

## Competencia del uso del rastrojo de maíz en sistemas agropecuarios mixtos en Chiapas\*

### Competition of the use of corn stubble in mixed farming systems in Chiapas

Juan Carlos Caballero Salinas<sup>1</sup>, Alejandro Moreno Reséndez<sup>2§</sup>, José Luis Reyes Carrillo<sup>2</sup>, José Silvestre García Valdez<sup>1</sup>, Walter López Báez<sup>3</sup> y José Antonio Jiménez Trujillo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Académico Regional Chiapas-UAAAN. Rancho la Concordia, Cintalapa, Chiapas. CP. 30400. (uaaan.jccs@hotmail.com; jsgarcia\_31@hotmail.com). <sup>2</sup>Posgrado en Ciencias Agropecuarias- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <sup>3</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas- INIFAP. (lopez.walter@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Subsede Villacorzo, Chiapas. (veterinario2000@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: alejamorsa@yahoo.com.mx.

#### Resumen

La agricultura de conservación (AC) mejora el suelo y aumenta la resiliencia de los ecosistemas agrícolas ante el cambio climático. Uno de los principios de la AC es la retención del rastrojo como cobertura del suelo, éste se ve afectado en los sistemas agropecuarios mixtos, debido a su uso como forraje. Se evaluó el costo de oportunidad del uso del rastrojo de maíz (RM) como cobertura del suelo vs alimentación para ganado y se analizaron los determinantes que impactan sobre el uso de los residuos de cultivos (RC) como mantillo del suelo. La evaluación se realizó en dos localidades agroclimática y socioeconómicamente contrastantes, de Chiapas, México. Para el costo de oportunidad por localidad se consideró: el rendimiento del rastrojo, el periodo que podría mantener el rastrojo existente a un hato ganadero y las cantidades de N, P y K que podrían liberar los RC en el suelo. Con el modelo probit ordenado se analizaron los determinantes para el uso del rastrojo. El costo de oportunidad del uso de residuos de maíz como alimento del ganado bovino, para ambas comunidades, fue determinado en \$914.00 para Nuevo México y en \$52.00 para Francisco I. Madero, valores que indican una fuerte

#### Abstract

The conservation agriculture (AC) improves soil and increases the resilience of agricultural ecosystems to climate change. One of the principles of AC is the retention of stubble as soil cover, this is affected in mixed farming systems, due to its use as fodder. The opportunity cost of using corn stubble (RM) as soil cover vs feed for livestock was evaluated and it were analyzed the determinants that impacted on the use of crop residues (RC) as soil mulch. The evaluation was carried out in two agroclimatic and socioeconomically contrasting locations in Chiapas, Mexico. For the opportunity cost per locality, we considered: the yield of stubble, the period that could maintain the existing stubble to a cattle herd and the amounts of N, P and K that could release the RC in the soil. With the ordered probit model the determinants for the stubble use were analyzed. The opportunity cost of using maize residues as cattle feed for both communities was determined at \$914.00 for New Mexico and at \$ 52.00 for Francisco I. Madero, values indicating a strong limitation for their use as soil cover in the AC system, mainly in the first location. It was also determined that the greater the size of the cattle herd, the greater the demand for stubble as fodder

\* Recibido: enero de 2017  
Aceptado: marzo de 2017

limitación para su uso como cobertura del suelo en el sistema de AC, principalmente en la primera localidad. También se determinó que a mayor tamaño del hato ganadero, mayor demanda de rastrojo como forrajes y menor disponibilidad para su uso como cobertura del suelo. Por el contrario, la disponibilidad aumenta a medida que los productores poseen potreros de mayor superficie.

**Palabras claves:** agricultura de conservación, costo de oportunidad, sistema maíz-ganadería

## Introducción

Los sistemas agropecuarios mixtos se caracterizan por la combinación y la interdependencia de la producción de cultivos y la cría de ganado (Valbuena *et al.*, 2012), éstos ofrecen a los agricultores una fuente amplia de alimentos e ingresos, la reducción del riesgo y reutilización de los recursos (FAO, 2001). Estos sistemas forman la base de la subsistencia de dos terceras partes de la población y producen cerca de la mitad de los alimentos a nivel mundial (Thornton y Herrero, 2014).

