoreo.	El estudio de caso arrojó datos, tanto para terreno plano como en ladera.	No es muy representativo, ya que se estimó en una sola localidad (Monterrey de Villa Corzo).
Conocer las características de la maquila, como aspecto importante e inherente al uso y manejo del rastrojo.	El estudio de caso permitió obtener datos valiosos de una actividad poco estudiada en el contexto agropecuario regional. Sobre todo, dando una pauta clara del porqué del uso predominante del rastrojo en pastoreo directo.	Debido a que solo se entrevistaron maquiladores de Villa Corzo, los resultados no son representativos de la realidad regional.

El análisis de los aspectos sociales y económicos en relación con el manejo y uso del rastrojo en la región Valles Altos presentó las siguientes ventajas y limitantes (Cuadro 2):

**Cuadro 2. Ventajas y limitantes de los métodos y herramientas utilizados en el estudio de caso Valles Altos.**

Temática	Ventajas	Limitantes
Estimar la contribución del rastrojo en la alimentación animal.	La estimación del balance se realizó con los datos disponibles a nivel municipal.	La estimación de los datos es afectada por la falta de información estadística detallada, actualizada y específica por tipo de ganado.
	La estandarización de unidades de medición permite hacer la comparación entre oferta y demanda de alimentos.	No existe una metodología para calcular la disponibilidad de alimento pecuario.
	La información estadística a nivel municipal permite hacer una distribución espacial de la oferta y demanda.	No existen datos estadísticos sobre la producción de esquilmos. Tampoco existe una fórmula estándar para estimar la cantidad de esquilmos a partir de la producción de grano.
	Las estimaciones de oferta y demanda con base en datos promedio del periodo 2006-2011 permiten detectar la variación entre “años malos” y	La fórmula de la oferta no contempla la contribución de los alimentos balanceados, ya que no existen estadísticas al respecto.

## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

	<p>“años buenos” para la producción agrícola y pecuaria. La fórmula para estimar la oferta incluye los datos estadísticos disponibles y considera los elementos más importantes que contribuyen a la alimentación animal.</p>	<p>En la fórmula de balance los agostaderos juegan un papel crucial para definir déficit o superávit; esto, porque no existen datos que permitan separar animales en pastoreo de aquellos estabulados.</p>
<p>Describir los diferentes usos y manejos del rastrojo en Valles Altos.</p>	<p>La utilización de tres herramientas de colecta de información permitió “triangular” los datos, y con ello, determinar patrones de uso de los rastrojos en general. También fue posible conocer que los productores combinan diferentes usos en diversos porcentajes.</p> <p>La comparación de datos a nivel comunidad vs. datos del propietario de Módulo permitió identificar cambios en el patrón de cultivos.</p> <p>El foro con actores clave, donde se discutieron las ventajas y desventajas de los diferentes usos de los rastrojos, permitió apreciar la magnitud de las implicaciones económicas, agronómicas y tecnológicas de los rastrojos.</p>	<p>Las tres herramientas permiten coleccionar información solo de una muestra sesgada a los Módulos, y pequeña en comparación con las unidades de producción en la región. Asimismo, las herramientas no permiten resaltar las diferencias en porcentajes asignados a cada uso, por localidad, tipo de productor, tipo de rastrojo y condiciones ambientales.</p> <p>Los datos colectados a nivel comunidad vs. datos del propietario de Módulo no son comparables, ya que no se contemplan diferencias por tipo de agricultor y por sistema de producción.</p> <p>Las ventajas y desventajas en los usos de los rastrojos identificadas por los participantes del foro parten de la premisa de que el rastrojo como cobertura beneficia al suelo, con mayor impacto en aspectos agronómicos que sociales.</p>
<p>Profundizar en el estudio de aspectos sociales, y de los factores que influyen en el empaque y en el pastoreo.</p>	<p>A partir de entrevistas semiestructuradas fue posible conocer cómo se realiza el empaque y pastoreo en la región; sobre todo, los acuerdos a que llegan los productores agrícolas y los ganaderos. Los acuerdos sobre la cosecha y empaque de rastrojo son altamente variables.</p>	<p>La muestra de entrevistados hace que este análisis sea exploratorio y limitado en su representatividad.</p> <p>Las herramientas utilizadas permiten capturar parcialmente la variación regional de cómo se llevan a cabo estas actividades en las diferentes localidades.</p>

## Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

	<p>Se identificó un mercado de pacas de rastrojo local, regional y nacional.</p> <p>Las entrevistas permitieron conocer el perfil general de los pastores.</p>	<p>Las herramientas utilizadas no permitieron profundizar en el mercado de las pacas. Faltó entrevistar a intermediarios compradores de pacas, y el número de encuestas a maquileros y ganaderos fue muy limitado. El número de encuestas aplicadas a pastores fue muy limitado y no permitió identificar la diversidad en la región.</p>
<p>Contribución de los rastrojos en los ingresos.</p>	<p>El análisis de los datos colectados en la encuesta permitieron cuantificar y/o estimar el valor económico del rastrojo, tanto en pastoreo o autoabasto, a precios del mercado.</p> <p>Se obtuvo información detallada de los costos y beneficios de la producción de maíz y cebada en AC y en el sistema convencional.</p> <p>Los datos cuantitativos confirman los datos cualitativos.</p>	<p>Aunque en la muestra incluyeron todos los propietarios de Módulo, estos no representan necesariamente a todas las unidades de producción de la región.</p> <p>La parcela testigo (sistema convencional) no representa necesariamente la realidad de agricultores vecinos, debido a que los productores con Módulo son elegidos por ser innovadores, con potencial e interés de experimentar y con acceso a asistencia técnica.</p> <p>El ciclo de cultivo P-V 2011 fue difícil para los agricultores, debido a factores climáticos adversos, con lluvias tardías y heladas tempranas.</p> <p>Muchos agricultores de la muestra apenas empezaron con AC. Los resultados pueden variar si practican la AC por varios años.</p> <p>Se usaron los costos de mercado para las diferentes actividades (maquila o mano de obra contratada), debido a que algunos agricultores maquilaron y otros no.</p> <p>Debido a que no se obtuvieron datos exactos de mano de obra familiar, consumo de diesel, depreciación y costos fijos, se usó el precio de mercado a través de las encuestas.</p>

La investigación del mercado y la cadena productiva de los rastrojos en El Bajío presenta las ventajas y limitantes que se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Ventajas y limitantes de los métodos y herramientas utilizados en el caso El Bajío.**

Temática	Ventajas	Limitantes
Identificar la importancia de los usos de rastrojos en El Bajío para ganadería vs. cobertura de suelo.	Las herramientas de estudio utilizadas permitieron cuantificar con rigor científico el mercado de rastrojos utilizados como insumo alimenticio de rumiantes.	Se estudió parcialmente el uso de rastrojos como cobertura de suelos, como una de las prácticas recomendadas en AC.
Identificar los factores sociales, culturales o económicos que influyen en la decisión de uso de rastrojos en El Bajío.	Se realizó una caracterización socioeconómica de los productores agrícolas, de los ganaderos y de los intermediarios, en el contexto del mercado de rastrojo usado como insumo en la alimentación de ganado.	El análisis de la información obtenida a través de los cuestionarios, no permitió conocer los factores que influyen en el uso de rastrojos como cobertura de suelo.
Identificar la ventaja o desventaja de que exista un precio competitivo del rastrojo.	Se identificó que el precio del rastrojo es una variable de mercado que muestra la estacionalidad de la oferta y de la demanda, pero que es lo suficientemente atractivo para la intervención del intermediario.	El precio de mercado de rastrojos no toma en cuenta los costos ambientales y, por lo tanto, no refleja el beneficio para el productor al dejar el rastrojo en su terreno en lugar de venderlo. También, por el lado de la demanda, el precio del rastrojo no refleja el valor nutritivo de este.
Identificar la importancia del dominio de la tecnología y de la existencia de maquinaria apropiada para la implementación de prácticas de AC.	Se realizó una caracterización tecnológica de la producción de granos en El Bajío y se identificó el tipo de maquinaria que existe.	El método y herramientas aplicados en el estudio no permitieron profundizar en el dominio de las prácticas tecnológicas requerido para la AC.
Identificar si los productores agrícolas de la	Se logró conocer en qué medida los productores valoran las ventajas de la AC.	El enfoque economicista del estudio de mercado no permitió valorar otros factores, tales como los efectos en los