Sin embargo, estos sistemas están bajo una presión significativa, inducida por el aumento de la población, de los ingresos, y las tasas de urbanización (Herrero *et al.*, 2010) provocando el aumento de la degradación del suelo, que a su vez está vinculada con la disminución del rendimiento de los cultivos (Kaiser, 2004; Lal, 2009).

Para hacer frente a esta presión Blanco-Canqui y Lal (2009) señalan que se requieren prácticas de intensificación sostenibles. Una de ellas es la AC, sus componentes clave son: la retención de los RC (rastrojo), como mantillo superficial, junto con la mínima alteración del suelo y la rotación de cultivos (FAO, 2008). Aun cuando la AC aporta beneficios ambientales y económicos (Kassam *et al.*, 2009), su adopción no ha sido tan extensa ni tan rápida en el mundo ni en México, pues como señalan Erenstein *et al.* (2012) existen “desafíos importantes en términos de focalización, adaptación y adopción de la AC”. Un desafío inherente para la adopción es la retención de los RC como cobertura del suelo en los sistemas agropecuarios mixtos (Giller *et al.*, 2009), debido a la importancia de los RC como forraje en temporada de seca o como fuente de ingresos adicionales, sobre todo en los sistemas de maíz-ganadería (Hellin *et al.*, 2013).

and the less availability for its use as a soil cover. On the contrary, the availability increases as producers have larger surface paddocks.

**Keywords:** conservation agriculture, maize-livestock system, opportunity cost.

## Introduction

The mixed farming systems are characterized by the combination and interdependence of crop production and livestock breeding (Valbuena *et al.*, 2012), which provide farmers with a broad source of food and income, risk reduction and reuse of resources (FAO, 2001). These systems form the basis of the subsistence of two-thirds of the population and produce about half of the world's food (Thornton and Herrero, 2014).

However, these systems are under significant pressure, induced by population increase, income, and urbanization rates (Herrero *et al.*, 2010) causing increased soil degradation, which in turn is linked to declining crop yields (Kaiser, 2004; Lal, 2009).

To address this pressure, Blanco-Canqui and Lal (2009) point out that sustainable intensification practices are required. One of them is the AC, its key components are: retention of RC (stubble), as a surface mulch, along with minimal soil disturbance and crop rotation (FAO, 2008). Although AC has environmental and economic benefits (Kassam *et al.*, 2009), its adoption has not been as extensive or as rapid in the world as in Mexico, as Erenstein *et al.* (2012) there are “major challenges in terms of targeting, adapting and adopting the AC”. An inherent challenge for adoption is the retention of RC as land cover in mixed farming systems (Giller *et al.*, 2009), due to the importance of RC as fodder in the dry season or as a source of additional income, especially in maize-livestock systems (Hellin *et al.*, 2013).

The farmers' decisions about the use of stubble are determined by their preferences, production levels, availability of alternative resources and their demand (Erenstein, 2011). The interaction of these determinants may give rise to opportunity costs (Erenstein *et al.*, 2015), between their use as livestock fodder vs. soil cover in AC, which arises according to Grimble and Wellard (1997) when an interested party in particular it faces more

Las decisiones de los agricultores sobre el uso de rastrojo son determinados por las preferencias de éstos, los niveles de producción, la disponibilidad de recursos alternativos y su demanda (Erenstein, 2011). La interacción de estos determinantes pueden dar lugar a costos de oportunidad (Erenstein *et al.*, 2015), entre su uso como forraje para ganado vs como cobertura del suelo en la AC, que surge según Grimble y Wellard (1997) cuando una parte interesada en particular se enfrenta a más de un objetivo de un recurso que no puede ser alcanzado de manera simultánea. En México, el rastrojo es una fuente de forraje importante durante la época seca, ya que aportan hasta un 40% de la disponibilidad de forraje (Beuchelt *et al.*, 2015) y representa 24% de la materia seca (ms) disponible para el consumo animal (Reyes-Muro *et al.*, 2013).