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

<p>región de El Bajío tienen conciencia del problema de y del impacto de esta en la productividad de los cultivos por pérdida de materia orgánica (MO) y humedad de sus tierras de cultivo.</p>		<p>recursos naturales, debido a la agricultura intensiva.</p>
<p>Valorar la importancia del intermediarismo y la obtención de altos márgenes de comercialización para integrar los eslabones de la cadena productiva de rastrojos en El Bajío.</p>	<p>Al cuantificar los márgenes de comercialización de los intermediarios, fue posible identificar su papel en la cadena productiva.</p>	<p>Una probable limitante es que no se preguntó sobre la capacidad potencial de los productores para organizarse y evitar así el intermediarismo.</p>
<p>La cuantificación de la oferta y la demanda de rastrojos es la base para el diseño de políticas de apoyo a la agricultura de conservación.</p>	<p>Se identificaron los cultivos que aportan la mayor cantidad de rastrojos y los estados que los producen. También se conoció quiénes los compran.</p>	<p>Debido a que el estudio de mercado se llevó a cabo solo en El Bajío y dado que gran parte del rastrojo se consume fuera de esta región, el trabajo tiene limitantes pues no caracterizó a los ganaderos de las zonas de demanda.</p>

Las herramientas metodológicas permitieron realizar la descripción de las regiones, la identificación y tipificación de actores, la descripción detallada de actividades y la estimación de la importancia del rastrojo. Sin embargo, estas herramientas presentaron restricciones de representatividad de las muestras estudiadas, sesgo provocado por privilegiar el uso como forraje y/o cobertura, sobre otros usos, y limitaciones para identificar los factores que influyen en la decisión de uso del rastrojo. Tomando en consideración estas limitaciones se propone realizar estudios sobre este tema a nivel local o regional que incluyan los siguientes elementos (Cuadro 4):

**Cuadro 4. Elementos a considerar en estudios locales o regionales sobre el manejo y uso de los rastrojos.**

Subtema	Comentarios
<b>Tema: Uso y manejo de rastrojo</b>	
Definición de rastrojo/ residuo de cosecha.	Se propone como definición: “la parte del cultivo arriba del suelo que queda después de retirar el grano”. Sin embargo, esta definición podría cambiar según la región.
Descripción de diferentes formas de manejo/uso, considerando porcentajes.	Es importante desagregar los usos hasta subcategorías e identificar sus diferencias. Tal es el caso del rastrojo como forraje en pacas vs. en greña vs. molido. Asimismo, considerar las ventajas y desventajas de cada uso.
Estimación del volumen de producción considerando la relación grano-forraje.	La relación grano-forraje cambia según el cultivo, su propósito (grano vs. forraje), variedad y calidad forrajera (criollo vs. híbrido).
Identificación de costumbres, paradigmas, preferencias y acuerdo, en torno al uso/manejo del rastrojo.	<p>Por ejemplo, la percepción que tienen los agricultores de las zonas de riego de El Bajío, que consideran al rastrojo como “basura” y que el agricultor es un “flojo” si lo deja como cobertura.</p> <p>También estudiar el manejo histórico que se ha dado al rastrojo. En algunas regiones data de la época colonial, como en el Valle de México, y en otras ha sido más reciente, como en La Frailesca.</p>
Análisis del mercado y de los actores que conforman la cadena de valor del rastrojo como forraje.	Abordar la importancia económica y comercial de las pacas de rastrojo, en algunas regiones como Valles Altos y El Bajío. Considerar la demanda local, regional y nacional, así como los términos de intercambio comercial entre los actores de la cadena, sobre todo, el papel que juega el intermediario.
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="207 1312 426 1442">Identificación de leyes y políticas públicas, que promueven/ desestiman</li> </ul>	Tal es el caso de leyes, normas y programas de gobierno, tanto Federal como Estatal, que prohíben prácticas como la quema; por ejemplo, la Norma de Esquilmos (Norma Técnica Ambiental NTA-IEE-005/200) del Gobierno de Guanajuato.

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

manejos específicos del rastrojo.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio histórico de los cambios e intervenciones sobre el manejo del rastrojo.</li> </ul>	Incluir estudios sobre adopción de tecnologías, que promueven el uso diferente del rastrojo y las ventajas ambientales y económicas en el mediano y largo plazo, como es el caso de la “agricultura híbrida” en El Bajío.
<b>Tema: Región</b>	
Identificación de la región agroecológica y de su potencial productivo.	Considerar elementos como la disponibilidad de humedad, la temperatura y la topografía para calcular la producción de biomasa en una determinada área.
<b>Tema: Tipología de productores</b>	
Caracterización de los productores.	Características demográficas, tipo de tenencia de la tierra, actividades productivas y proporción de sus ingresos de las actividades agropecuarias.
<b>Tema: Sistemas de producción</b>	
Caracterización de los sistemas de producción agrícola.	Tomar en cuenta indicadores como el tamaño de la unidad de producción, régimen de humedad, productividad y siniestralidad. Variedad, nivel de fertilización, manejo de maleza, etc.
Caracterización de los sistemas de producción pecuaria.	Considerar el tipo de ganado, los esquemas de manejo (estabulado/semiintensivo/intensivo), importancia y aporte del rastrojo en la alimentación y nutrición animal.
Identificar ventajas y desventajas de la relación ganadería: agricultura.	Mediante la detección de las ventajas y desventajas, profundizar en el estudio de la compleja relación que existe entre dichas actividades, que no solamente implica aspectos económicos sino también sociales y productivos.
<b>Tema: Sustentabilidad</b>	
Identificar esfuerzos de mejoramiento/conservación/restauración de suelos agrícolas.	Identificar otros esfuerzos en torno al mejoramiento de suelos agrícolas. Esto porque los principios que promueve la AC bien pueden sumarse a otras prácticas como barreras vivas y terrazas, entre otras.
Caracterizar los flujos energéticos de los sistemas	Mediante este concepto, se podría identificar cómo y dónde se produce y usa, y cómo regresa el rastrojo, así como detectar si



productivos con base en el manejo de los rastrojos.	los sistemas se “complementan” o son “extractivos”.
Contextualizar los diferentes papeles del rastrojo a nivel de unidad de producción, comunidad, región y entre regiones.	Por medio de esta contextualización se podrían identificar estrategias de manejo de los residuos de cosecha que conduzcan a la sustentabilidad.

Además de los temas y subtemas descritos y discutidos sobre el manejo y uso del rastrojo, se abordan aspectos generales en torno a la agricultura y a la ganadería y sus contextos ambientales, políticos, sociales y económicos.

### ASPECTOS TEMÁTICOS

Los residuos de cosecha desempeñan un papel importante en el sector agropecuario de México, lo cual quedó ampliamente demostrado con los estudios de caso realizados en las regiones La Frailesca, El Bajío y Valles Altos, que indican que la mayor parte del rastrojo se usa como forraje y es muy apreciado por los ganaderos. Asimismo, se estimó que a nivel nacional, los residuos de los cultivos de maíz, sorgo, trigo y cebada contribuyen con el 21% de la demanda de la alimentación de los rumiantes, pero esto varía en las diferentes zonas y sistemas de producción, ciclos, etc. Por ejemplo, en las regiones Valles Altos y El Bajío contribuyen con el 40% en la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos.

Se determinó que existen canales de comercialización del rastrojo-forraje, primordialmente en forma de pacas, están fuertemente consolidados en dos de las regiones estudiadas. Es el caso de Valles Altos, y sobre todo El Bajío, donde existe una cadena de comercialización formal. En estas áreas ocurren situaciones muy dinámicas de oferta y demanda, sobre todo en época de cosecha y de escasez de forraje, que no se limitan a estas zonas, sino que abarcan estados como Chihuahua o Veracruz. Por el contrario, en La Frailesca el mercado de pacas es incipiente, con dominio del pastoreo. En términos generales, en las tres áreas de estudio existen acuerdos individuales y comunitarios basados en usos y costumbres para el aprovechamiento de los residuos de cosecha como forraje. De

ahí la necesidad de intensificar la investigación del papel de los residuos de cosecha en las actividades agropecuarias a nivel local y regional.

Los sistemas mixtos, en los que se combina la agricultura con la ganadería, están presentes en La Frailesca, Valles Altos y El Bajío, lo mismo que en otras regiones del país, en opinión de los propios productores, por los beneficios que se obtienen. Estos beneficios no solo se limitan a aspectos económicos, como lograr mayores ingresos, sino también abarcan elementos sociales, como es la ocupación de mano de obra y de producción -rastrojo/forraje, estiércol/abono-. La integración de la agricultura y la ganadería es una estrategia que muchos productores han decidido utilizar, para afrontar desafíos ante los bajos precios de los granos o la alta siniestralidad de los cultivos. Tal es el caso de los productores maiceros de La Frailesca y de las zonas secas de Valles Altos. La agricultura y la ganadería también están integradas a nivel interregional; por ejemplo, existe articulación entre áreas tradicionalmente agrícolas, como El Bajío guanajuatense, y aquéllas mayormente ganaderas, como lo es El Bajío jalisciense.

No obstante la gran relevancia del rastrojo como forraje, este uso no es el único. De acuerdo con los resultados obtenidos en los tres estudios de caso, se demostró ampliamente la diversidad de usos, sobre todo, para un mismo tipo de residuo. Así, en Chiapas el rastrojo se pastorea, o se deja como cobertura y/o se quema; en El Bajío el mayor volumen comúnmente se empaqueta y el excedente se incorpora o se deja como cobertura del suelo, mientras que en Valles Altos se empaqueta, pastorea o se incorpora al suelo. Sin embargo, existen diferencias locales de uso, definidas por el sistema de producción agrícola y la disponibilidad de fuentes alternas de alimento para el ganado, como son los potreros y la producción de forrajes de corte, entre otros.

Las diferencias encontradas en las regiones estudiadas son una muestra de la enorme versatilidad de uso de los residuos de cosecha, de mayor magnitud que la referida en la literatura y que valdría la pena profundizar en su análisis. Los resultados de los estudios en las tres regiones, indican la dinámica en el manejo que los productores dan a sus residuos de cosecha, la cual responde a situaciones particulares. Tal es el caso de los propietarios de Módulo en Valles Altos, quienes

han modificado los patrones de manejo de sus rastrojos, debido a la práctica de la AC. También han ocurrido cambios en los usos en La Frailesca, donde se acostumbraba quemar el rastrojo y ahora se está comenzando a empacar. Finalmente, en El Bajío una proporción de productores está convencida de las ventajas de incorporar los residuos en sus tierras de cultivo. Esta complementariedad y flexibilidad de usos que ocurre en el sector agropecuario es una ventana de oportunidad para maximizar el aprovechamiento de los rastrojos.

El uso de los rastrojos en la AC es considerado actualmente de alta relevancia, dada su contribución en el mejoramiento de las características y la conservación de los suelos; sin embargo, por la importancia de estos como forraje, son varios los retos para manejar los residuos de cosecha como cobertura de suelo. Así, en Valles Altos, el libre pastoreo representa una limitante para la adopción de AC, pero no necesariamente es la causa más importante. Por su parte, en El Bajío, varios productores opinan que los residuos de cosecha son “basura”, sin dimensionar su valor comercial como forraje. En Chiapas, el rastrojo se usa básicamente para pastoreo en las etapas de crecimiento y desarrollo del ganado bovino, dependiendo de la necesidad de pastos y del grado de conciencia del productor sobre la importancia de este subproducto para conservar el suelo, por lo que su empleo para la alimentación en la dieta del ganado es limitada y es incipiente el mercado formal.

Aún con los retos señalados, en diferentes localidades de las tres regiones del país, los productores que poseen Módulos donde se está experimentando la AC, están dejando el rastrojo como cobertura de suelo. Son productores que implementan opciones para desafiar los debates académicos, que describen el manejo de los rastrojos como una práctica estática y que posicionan los diferentes usos de manera antagónica y excluyente. Son opciones que demandan mucha creatividad y apertura por parte de los científicos y técnicos, para hacer compatibles los usos, que a primera vista, parecen incompatibles (como el pastoreo y la cobertura, en Chiapas), y en lugar de proponer recomendaciones generales se requiere desarrollar en equipo con los productores, acciones de manejo específicas adecuadas a sus necesidades. Se espera que la información contenida en este libro pueda ser aprovechada para tal propósito.

Es momento de reflexionar sobre cuál es la mínima cantidad de rastrojo que se debe dejar sobre la superficie del suelo en la AC, o la aportación de los residuos de cosecha de manera integral; es decir, no solo pensar en su papel como mejorador de suelos o como forraje, sino en su aportación a la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios.

Es desde una visión amplia que se tendrían que definir estrategias integrales de manejo de los rastrojos; pues ciertamente los residuos de cosecha contribuyen a la mejora del suelo, aunados al uso de abonos verdes y prácticas de conservación de suelos. Los cultivos de cobertura, entre ellos los abonos verdes, son una opción probada en el trópico húmedo, así como las prácticas para frenar la erosión (por ejemplo, las altas densidades del cultivo), combinadas con obras de conservación de suelo y de humedad, han demostrado su utilidad en zonas áridas.

Respecto al aprovechamiento de los residuos agrícolas en la ganadería, es necesario realizar el análisis desde diferentes enfoques. Uno de estos se refiere al estudio a nivel de unidad de producción y de localidad, en cuyo caso la herramienta de ordenamiento ecológico o los flujos energéticos sirven para orientar a los productores en el manejo sustentable, no solo de sus parcelas, sino también de sus potreros, corrales y ganado. Es muy probable que la utilización de estas estrategias tendría un impacto positivo en el manejo del rastrojo.

En otro lado está el análisis de las relaciones que se establecen entre localidades de la misma región y entre regiones del país, donde según sea el caso, se tendrá que reflexionar sobre la sustentabilidad de la interacción entre la agricultura y la ganadería, así como con el mercado, y en general, la cadena de valor de los rastrojos como forraje.

Finalmente, como producto del análisis de información derivada de los estudios y estas reflexiones, se podrá identificar de qué manera las estrategias locales y regionales del uso de rastrojo se suman a estrategias de mayor alcance en proyectos, programas y políticas públicas. Asimismo, se podrán elaborar políticas públicas, que desestimulen el beneficio a corto plazo el uso del rastrojo como forraje a costa de la productividad agrícola, y que reconozcan y estimulen

Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México.

los beneficios a largo plazo de los residuos de cosecha en AC, como una acción inmediata con la finalidad de contribuir a la sustentabilidad del campo mexicano.





## Índice de autores

- Abbott (1987) 165  
Aceves *et al.* (2002) 83  
Aguilar (1996) 196  
Aguirre (1995) 196  
Aguirre y Pérez (2010) 52  
Alapin (2008) 3, 7  
Alcántara (1993) 50  
Altieri (2002) 191  
Álvarez y Ochoa (2006) 64  
Améndola *et al.* (2006) 96, 97, 129  
Arens (1983) 50, 89  
Arriaga-Jordán *et al.* (2003) 97  
ASICH (2007) 40, 53, 87  
Beuchelt and Badstue (2013) 8, 34, 98  
Caamal (1995) 196  
Caldentey (1993) 145, 165  
Calderón *et al.* (1991) 195  
Calderón *et al.* (2012) 165  
Cámara de Diputados (2007) 81  
Cárdenas (1999) 141  
Castañeda y Monroy (1984) 3, 48, 49, 50, 51, 60  
Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (2007) 40  
Chambers (1993) 41  
Choto de Cerna (1992) 198  
Coleman and Moore (2003) 4  
Coleman *et al.*, (1976) 72  
Conde (2007) 40  
Correa (2008) 3  
Cuevas (2011) 165, 166  
Cuevas *et al.* (2007) 163, 165  
Damián *et al.* (2010) 144  
De la Piedra (1987) 56  
Delgado *et al.* (1999) 189  
Dhugga (2007) 192  
Domingo (2004) 69  
Donnet *et al.* (2012) 146  
Ekboir (2001) 3  
Erenstein (1999) 5, 6, 7, 99, 128, 130, 195  
Erenstein (2003) 99  
Erenstein and Thorpe (2009) 98  
Erenstein and Thorpe (2009) 98, 128  
Erenstein y Thorpe (2010) 31, 191  
Erenstein *et al.* (2011) 5, 7, 98  
Erenstein *et al.* (2012) 6, 41, 63, 98, 195  
Ernst (2002) 198, 199  
Escalera *et al.* S/F 201  
Escobar y Parra (1980) 192  
Estrada *et al.* (2006) 191  
Eyhorn *et al.* (2002) 3  
FAO (2003) 23, 29, 30, 31  
FAO (2010) 40  
FAO (2012) 6, 189  
Farfán (2010) 211  
Ferguson y Gould (1994) 144, 168  
Ferraro (2008) 74  
Ferreiro (1990) 4, 99  
Figueroa (1983) 50, 68, 69  
Flores (2007) 61, 78  
Fowler y Rockstrom (2000) 63  
Fuentes (2001) 4, 22, 52, 62, 98, 193