Erenstein (2011) menciona que el manejo de los RC es un tema de investigación actual y recurrente en la búsqueda de una agricultura sostenible. Sin embargo, aunque existe una vasta literatura que se relaciona con el manejo del rastrojo y sus beneficios relacionados con la conservación de suelo y del agua (Turmel *et al.*, 2015), sólo se han identificado pocos estudios relacionados sobre los costos de oportunidad de sus usos (Valbuena *et al.*, 2012, 2015; Hellin *et al.*, 2013; Jaleta *et al.*, 2013; Beuchelt *et al.*, 2015; Naudin *et al.*, 2015). Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron evaluar el costo de oportunidad del uso del residuo de maíz como alimentación para ganado bovino vs cobertura del suelo e identificar los determinantes que inciden en su utilización como cobertura de suelo.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos ejidos del Estado de Chiapas, Nuevo México municipio de Villaflores [NMMV: 16° 09' y 16° 36' N, 93° 02' y 93° 47' O y una altitud entre 200 y 2 300 m (Figura 1)], perteneciente a la Región Frailesca, donde predomina el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). En este lugar, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); a través, del programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MASAGRO), han realizado ensayos promoviendo prácticas de AC.

than one objective of a resource that cannot be reached simultaneously. In Mexico, stubble is a major forage source during the dry season, accounting for up to 40% of forage availability (Beuchelt *et al.*, 2015) and accounting for 24% of the dry matter (ms) available for animal consumption (Reyes-Muro *et al.*, 2013).

Erenstein (2011) mentions that RC management is a current and recurring research topic in the search for sustainable agriculture. However, although there is a vast literature related to the management of stubble and its benefits related to soil and water conservation (Turmel *et al.*, 2015), only a few related studies have been identified on the opportunity costs of their uses (Valbuena *et al.*, 2012, 2015; Hellin *et al.*, 2013; Jaleta *et al.*, 2013; Beuchelt *et al.*, 2015; Naudin *et al.*, 2015). Therefore, the objectives of this work were to evaluate the opportunity cost of using corn residue as feed for cattle vs soil cover and to identify the determinants that affect its use as soil cover.

## Materials and methods

The study was carried out in two common of the State of Chiapas, New Mexico municipality of Villaflores [NMMV: 16° 09' and 16° 36' N, 93° 02' y 93° 47' W and an altitude between 200 and 2 300 m (Figure 1)], belonging to the Frailesca Region, where predominates the maize (*Zea mays* L.). The International Center for the Improvement of Maize and Wheat (CIMMYT) and the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA), through the Sustainable Modernization of Traditional Agriculture (MASAGRO) program, trials promoting AC practices.

The climate is classified, according to Köppen, as Aw2, with an annual average rainfall between 100 and 1 300 mm. The annual mean temperature is 25 °C [Erenstein *et al.*, 1998]. The second common was Francisco I. Madero municipality of Cintalapa (FIMMC: 16° 21' and 17° 19' north latitude, 93° 33' and 94° 09' west longitude and an altitude between 100 and 1 900 m (Figure 1)] of the Central State Region. In that locality has never worked with AC practices. Its climate, according to the classification of Köppen, is Awo, with annual average temperature higher than 22 °C and an average annual rainfall of 800 to 1 000 mm (CIBCEC, 2006).

El clima se clasifica, según Köppen, como Aw2, con una precipitación pluvial promedio anual entre 100 y 1 300 mm. La temperatura media anual es de 25 °C (Erenstein *et al.*, 1998). El segundo ejido fue Francisco I. Madero municipio de Cintalapa [FIMMC: 16° 21' y 17° 19' latitud norte, 93° 33' y 94° 09' longitud oeste y una altitud entre 100 y 1 900 m (Figura 1)], de la Región Centro del Estado. En dicha localidad nunca se ha trabajado con prácticas de AC. Su clima, según la clasificación de Köppen, es Awo, con temperatura media anual mayor de 22 °C y una precipitación media anual de 800 a 1 000 mm (CIBCEC, 2006).