- Funes (2011) 43  
Funes-Monzote (2009) 42, 209  
Galaviz *et al.*, (2011) 26, 27, 28, 29, 156, 164  
García (2005) 40, 66  
Gasque (2008) 26, 27, 28, 29, 156, 164  
Gebremedhin *et al.*, (2009) 4  
Gereffi (2001) 165  
Giller *et al.* (2009) 98  
Gómez *et al.* (2008) 22, 23  
Gómez *et al.* (2000) 64  
Govaerts *et al.* (2005) 98, 99  
Govaerts *et al.* (2006) 196  
Guerrero (1995) 196  
Guevara (2007) 41  
Hagmann (1999) 41  
Hellin (2013) 6, 99, 128, 194, 195  
Helling and Haigh (2002) 196  
Hernández (2011) 40, 63  
Hernández (1985) 41  
Humberto *et al.* (2011) 103, 105  
ILRI (2010) 4  
INE (2002) 104  
INEGI (2007) 155, 156, 164  
INEGI (2009) 140, 141  
INEGI (2012) 40  
INEGI. Anuario Estadístico de Chiapas (2012) 46  
INIFAP (2010) 23, 26, 27, 28, 29, 156, 164  
Jiménez (2007) 193  
Jiménez *et al.* (2004) 32  
Jolalpa *et al.* (2009) 170  
Kassam *et al.* (2009) 5, 98  
Klopfenstein (1978) 193  
Kotler (2001) 142  
Lal (1997) 6  
Lenné (2003) 129, 189  
Lozano *et al.* (1991) 62  
Luna (2010) 15  
Lundy *et al.* (2004) 165  
Macedo (2000) 3, 4, 5, 13, 15, 22, 99  
Magnan *et al.* (2012) 4, 99  
Margalef (1968) 72  
Márquez *et al.* (2011) 42  
Martínez y Morales (1997) 197  
McDermott *et al.* (2010) 129  
Mejía (2002) 82  
Mendieta y Marcillo (2013) 199, 200  
Meul *et al.* (2007) 41  
Monterroso-Rivas *et al.*, (2008) 104  
Mandal (2002) 43  
Muñoz (2011) 15  
Muñoz (2013) 192  
Muñoz-Tlahuiz (2013) 196, 207  
Noriega *et al.*, (2009) 68  
Núñez (2012) 32  
Odum (1984) 72  
OEIDRUS (2011) 62  
Ortega *et al.* (2010) 65  
Parthasarathy Rao and Hall (2003) 5  
Pimentel (1980) 73  
Pineda (2005) 141  
Poey (1978) 68  
Quiroga *et al.* (2006) 58  
Ramírez *et al.* (2013) 31, 34, 38  
Ramírez y Volke (1999) 15, 34  
Ramírez-López *et al.* (2013) 98  
Rearte (1997) 70

- Red Gestión de Recursos Naturales (1997) 197
- Reddy *et al.* (2003) 5
- Retes (2010) 81
- Reyes-Muro *et al.* (2012) 105
- Rodríguez *et al.* (2010) 32
- Romney *et al.*, (2003) 5
- SAGARPA (2002) 104
- SAGARPA (2003) 165
- SAGARPA (2007) 104
- SAGARPA (2008) 59, 156, 164
- SAGARPA (2009) 13
- SAGARPA (2010) 15, 32
- SAGARPA (2011) 20, 21
- SAGARPA (2012) 47, 103, 104
- SAGARPA (2013) 96, 97
- SAGARPA-COTECOCA (2002) 104
- Salazar y Godínez (2010) 77
- Sánchez *et al.* (2012) 3, 4, 5, 62, 182
- Sánchez y Martínez (2001) 72
- Santos *et al.* (2000) 74
- Schiere *et al.* (2002) 74
- Shanahan *et al.* (2010) 13
- SIACON (2012) 47, 62
- SIACON-SIAP (2011) 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29
- SIAP-SAGARPA (2011) 20, 21
- SIAP-SAGARPA (2012) 104
- SIAP-SAGARPA (2013) 96, 97
- Thornton *et al.* (2003) 9
- Thornton *et al.* (2002) 95
- Turrent *et al.* (2012) 52, 73, 76
- Ulanowicz (1999) 72
- Valbuena *et al.* (2012) 5, 41, 98, 128, 130
- Valdés *et al.* (2009) 74
- Vargas (2000) 72
- Varian H. (1992) 144
- Vázquez (2009) 53
- Vilche *et al.* (2006) 74
- Villegas *et al.* (2001) 5, 22, 23, 29, 30, 155, 156, 164
- Viveros (2010) 191
- Wall (2007) 98
- Wall (2009) 99, 130
- Wise (2010) 52
- Wortmann *et al.* (2012) 3, 15, 22
- Yesca *et al.* (2003) 51
- Yescas *et al.* (2004) 4, 192
- Zetina *et al.* (2005) 15

## Índice de materias

### A

Actores económicos, 143, 183  
Adobes, 32, 174, 189, 200  
Agostaderos, 23, 29, 96, 97, 104, 108,  
109, 11, 120, 135, 178, 184, 211  
Agricultura de conservación, 1, 5, 34, 94,  
98, 135, 229, 139, 150, 188, 194, 208,  
214, 224, 238, 246  
Artesanías, 32, 188, 190, 196, 202

### B

Bajío, 2, 6, 100, 135, 138, 139, 140, 141,  
142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149,  
150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157,  
158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165,  
166, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175,  
176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184,  
189, 208, 213, 214, 215, 216, 217, 218,  
219, 231, 246  
Beneficio económico, 229  
Biomasa, 41, 50, 172, 188, 192, 198, 208,  
216

### C

C/N, 198, 199, 200  
Cadena productiva, 137, 138, 139, 143,  
165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 179,  
183, 184, 185, 213, 214, 230  
Cambio climático, 1, 89, 98, 197, 230  
Clazol, 3, 114, 230, 246  
Cobertura, 3, 5, 6, 31, 48, 85, 98, 99, 100,  
106, 111, 114, 115, 116, 124, 128, 130,  
131, 132, 139, 153, 188, 189, 191, 195,  
196, 197, 198, 199, 200, 208, 214, 215,  
218, 219, 220, 221, 230, 233, 246

Comercialización, 4, 81, 85, 130, 131,  
138, 139, 142, 143, 145, 156, 164, 165,  
169, 171, 175, 177, 179, 180, 181, 182,  
183, 192, 196, 214, 217, 230, 246  
Consumo, 12, 15, 22, 23, 26, 27, 28, 29,  
30, 31, 34, 40, 42, 50, 54, 58, 72, 74, 89,  
97, 104, 108, 108, 118, 138, 143, 144,  
156, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 173,  
175, 181, 182, 183, 191, 192, 193, 194,  
198, 212, 230, 231, 232, 234, 235, 246  
Costos de producción, 39, 44, 76, 78, 79,  
83, 98, 101, 117, 125, 127, 168, 189,  
230  
Cultivos forrajeros, 29, 104, 109, 129,  
178, 230

### D

Déficit, 94, 103, 109, 110, 112, 128, 164,  
175, 211, 231  
Demanda, 3, 4, 5, 8, 13, 15, 22, 30, 31,  
33, 41, 69, 76, 80, 85, 90, 98, 103, 108,  
109, 110, 111, 112, 118, 128, 138, 139,  
142, 143, 144, 155, 156, 160, 161, 162,  
163, 165, 171, 174, 175, 178, 183, 189,  
202, 209, 210, 213, 214, 215, 217, 219,  
231, 246  
Digestibilidad, 4, 22, 33, 50, 51, 52, 68,  
181, 192, 193, 231  
Disponibilidad, 3, 13, 15, 22, 30, 76, 117,  
129, 131, 153, 160, 164, 175, 178, 183,  
188, 193, 198, 210, 216, 218, 231