Las actividades principales de los habitantes de ambos ejidos son agrícolas y pecuarias, específicamente la producción de maíz y de ganado bovino. Ambas localidades tienen un contraste en los sistemas de agroecología que podrían ayudar a hacer una comparación sobre el uso de los RC, ya que Knowler y Bradshaw (2007), en una revisión y síntesis sobre la AC, destacan la necesidad de realizar estudios comparativos en diferentes contextos.

### Recolección de datos

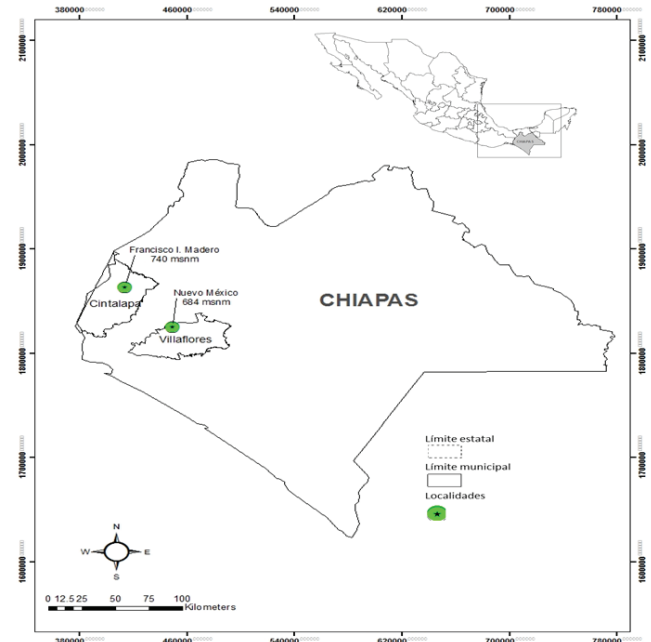
Para la selección de los productores a quienes se les aplicó la encuesta de evaluación, se utilizó un muestreo aleatorio simple, el tamaño de muestra (n) fue definido por Fernández (1996) usando la ecuación 1.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad 1)$$

Donde: N= total de la población;  $Z_{\alpha}$ = nivel de confianza de 95%; p= proporción esperada de 5%= 0.05. Con base a lo anterior, se determinó el tamaño de la muestra de 92 productores, aplicando 56 cuestionarios para FIMMC y 36 para NMMV.

Se utilizó un instrumento de estudio estructurado y administrado, a través de una entrevista personal realizada al jefe de cada hogar. Los datos recopilados incluyeron características socio-económicas de los hogares, manejo del sistema de producción, así como el uso de los RC del maíz, que realizan los productores de estas dos regiones, para el periodo de observación de un año anterior a la encuesta (2014), a través del método de recordatorio de datos de producción. El análisis de datos y la aplicación del modelo Probit Ordenado se realizaron en el paquete de software estadístico STATA versión 12®.

The main activities of the inhabitants of both common are agricultural and livestock, specifically the production of maize and cattle. Both localities have a contrast in the systems of agroecology that could help to make a comparison on the use of RC, since Knowler and Bradshaw (2007), in a review and synthesis about the AC, emphasize the need to carry out comparative studies in different contexts.



**Figura 1. Ubicación geográfica de las comunidades de estudio** (Reynoso, 2016).

**Figure 1. Geographic location of study communities** (Reynoso, 2016).

### Data collection

For the selection of producers to whom the evaluation survey was applied, simple random sampling was used, sample size (n) was defined by Fernández (1996) using Equation 1.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad 1)$$

Where: N= total population;  $Z_{\alpha}$ = 95% confidence level; p= expected proportion of 5%= 0.05. Based on the above, the sample size of 92 producers was determined, applying 56 questionnaires for FIMMC and 36 for NMMV.

## Metodología para la estimación del costo de oportunidad

Para estimar el costo de oportunidad de los usos competitivos, se determinó el volumen de producción de los RC de maíz en ambas localidades, usando el promedio ponderado del rendimiento de rastrojo/grano de maíz de Reyes-Muro *et al.* (2013), quienes indican que la producción obtenida en una hectárea es de 46.6% grano y 53.4% de rastrojo. El cálculo de la producción de rastrojo, se obtuvo mediante la ecuación 2.

$$\text{Rastrojo} = \left( \frac{\text{producción de grano}}{\text{porcentaje de grano}} * 100 \right) - \text{producción de grano} \quad 2)$$

Adicionalmente, de acuerdo con la metodología de Gasque (2008) se determinó el consumo de ms por animal 3.2% de su peso vivo por día, para ello se establecieron las equivalencias por unidad animal (UA), en función de las edades establecidas por la SAGARPA, se consideró a una UA, con peso promedio de 450 kg (INIFAP, 2011). Por lo tanto, el consumo de ms día<sup>-1</sup> de una UA fue de 14.4 kg, con dicha información se estimó el periodo que podría mantener el RM existente a los hatos ganaderos en ambas localidades. Asimismo, tomando como referencia que el precio de alquiler de pastura por UA es de \$160.00 por mes, se calculó el ingreso que se podría obtener cada productor, destinando las cantidades de rastrojo existentes como fuente de forraje.

Por otra parte, para determinar la cantidad de N, P y K que puede liberar 1 t de rastrojo en el suelo se consideraron los porcentajes establecidos por Nijhof (1987) del 0.9, 0.2 y 1.4%, respectivamente. Para estimar el total de N, P y K incorporado al suelo con la retención del RM, estos porcentajes se multiplicaron con la cantidad promedio de RC producida en NMMV y FIMMC. Posteriormente, considerando los fertilizantes químicos existentes en el mercado local: urea (46-00-00), Superfosfato triple de calcio (00-46-00) y cloruro de potasio (00-00-60), se calcularon los kilogramos de N, P y K que se podrían liberar en el suelo, con las cantidades de rastrojo existentes en cada ejido, multiplicando por los precios de estos fertilizantes, obtenidos del SNIIM (2015) en la segunda quincena de agosto de 2015.

## Modelo empírico: probit ordenado

Se utilizó el modelo econométrico Probit Ordenado, propuesto por McKelvey y Zavoina (1975), para analizar los determinantes que inciden en el uso del RM para cobertura del suelo. La distribución de la proporción del

A structured and administered study instrument was used, through a personal interview with the head of each household. The data collected included socio-economic characteristics of households, management of the production system, as well as the use of corn RC by producers in these two regions for the observation period of one year prior to the survey (2014), through the production data reminder method. The data analysis and the application of the ordered Probit model were performed in the statistical software package STATA version 12<sup>®</sup>.

## Methodology for estimating opportunity cost

In order to estimate the opportunity cost of competitive uses, the production volume of corn RC was determined in both localities, using the weighted average yield of corn stubble by Reyes-Muro *et al.* (2013), who indicate that the production obtained in one hectare is of 46.6% grain and 53.4% of stubble. The calculation of stubble production was obtained by equation 2.

$$\text{Rastrojo} = \left( \frac{\text{producción de grano}}{\text{porcentaje de grano}} * 100 \right) - \text{producción de grano} \quad 2)$$

In addition, according to the methodology Gasque (2008), the consumption of ms per animal was determined by 3.2% of its live weight per day, for which the equivalences per animal unit (UA) were established, according to the ages established by the SAGARPA, was considered a UA, with average weight of 450 kg (INIFAP, 2011). Therefore, the consumption of more day<sup>-1</sup> of an UA was of 14.4 kg, with this information was estimated the period that could maintain the existing MR to the herds farms in both localities. Also, taking as reference that the rental price of pasture per UA is \$160.00 per month, the income that could be obtained by each producer was calculated, allocating the amounts of existing stubble as a source of fodder.