### E

Eficiencia energética, 42, 43, 72, 73, 74,  
208, 209, 231

- Erosión, 3, 31, 98, 117, 194, 195, 196, 198, 220, 228, 229, 230, 231, 233, 234
- Esquilmos agrícolas, 4, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 30, 104, 105, 109, 110, 111, 112, 114, 128, 129, 130, 131, 139, 155, 156, 171, 231, 232
- Evaporación, 31, 98, 194, 232, 235
- F**
- Factibilidad económica, 76, 200, 233
- Fertilidad, 31, 48, 83, 85, 101, 194, 195, 233
- Fertilización, 15, 49, 101, 107, 149, 151, 195, 216, 233
- Flujos comerciales, 175, 177, 233
- Forraje (ros), 2, 5, 15, 22, 23, 29, 30, 31, 41, 52, 83, 85, 89, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 104, 105, 109, 111, 112, 113, 114, 117, 118, 119, 122, 124, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 135, 139, 143, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 170, 172, 173, 175, 176, 178, 182, 183, 184, 191, 197, 198, 200, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 221, 231, 235, 247
- Frailasca, 2, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 189, 190, 192, 208, 209, 215, 217, 218, 219, 234, 239, 246
- G**
- Ganadería, 6, 12, 13, 15, 22, 23, 29, 30, 31, 38, 40, 52, 66, 67, 69, 71, 72, 84, 85, 94, 96, 98, 99, 100, 106, 108, 110, 113, 114, 119, 120, 123, 129, 130, 131, 155, 164, 166, 168, 182, 184, 191, 208, 213, 216, 217, 218, 220, 232
- Greña, 49, 114, 117, 124, 180, 215, 233
- H**
- Hato, 12, 83, 155, 159, 161, 169, 233
- Hongos, 32, 34, 182, 190
- I**
- Incorporación, 48, 114, 115, 117, 124, 132, 168, 182, 191, 233
- Ingreso, 1, 5, 22, 38, 39, 41, 44, 72, 76, 77, 79, 94, 101, 106, 107, 113, 117, 119, 123, 124, 125, 144, 168, 189, 212, 216, 218, 233, 235
- Intermediarios, 80, 138, 139, 143, 145, 166, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 178, 179, 180, 183, 212, 213, 214, 233
- L**
- Labranza convencional, 5, 98, 232
- Labranza mínima, 5, 98, 233
- M**
- Maleza, 3, 4, 49, 117, 149, 152, 196, 197, 216, 230
- Manejo del rastrojo, 38, 209, 210, 215, 216, 220, 233
- Mantillo, 48, 198, 233
- MasAgro, 1, 2, 85, 100, 101, 115, 116, 123, 131, 132, 135, 232, 233
- Materia orgánica, 3, 31, 48, 64, 88, 98, 117, 194, 214, 229, 233
- Materia seca, 12, 26, 49, 103, 156, 233
- Mercados, 4, 15, 40, 76, 80, 85, 108, 117, 118, 130, 138, 139, 142, 143, 156, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 170, 173, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 198, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 217, 219, 220, 230, 231, 233

Metodología, 41, 42, 88, 100, 109, 110,  
111, 112, 142, 200, 209, 210, 232

Molido, 52, 67, 68, 69, 70, 72, 80, 82, 83,  
166, 170, 171, 172, 180, 209, 215, 232

Mulching, 7, 132

## O

Oferta, 3, 4, 5, 8, 15, 33, 85, 103, 104,  
108, 109, 110, 111, 112, 118, 128, 138,  
139, 143, 144, 145, 146, 155, 165, 169,  
178, 182, 209, 210, 211, 213, 214, 217,  
229, 230, 234, 246

## P

Pacas, 6, 32, 41, 52, 80, 100, 107, 108,  
118, 119, 122, 124, 130, 131, 154, 166,  
170, 171, 172, 181, 192, 208, 211, 215,  
217

Pastoreo, 3, 6, 22, 38, 41, 63, 66, 67, 68,  
69, 70, 80, 82, 83, 84, 94, 97, 99, 100,  
104, 105, 106, 112, 114, 115, 117, 119,  
120, 121, 122, 124, 130, 131, 133, 158,  
159, 160, 161, 185, 191, 192, 202, 208,  
210, 211, 212, 217, 219, 228, 229, 234

Praderas, 29, 90, 95, 108, 109, 120, 184

Precios, 4, 5, 22, 47, 48, 64, 76, 77, 78,  
80, 81, 82, 83, 84, 107, 108, 114, 129,  
130, 138, 144, 161, 162, 163, 178, 179,  
180, 181, 182, 183, 212, 213, 218, 231,  
233, 234, 246

Presupuesto parcial, 106, 125, 234

Puzolánicas, 201

## R

Rendimiento, 1, 5, 14, 15, 31, 40, 44, 47,  
48, 53, 54, 64, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 84,

98, 101, 107, 125, 141, 145, 146, 148,  
149, 189, 192, 193, 198, 199, 209, 234

Residuos de cosecha, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 15,  
18, 22, 29, 30, 31, 32, 48, 49, 64, 77, 94,  
97, 98, 99, 100, 104, 106, 114, 115,  
116, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 132,  
146, 147, 164, 175, 189, 190, 195, 196,  
198, 199, 208, 217, 218, 219, 220, 221,  
232, 234, 246

## S

Sistema de producción, 38, 39, 42, 44,  
71, 73, 74, 76, 96, 123, 125, 158, 160,  
161, 177, 198, 209, 211, 218, 232, 235,  
Superávit, 94, 103, 109, 110, 111, 112,  
129, 164, 211, 235

## T

Tipología, 38, 53, 54, 58, 59, 60, 78, 79,  
84

TMCA (Tasa Media de Crecimiento  
Anual), 23, 24, 235

## U

Unidad animal, 26, 26, 103, 235

Uso del rastrojo, 6, 38, 62, 63, 64, 69, 76,  
83, 85, 94, 98, 99, 100, 114, 116, 128,  
131, 132, 190, 191, 195, 200, 202, 210,  
214, 217, 221

## V

Valles Altos, 2, 6, 34, 94, 95, 96, 97, 100,  
101, 102, 108, 109, 110, 111, 112, 113,  
114, 115, 119, 123, 125, 128, 130, 131,  
135, 189, 208, 210, 211, 215, 217, 218,  
219, 235, 246

Valor económico, 100, 106, 123, 212,  
235

## Glosario

<b>Agente económico</b>	Actores que intervienen en el proceso de toma de decisiones en un determinado sistema económico con la finalidad de optimizar su bienestar.
<b>Agostadero</b>	Porción de terreno, con vegetación de origen natural o inducido, dedicada a la cría de ganado en pastoreo directo, corte o ambos.
<b>Agricultura de conservación (AC)</b>	Sistema agrícola sustentable que integra una serie de prácticas para el uso del suelo con la mínima alteración de su composición, estructura y biodiversidad natural y máxima protección contra los procesos de degradación (erosión y compactación).
<b>Análisis cualitativo</b>	Método análisis en investigación en ciencias sociales. Se basa en cohortes metodológicos fundamentados en principios teóricos, como la fenomenología, la hermenéutica y la interacción humana, empleando técnicas de recolección de datos no cuantitativos para explorar las relaciones sociales y describir la realidad tal y como la experimentan los protagonistas.
<b>Análisis cuantitativo</b>	Método de análisis en investigación científica que permite examinar datos numéricos, generalmente con ayuda de herramientas estadísticas.
<b>Balance energético</b>	Equilibrio entre la energía consumida a través de los alimentos y la energía gastada durante el día.
<b>Beneficio económico</b>	Término utilizado para designar la ganancia que se obtiene en una actividad económica.
<b>Biocombustible</b>	Combustible de origen biológico renovable que se obtiene a partir de restos orgánicos.
<b>Biomasa</b>	Materia orgánica (MO) producida por los seres vivos como resultado de sus actividades vitales. Cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.

<b>Cadena productiva</b>	Es la integración de los agentes y actividades económicas que intervienen en un proceso productivo, desde la actividad primaria hasta la oferta al consumidor final incorporando todos los procesos intermedios (transformación) que sean necesarios para su comercialización en mercados internos y externos.
<b>Cambio climático</b>	Es un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo.
<b>Clazol</b>	Bagazo de la caña de azúcar.
<b>Cobertura de rastrojo</b>	Uno de los principios de la AC, que consiste en dejar los residuos sobre la superficie del suelo, para que sirvan de cobertura y evitar que la lluvia caiga directamente, reduciendo así la erosión del suelo. Sirve para conservar la humedad y controlar malezas en el cultivo. Además, al descomponerse los residuos se transforman en abonos para los cultivos.
<b>Comercialización</b>	Serie de actividades que tienen como finalidad hacer llegar un producto al consumidor final, en forma conveniente, en el momento y lugar oportunos.
<b>Compradores finales</b>	Persona física o jurídica que adquiere, utiliza o disfruta de un bien o servicio de forma definitiva.
<b>Consumo</b>	Etapa final del proceso económico-productivo, definida como el momento en que un bien o servicio produce alguna utilidad al consumidor.
<b>Costos de producción</b>	Valor monetario de los insumos que requiere la unidad económica, para realizar la producción de un bien o servicio; se consideran los pagos de los factores de la producción: tierra, trabajo y capital y otro tipo de bienes y servicios consumidos en el proceso productivo.
<b>Cultivos forrajeros</b>	Material vegetal con el que se alimenta el ganado. Las especies de plantas de interés forrajero pertenecen a las familias de las gramíneas y de las leguminosas.



<b>Déficit</b>	Resultado negativo en la balanza comercial de uno o varios productos en un periodo de tiempo.
<b>Demanda</b>	Cantidad de un bien o servicio que un individuo está dispuesto a comprar por un precio en un momento dado.
<b>Digestibilidad</b>	Forma de medir el aprovechamiento de un alimento ante la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición.
<b>Disponibilidad</b>	Probabilidad de que un producto pueda ser encontrado o consumido en el mercado en general.
<b>Eficiencia energética</b>	Práctica empleada durante el consumo de energía, que tiene como objeto reducir el consumo de la misma.
<b>El Bajío</b>	Región geográfica y cultural ubicada en el occidente de México. Su extensión es de 34,541.94 km <sup>2</sup> . Comprende el territorio no montañoso del estado de Guanajuato, las llanuras del oeste de la ciudad de Querétaro, los valles de Morelia y la Piedad, en Michoacán, y las llanuras orientales de Jalisco.
<b>Empaque</b>	Recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal, principalmente para agrupar unidades de un producto, pensando en su manipulación, transporte y almacenaje.
<b>Erosión</b>	Remoción de partículas de suelo, debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son: la lluvia, el viento y el oleaje. La magnitud del material removido depende del grado de intemperismo del suelo.
<b>Esquilmos agrícolas</b>	Restos de las plantas que permanecen en el terreno, después de cosechar el grano o semilla.
<b>Evaporación</b>	Proceso físico que consiste en el paso lento y gradual del estado líquido de una sustancia al estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial.

<b>Factibilidad económica</b>	Quando la inversión que se está realizando en un proyecto, negocio o sistema de producción es justificada por la ganancia que se genera.
<b>Fertilidad del suelo</b>	Medida de la riqueza nutrimental del suelo, donde intervienen sus características físicas, químicas o físico-químicas.
<b>Fertilización química</b>	Acción de aplicar una sustancia o elemento para suministrar los componentes químicos necesarios la nutrición de las plantas. Es la reposición o aporte artificial de nutrientes.
<b>Flujos comerciales</b>	Ventas y compras productos entre regiones.
<b>Forraje</b>	Conjunto de plantas herbáceas o de vegetales que sirven para alimentar a los animales domésticos.
<b>Ganadería</b>	Actividad económica que consiste en la cría y manejo de animales domésticos para el aprovechamiento de sus productos y subproductos.
<b>Hato</b>	Conjunto de cabezas de ganado.
<b>Greña</b>	Forma de transporte y uso de esquilmos agrícolas sin procesos de empaque o molido.
<b>Incorporación de rastrojo</b>	Práctica que consiste en mezclar los residuos de cosecha al momento de preparar la tierra, con el fin de incrementar su contenido de MO.
<b>Ingreso</b>	Recursos que obtienen los individuos, sociedad o gobierno, por el uso de capital, trabajo humano, o cualquier otro motivo que incremente su patrimonio. Es la remuneración por realizar dicha actividad.
<b>Intermediarios</b>	Grupo de personas que colocan los productos agropecuarios en los centros de consumo.
<b>Labranza convencional</b>	Laboreo antes de sembrar, con maquinaria (arados), que corta e invierte total o parcialmente los primeros 15 cm del suelo.

<b>Labranza mínima</b>	El menor número de pasadas de maquinaria en el suelo para que obtener una buena germinación y población de plantas.
<b>La Frailesca</b>	Región geográfica, histórica y socioeconómica del estado de Chiapas, formada por los municipios El Parral, Ángel Albino Corzo, La Concordia, Montecristo de Guerrero, Villa Corzo y Villaflores. Extensión: 7,987.19 km <sup>2</sup> .
<b>Lignocelulósico</b>	Tejidos vegetales cuyas células tienen una pared celular constituida por el entramado de microfibrillas de celulosa formando capas recubiertas de hemicelulosas y sobre las que se deposita la lignina.
<b>Manejo del rastrojo</b>	En AC consiste en usar los residuos de la cosecha como cobertura o incorporados al suelo, para reducir la erosión, conservar la humedad e incorporar MO.
<b>Mantillo</b>	Capa superior del suelo formada por tierra y restos de animales y de vegetales en descomposición
<b>MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional)</b>	Programa a 10 años, impulsado por SAGARPA y CIMMYT, cuyo objetivo es aumentar de manera sostenible la productividad de maíz y trigo en zonas de temporal a fin de fortalecer la seguridad alimentaria de los mexicanos.
<b>Materia orgánica (MO)</b>	Producto de la descomposición de restos vegetales y animales y que por la acción de microorganismos se transforman en humus, que es un abono orgánico.
<b>Materia seca (MS)</b>	Parte que resta de un material vegetal que se conserva después de haber perdido toda la humedad.
<b>Mercado</b>	Lugar donde concurren los compradores y vendedores de productos para ponerse de acuerdo en cuanto a precio y cantidad.
<b>Metodología</b>	Conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar una gama de objetivos que rigen en investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o técnicas específicas.

<b>Mulch</b>	Cubierta de protección como: hojas, paja o turba, que se coloca alrededor de las plantas para prevenir la erosión del suelo, evaporación de la humedad, la congelación de las raíces y el crecimiento de las malas hierbas.
<b>Oferta</b>	Cantidad de producto que se pone a la venta a cierto precio en un determinado momento.
<b>Pastoreo</b>	Es el consumo directo del pasto, rastrojo, forraje, arbustivas forrajeras, etc., por el ganado en el campo.
<b>Pradera</b>	Sitio donde se establecen pastos, aunque puede estar compuesta por diversas especies vegetales y tener un origen y manejo, según el objetivo que se persiga.
<b>Precio</b>	Expresión de valor en términos monetarios de un producto o servicio que el comprador debe pagar al vendedor para lograr el conjunto de beneficios que resultan de tener o usar dicho producto o servicio.
<b>Presupuesto parcial</b>	Método utilizado para comparar los resultados financieros de una o más tecnologías alternativas. Utiliza cambios en el margen de ganancia neta (ingresos-costos) para evaluar tales alternativas.
<b>Productores</b>	Personas que generan bienes y servicios.
<b>Rastrojo de maíz</b>	Porción de hojas, tallos, espigas y brácteas de la mazorca que queda después de extraer e grano.
<b>Rendimiento</b>	Producción obtenida por unidad de superficie cultivada.
<b>Rentabilidad</b>	Capacidad de producir o generar un beneficio extra sobre la inversión o esfuerzo realizados.
<b>Residuos de cosecha</b>	Materiales que quedan después de recoger el producto principal del cultivo.
<b>Rumiante</b>	Animal que digiere los alimentos en dos etapas: primero los consume y luego realiza la rumia (regurgitación de material semidigerido, remasticación y agregación de saliva). Los bovinos, caprinos y ovinos son rumiantes.