On the other hand, to determine the amount of N, P and K that can release 1 t of stubble in the soil, the percentages established by Nijhof (1987) of 0.9, 0.2 and 1.4%, respectively, were considered. To estimate the total N, P and K incorporated in the soil with the retention of the RM, these percentages were multiplied with the average amount of RC produced in NMMV and FIMMC. Subsequently, considering the chemical fertilizers existing in the local market: urea (46-00-00), triple calcium superphosphate (00-46-00) and potassium chloride (00-00-60), the kilograms of N, P and K that could be released in the soil, with the



uso de residuos de maíz para cobertura del suelo, reportado por los productores de la muestra se concentró en valores de 0, 50 y 100%, que agrupan el uso proporcional de los residuos en tres categorías (0 si <34%, 1 si el porcentaje de uso es de entre 34 y 66%, y 2 si el porcentaje de uso es >66%), representados usando el modelo probit ordenado, por la ecuación 3.

$$Y^* = \beta X + \varepsilon \quad 3)$$

Donde:  $Y^*$  = proporción latente que los RC se utilicen para cobertura de suelo;  $X$  = vector de variables explicativas para el uso de RM para mantillo del suelo;  $\beta$  = vector de los coeficientes de las variables explicativas; y  $\varepsilon$  = error aleatorio que sigue una distribución normal estándar. Se incluye el siguiente conjunto de variables explicativas para la ecuación: características del productor (edad, nivel educativo del jefe del hogar, la fuerza de trabajo de la familia en actividades agrícolas), tamaño de las parcelas donde se produjo maíz, tamaño del hato bovino, cantidad de RC generados en las parcelas, superficie disponible para potreros y servicios de capacitación recibida.

La proporción actual de residuos de maíz utilizado como mantillo del suelo ( $Y_{m,i}$ ) reportado por los agricultores se agruparon en tres categorías (0, 1 y 2) lo cual se especifica mediante la ecuación 4.

$$Y_{m,i} = \begin{cases} 0 & \text{si } Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,1} \\ 1 & \text{si } \gamma_{m,1} < Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,2} \\ 2 & \text{si } Y_{m,i}^* > \gamma_{m,2} \end{cases} \quad 4)$$

Donde:  $\gamma_{m,1}$  y  $\gamma_{m,2}$  = límites desconocidos de las categorías en la variable latente. Es la probabilidad de que un productor determinado sea ubicado o localizado en una de las posibles combinaciones que se presenta en la ecuación 5.

$$\begin{aligned} p(Y_{m,i}=0) &= p(Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,1}) \\ p(Y_{m,i}=1) &= p(\gamma_{m,1} < Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,2}) \\ p(Y_{m,i}=2) &= p(Y_{m,i}^* > \gamma_{m,2}) \end{aligned} \quad 5)$$

Por lo tanto, la probabilidad de que la observación de un individuo (i) sea ubicado en la opción (j) se presenta en la ecuación 6.

$$p_{ij} = p(Y_{m,i}=j) = p(\gamma_{m,j-1} < Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,j}) \quad 6)$$

amounts of stubble existing in each common, multiplying by the prices of these fertilizers, obtained from SNIIM (2015) in the second half of August 2015.

### Empirical model: probit ordered

The econometric model Probit Ordenado, proposed by McKelvey and Zavoina (1975), was used to analyze the determinants that affect the use of RM for soil cover. The distribution of the proportion of maize residues for soil cover, reported by the sample producers, was concentrated in values of 0, 50 and 100%, which group the proportional use of the residues in three categories (0 if < 34%, 1 if the percentage of use is between 34 and 66%, and 2 if the percentage of use is > 66%), represented using the probit ordered model, by equation 3.

$$Y^* = \beta X + \varepsilon \quad 3)$$

Where:  $Y^*$  = latent proportion that RC are used for soil cover;  $X$  = vector of explanatory variables for the use of RM for soil mulch;  $\beta$  = vector of the coefficients of the explanatory variables; and  $\varepsilon$  = random error following a standard normal distribution. The following set of explanatory variables is included for the equation: characteristics of the producer (age, educational level of head of household, family workforce in agricultural activities), size of plots where maize was produced, size of herd, amount of RC generated in the plots, area available for pastures and training services received.