<b>Sistema de producción</b>	Sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, ejecución y el planteamiento de un proceso.
<b>Superávit</b>	Resultado con valor positivo en la balanza comercial de uno o varios productos durante un determinado tiempo.
<b>Temporalidad</b>	Período asociado a determinadas actividades productivas, que se repite cíclicamente todos los años. Los productos agrícolas tienen periodos de alta y baja producción; a este acontecimiento se le llama temporalidad.
<b>Tipología</b>	En diversos campos de estudio se encarga de realizar una clasificación de diferentes elementos.
<b>TMCA (Tasa Media de Crecimiento Anual)</b>	Indicador que se utiliza para expresar el ritmo de crecimiento o disminución de los valores de una variable de interés, respecto al promedio anual.
<b>Unidad animal (UA)</b>	Vaca adulta (vientre bovino) de 400 a 450 kg de peso, en gestación o con cría al pie. Su consumo de MS se utiliza como referencia para estimar las necesidades de alimento para diversas especies y edades de animales.
<b>Unidad de producción</b>	Terreno, infraestructura, maquinaria, equipo, animales y otros bienes utilizados en las actividades agropecuarias y no agropecuarias por el grupo familiar bajo una misma administración y vivienda.
<b>Valles Altos</b>	Región de México constituida por 418 municipios, de los cuales, 66 corresponden al estado de Hidalgo; 113, al Estado de México; 179, a Puebla; 60, a Tlaxcala; además de las 16 delegaciones del Distrito Federal. Posee clima templado y subhúmedo, con lluvias en verano y precipitaciones anuales que varían de 400 a 900 mm.
<b>Valor económico</b>	Cualidad esencial y distintiva de los productos con un valor económicos. Es la <i>utilidad apropiada</i> o el grado de utilidad que <i>convierte las cosas en riqueza</i> .



## Reseña biográfica de los autores

### Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi



Colaborador del CIMMYT en la estrategia MasAgro en la coordinación del proyecto de Investigación-Acción y Aprendizaje Participativo. Investigador Titular. Doctor en Ciencias Agrícolas en la Universidad Agraria de La Habana, con estudios de posgrado en el Centro Internacional de Agricultura(IAC) y en el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas Orientadas al Desarrollo (ICRA) de Holanda. Líneas de investigaciones recientes: Gestión de procesos de innovación y desarrollo rural, enfoque de sistemas aplicados al medio rural, balances energéticos de sistemas de producción agropecuarios, investigación-acción y aprendizaje participativos. Colaborador de la ONG española ACSUR Las Segovias. Dirigió y asesoró proyectos financiados por la Agencia Española para la Colaboración Internacional y el Desarrollo (AECID) y la comunidad Autónoma de Cantabria. Consultor, facilitador de diplomado, cursos y talleres para el desarrollo de Procesos de Innovación Rural en Latinoamérica. Asesor de la Red de Estudios para el Desarrollo Rural de México (RED, A.C).

### Ph. D. Tania Carolina Camacho Villa



Investigadora del Programa de Socioeconomía en el CIMMYT, con sede en México. Realizó estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo, maestría en Recursos Fitogenéticos en la Universidad de Birmingham en el Reino Unido y doctorado en Sociología del Desarrollo Rural en la Universidad de Wageningen en los Países Bajos. Su investigación doctoral fue un estudio transdisciplinario que entrecruza aspectos agronómicos de las prácticas del cultivo de la milpa con circunstancias sociopolíticas y culturales de la vida de los campesinos indígenas que la cultivan en el Sureste Mexicano. En sus 15 años de experiencia ha estudiado los recursos fitogenéticos, agrobiodiversidad y sistemas agrícolas tradicionales, así como aspectos socio-antropológicos asociados al cambio tecnológico y al desarrollo rural.

### Ph. D. Jonathan Hellin



Investigador del Programa de Socioeconomía en el CIMMYT, con sede en México. Realizó estudios profesionales y de maestría en la Universidad de Oxford y de doctorado en la Universidad Oxford Brookes. Después de completar su investigación doctoral (un estudio interdisciplinario sobre el manejo de la tierra por parte de pequeños agricultores de Latinoamérica), su trabajo se ha enfocado en la seguridad de las estrategias de vida de los agricultores y en su acceso a mercados. Es autor de dos libros y de más de 45 artículos en diversas revistas internacionales. Cuenta con 25 años de experiencia en investigación sobre desarrollo rural en América Latina, el Sur de Asia y el Este de África.



### **Dr. Sc. agr. Kai Sonder**



Jefe de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica del CIMMYT que provee datos y análisis espaciales, así como entrenamiento en SIG a investigadores y colaboradores que trabajan en maíz, trigo y agricultura de conservación en África, Asia y Latinoamérica. Ha trabajado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, el Instituto de Investigación Internacional del Ganado (ILRI) en Etiopía y el Instituto de Internacional de la Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria. Realizó sus estudios de maestría en Producción Vegetal Tropical y Agroecología en la Universidad Justus-Liebig en Alemania. Su trabajo doctoral en la Universidad de Hohenheim en Alemania fue sobre modelaje de la conservación y la erosión del suelo en las zonas montañosas de los Andes Colombianos.

### **Dra. Tina D. Beuchelt**



Actualmente trabaja en el “Center for Development Research” (ZEF) en Alemania, antes laboró en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México, en el Food Security Center (FSC) en Alemania y en la Universidad de Hohenheim. Es especialista en economía agrícola y desarrollo rural. Realizó sus estudios de maestría en agricultura, manejo de recursos naturales y seguridad alimentaria en los trópicos y subtrópicos en la Universidad de Hohenheim, Alemania. Su trabajo doctoral en la Universidad de Hohenheim fue sobre los efectos de certificaciones sociales y orgánicas en el bienestar de pequeños cafecultores en Nicaragua. Cuenta con siete años de experiencia en investigación sobre procesos del desarrollo rural y seguridad alimentaria incluyendo aspectos de género y equidad social, sistemas de extensionismo y de innovación y aspectos socioeconómicos de tecnologías y su difusión en América Latina, Asia y África.

### **M. C. Víctor Manuel Hernández Rodríguez**



Trabaja en la Unidad de Sistemas de Información Geográfica del CIMMYT, con sede en México. Realizó sus estudios de licenciatura y de Maestría en Geografía en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es especialista en el manejo de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota. En sus 15 años de experiencia laboral ha trabajado con diversas temáticas como manejo de recursos naturales, contaminación ambiental, clasificación de imágenes de satélite, fotointerpretación, elaboración de planes de ordenamiento territorial, manifestaciones de impacto ambiental y análisis de riesgo.

### **Dra. Mercedes Borja Bravo**



Investigadora titular, Programa de Socioeconomía del INIFAP (Campo Experimental Pabellón). Doctora en Ciencias en Economía por el Colegio de Postgraduados. Líneas de investigación: Modelos de equilibrio espacial e intertemporal, impacto de políticas económicas en el sector agrícola, estudios de mercado y análisis de rentabilidad para productos agropecuarios. Entre sus publicaciones científicas destacan: Políticas para disminuir las importaciones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: un análisis por tipo de variedad; Confianza y redes sociales en productores de hortalizas en San Luis Potosí, México; Distribución espacial de la producción de frijol en función de las variedades demandadas por el consumidor; Un modelo de equilibrio especial e inter-temporal para analizar los efectos del tipo de cambio en el mercado de tomate en la zona TLCAN, 2005-2008; Mexican fresh tomato exports in the North American market: a case study of the effects of productivity on competitiveness. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

### **Dra. Alejandra Vélez Izquierdo**



Investigadora titular, Programa de Socioeconomía del INIFAP (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal). Doctora en Ciencias en Economía por el Colegio de Postgraduados. Líneas de investigación: evaluación de impactos, seguimiento y evaluación económica, estudios de mercado, análisis de rentabilidad de sistemas agropecuarios y factores que influyen en la adopción de tecnologías en el sistema de producción de lechería familiar. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

### **Dr. José Antonio Espinosa García**



Investigador titular, Programa de Socioeconomía del INIFAP (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal). Es licenciado Economía, egresado de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo sus grados de Maestría y Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola en el Colegio de Postgraduados. Realizó un postdoctorado en la Universidad de Reading, Inglaterra. Sus líneas de investigación son: análisis prospectivos, evaluación de impactos de la tecnología, análisis económico en sistemas agropecuarios. Ha publicado más de 15 artículos en revistas científicas y libros especializados en economía agrícola. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

### **M. C. Jesús Ovando Cruz**



Es coordinador de gestiones y ejecución de proyectos de la RED, A. C. en varias comunidades de la región Frailesca y Centro del estado de Chiapas, a partir del 2009. Es ingeniero agrónomo y maestro en ciencias en Agroecología Tropical en el Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas, con la tesis “Análisis de empoderamiento en una comunidad campesina de la reserva de la biósfera La Sepultura en el municipio de Villaflores, Chiapas: un enfoque participativo de investigación orientado a la acción”. Algunos de sus proyectos se refieren a estudios de ordenamiento territorial comunitarios, elaboración de reglamentos internos ejidales con enfoque ambiental, estudios de factibilidad para inversión. Cuenta con una Granja Integral de Producción Sustentable (GIPS “La Montaña”) que se pretende sea el Centro de Capacitación Agroecológica de Red A. C. donde se pueda “aprender-haciendo”.