The current proportion of maize residues used as soil mulch ( $Y_{m,i}$ ) reported by farmers were grouped into three categories (0, 1 and 2) which is specified by equation 4.

$$Y_{m,i} = \begin{cases} 0 & \text{si } Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,1} \\ 1 & \text{si } \gamma_{m,1} < Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,2} \\ 2 & \text{si } Y_{m,i}^* > \gamma_{m,2} \end{cases} \quad 4)$$

Where:  $\gamma_{m,1}$  and  $\gamma_{m,2}$  = unknown limits of the categories in the latent variable. The probability of a given producer being located in one of the possible combinations is given in equation 5.

$$\begin{aligned} p(Y_{m,i}=0) &= p(Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,1}) \\ p(Y_{m,i}=1) &= p(\gamma_{m,1} < Y_{m,i}^* \leq \gamma_{m,2}) \\ p(Y_{m,i}=2) &= p(Y_{m,i}^* > \gamma_{m,2}) \end{aligned} \quad 5)$$

## Resultados and discusión

### Características de los habitantes y de los sistemas de producción

Los resultados señalan que en el ejido NMMV los jefes de los hogares registraron un promedio de edad de 59.3 años y 3.9 años de escolaridad. Por otra parte, la superficie promedio que se destina para las actividades agropecuarias es de 8.5 ha, de esta superficie 5.7 ha (67%) se utilizaron para la producción de maíz en el ciclo primavera-verano 2014 (PV-2014), obteniendo un rendimiento promedio de 4.9 t ha<sup>-1</sup>.

En FIMMC, en promedio, los productores registraron 61.4 años de edad y 3.2 años de escolaridad. La superficie dedicada para actividades agropecuarias fue de 12.2 ha, de las cuales solo 20.5% fue destinado para producir maíz, con 1.2 t ha<sup>-1</sup> de maíz grano (Cuadro 1). Comparando los resultados de ambos sistemas de producción, la superficie agropecuaria fue estadísticamente mayor en el ejido FIMMC; sin embargo, los promedios de superficie destinada para la producción del maíz y los rendimientos obtenidos fueron estadísticamente superiores en el ejido NMMV.

**Cuadro 1. Características de los habitantes y sistemas de producción de las comunidades de estudio.**  
**Table 1. Characteristics of the inhabitants and production systems of the study communities.**

Variables	Nuevo México			Francisco I. Madero			Prueba F
	Obs	Media	DE	Obs	Media	DE	
Edad	36	59.31	8.17	56	61.43	13.47	0.0022***
Escolaridad	36	3.92	3.86	56	3.23	3.07	0.1232
Superficie agropecuaria	36	8.5	8.6	56	12.2	13	0.0113**
Superficie para maíz	36	5.7	4.8	56	2.5	1.4	9.209E-15***
Rendimiento maíz (t ha <sup>-1</sup> )	36	4.9	1.2	56	1.2	0.8	7.035E-14***

Obs = observación; DE = desviación estándar; \*\*= nivel de significancia al 5%; \*\*\*= nivel de significancia al 1%.

También se detectó que, 100% de los entrevistados en los dos ejidos cultivan maíz, ya sea solo o intercalado con otro cultivo: 90.3% cultivan maíz solo, 5.4% maíz y frijol y 4.3% maíz y calabaza en NMMV y 33% maíz solo, 47% maíz y frijol y 19% maíz y calabaza en FIMMC, en este último se observó que 66% de los productores diversifica mucho más sus cultivos.