### **Ph. D. Francisco Guevara Hernández**



Profesor titular de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Doctor en Ciencias en Tecnología y Desarrollo Agrario, Universidad de Wageningen (Países Bajos). Maestro en ciencias por el Instituto de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados e ingeniero en agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo. Líneas de investigación: Sistemas tradicionales de producción agropecuaria, Investigación-acción y extensionismo y Monitoreo y evaluación de procesos para el desarrollo local. Previamente trabajó como investigador asociado en el Programa de Gestión de Recursos Naturales de la Fundación Rockefeller. Ha dirigido y asesorado tesis de licenciatura, maestría y doctorado en la UNACH, la UACH, el ECOSUR, el CP y el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. Ha sido asesor de las agencias NUFFIC de Holanda, GIZ de Alemania y COSUDE de Suiza para iniciativas orientadas al fortalecimiento de capacidades humanas y el desarrollo comunitario sustentable de América Latina y el Caribe. Es miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigación de Chiapas (COCYTECH) y profesor con perfil deseable ante la SEP (perfil PROMEP). Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

### **Dr. Luis Reyes Muro**



Investigador titular, Programa de Socioeconomía del INIFAP (Campo Experimental Pabellón). Ingeniero agrónomo, con maestría y doctorado en Estudios del Desarrollo Rural por el Colegio de Postgraduados. Líneas de investigación: pobreza rural, transferencia y adopción de tecnología, análisis financiero de tecnología, diagnóstico socioeconómico. Es coautor de libros técnicos, artículos científicos, resúmenes de congresos científicos y publicaciones tecnológicas. Fue Director de Divulgación del INIFAP. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.

### **Ing. Martín de Jesús Ocaña Grajales**



Estudiante de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical de la Universidad Autónoma de Chiapas. Actualmente desarrolla su tesis: Estudio socio-económico y ambiental del uso y manejo del rastrojo en los sistemas maíz-ganadería en la región Frailesca de Chiapas. Ingeniero agrónomo egresado de la Facultad de Ciencias Agropecuaria Campus V de Villaflores, Chiapas. Trabajó en la RED, A. C. con el tema fortalecimiento de capacidades locales para la implementación e institucionalización de procesos de innovación rural a través de la investigación-acción participativa en comunidades aledañas a reservas de la biósfera, La Sepultura y El Triunfo en el estado de Chiapas. Fue asesor del programa “Extensionismo Rural y Desarrollo Comunitario (SOCAMA) Ocozocoautla, Jiquipilas, Villaflores, Chiapas. Ha publicado artículos sobre el sistema de producción de maíz y balances energéticos.

### **Dr. René Pinto Ruiz**



Investigador en estrategias de alimentación animal en áreas tropicales, especialmente con rumiantes en pastoreo y sistemas agroforestales pecuarios. Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de Yucatán (2002), Maestro en Ciencias por el Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (1995), Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas (1992). Es consultor privado de empresas ganaderas y profesor universitario de programas acreditados de licenciatura y maestría. Profesor con perfil deseable del PROMEP-SEP. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y al Sistema Estatal de Investigadores (SEI-Chiapas).

### **Dr. Heriberto Gómez Castro**



Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNACH. Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de Tamaulipas (2002), *Magister Scientiae* en Ganadería Tropical por el CATIE (Costa Rica, 1993) y Médico Veterinario Zootecnista egresado de la UNAM (1986). Línea de investigación: Ganadería y Ambiente. Experiencia en el desarrollo de proyectos y consultorías en ganadería ambiental. Ha desarrollado proyectos de investigación en comunidades indígenas con acciones sobre la ganadería para la mitigación y adaptación al cambio climático. Tiene una trayectoria de más de 25 años como catedrático universitario. Docente y asesor de tesis profesional y de maestría. Tiene diversas publicaciones en revistas indizadas. Profesor con perfil deseable del PROMEP-SEP y miembro del Sistema Estatal de Investigadores (Investigador Científico II. SEI-Chiapas).

**M. C. María de los Ángeles Fonseca Flores**



Jefa de la Unidad de Ciencia y Tecnología en la Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, en Granma, Cuba. Investigadora auxiliar y maestra en ciencias agrícolas. Realizó estudios de posgrado en el Centro Internacional de Agricultura (IAC), en el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas Orientadas al Desarrollo (ICRA) de Holanda y en la CEPAL. Líneas de investigación: gestión de procesos de innovación y desarrollo rural, alianzas para la innovación social y aprendizajes participativos. Trabajó durante 20 años como investigadora del Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” (CITMA, Cuba), donde dirigió y participó en proyectos de investigación y colaboró durante cuatro años en la coordinación del Programa de Innovación Agrícola Local en la provincia Granma. Facilitadora de diplomados, cursos y talleres para el desarrollo de Procesos de Innovación Rural.

## **Créditos editoriales**

### **Revisores técnicos**

Ph. D. Patrick Wall (CIMMYT)  
Dr. Manuel La O Arias (IIA Jorge Dimitrov)  
Dr. Sc. Agr. Axel Schmidt (Consultor con sede en Lima, Perú)  
Ph. D. Ricardo Quiroga Madrigal (UNACH)  
Dr. José Nahed Toral (ECOSUR)  
Dr. Rafael Ariza Flores (INIFAP)

### **Editores**

M. C. Santa Ana Ríos Ruiz (INIFAP)  
Lic. Norma Barrueco (Bayamo, Cuba)  
Ing. José Luis Ramos González (INIFAP)  
Dr. Julio César Velásquez Hernández (RED, A. C.)

### **Diseño**

Alejandro Klamroth  
Dr. Luis Reyes Muro

Código INIFAP  
MX-0-310301-52-02-10-06-7

Esta publicación se terminó de imprimir en diciembre de 2013 en  
Carmona Impresores, S. A. de C. V. Calz. Lázaro Cárdenas Núm. 850  
Col. Eduardo Guerra, Torreón, Coah.  
Tiraje: 1000 ejemplares.







Foto: Erick Ortiz Hernández



Los residuos de cosecha, llamados rastrojos, esquilmos, pajas, zacate, pastura, clazol, basura, etc., juegan un papel preponderante en los sistemas agrícolas y pecuarios, y han sido estudiados desde diferentes perspectivas temáticas y metodológicas a nivel mundial. Existe una vasta literatura que relaciona el manejo de los rastrojos con la calidad del suelo y del aire, y su aprovechamiento como alimento del ganado, entre otros usos. En contraste, son pocos los estudios sobre el valor comercial de los rastrojos. El presente libro describe la producción y consumo nacional de rastrojos y tres estudios de caso: La Frailesca Chiapas, desde la perspectiva socio-antropológica, económica y ambiental; el contexto social y económico del manejo y uso de los residuos de cosecha en las regiones Valles Altos y El Bajío, donde se identifica y describe la oferta, demanda, comercialización y precios de los rastrojos y pajas. Finalmente se describe la importancia del rastrojo y sus usos potenciales, más allá de los estudiados en estas regiones. Se muestra la importancia del rastrojo como forraje, considerado el desafío más grande para su uso como cobertura del suelo en agricultura de conservación (AC).

Crop residues, called stover, bedding, straw, grass, pasture, bagasse, garbage, etc., play an important role both in agriculture and livestock production, and have been studied from different thematic and methodological perspectives worldwide. The literature linking management of crop residues with soil and air quality, and its use as livestock feed among other uses is vast. In contrast, few studies focus on the commercial value of crop residues. This book describes the production and domestic consumption of crop residues through three case studies in Mexico: La Frailesca Chiapas, from the socio-anthropological, economic and environmental perspectives; the social and economic context of crop residue management and use in the Valles Altos and El Bajío regions, which identifies and describes the supply, demand, trade and prices of stover and straw; and finally, the importance of crop residues and its potential uses, beyond those discussed in these three regions, is described. The importance of crop residues as forage appears to be the greatest challenge for its use as soil cover in conservation agriculture (CA).