Therefore, the probability that the observation of an individual (i) is located in option j is presented in equation 6.

$$p_{ij} = p(Y_{m,i} = j) = p(Y_{m,j-1} < Y_{m,i} \leq Y_j) \quad (6)$$

## Results and discussion

### Characteristics of inhabitants and production systems

The results indicate that in the common NMMV, the heads of households had an average age of 59.3 years and 3.9 years of schooling. On the other hand, the average area used for agricultural activities is 8.5 ha, of which 5.7 ha (67%) were used for the production of maize in the spring-summer 2014 cycle (SS-2014), obtaining a yield of 4.9 t ha<sup>-1</sup>.

In FIMMC, on average, producers registered 61.4 years of age and 3.2 years of schooling. The area devoted to agricultural activities was 12.2 ha, of which only 20.5% was destined to maize, with 1.2 t ha<sup>-1</sup> of maize grain (Table 1). Comparing the results of both production systems, the agricultural area was statistically higher in the common FIMMC; however, the averages of surface area for maize and the yields obtained were statistically higher in the NMMV common.

It was also detected that 100% of the interviewees in the two common cultivate maize, either alone or intercropped with another crop: 90.3% grow maize alone, 5.4% maize and beans, and 4.3% maize and squash in NMMV and 33% maize alone, 47% maize and beans and 19% maize and pumpkin in FIMMC, in the latter it was observed that 66% of the producers diversify their crops much more.

En FIMMC 59% de los productores quemó el rastrojo sobrante, después de pastar el ganado. Contrario a lo que sucede en NMMV donde solo 3.2% los quemó. Lo anterior se debe, por una parte a que en la comunidad NMMV se implementó un programa de labranza de conservación en la región, y por la otra a la aplicación de una ley estatal, promulgada en la década de los 90's, que promueve la no quema de los residuos. No obstante, este esfuerzo, aunque significativo, no ha sido suficiente para asegurar la cobertura de rastrojo que exige la AC, correspondiente al 30% de cobertura del suelo (Erenstein y Cadena, 1997), debido al poco porcentaje de rastrojo que queda sobre la parcela después del pastoreo (López *et al.*, 2013). Así lo evidenció el estudio de Erenstein *et al.* (1998) en la Frailesca, ya que de 82% de los productores que supuestamente habían optado por la no quema, solo 12% adoptó la conservación de los residuos.

Por otra parte, de acuerdo a las características de las parcelas utilizadas para maíz (PV-2014) en las dos localidades, se observó, en NMMV que 69% de los productores tienen suelos de fertilidad media, además la mayoría (72%) opina que su suelo es moderadamente profundo y 75% señalan que sus terrenos poseen una topografía tendida. Sin embargo, en FIMMC 16% mencionó que tienen un suelo con fertilidad deficiente, casi la mitad (45%) con un suelo poco profundo y 98% señaló que la pendiente de su parcela es media y abrupta.

### Producción y uso de los residuos de cosecha

De acuerdo a las estimaciones realizadas de la producción de rastrojo, la cantidad promedio de RC generada en NMMV fue de 31.95 t ha<sup>-1</sup>, mayor comparada con FIMMC, con 3.79 t ha<sup>-1</sup>, debido al tamaño promedio de parcela de maíz y al rendimiento obtenido; además, por las características del suelo, ya que la mayoría de los agricultores de FIMMC cultivan en suelos con fertilidad deficiente y menos profundos, que no permiten aumentar la biomasa, con la cual se podría acrecentar el volumen de residuos generados y puestos a disposición para su uso como alimento y mantillo del suelo (Naudin *et al.*, 2015).

También, se detectó que en NMMV el uso del rastrojo para cobertura de suelo es más común, 33.3% de los productores, lo utilizan como única opción y 47.2% combinado con la alimentación de ganado, por lo que se deduce el efecto positivo que han tenido los programas de AC en esta región. Contrario a FIMMC donde solo 9% de los productores utilizan los RC como único uso para el mantillo de suelo y 16% lo combina con el uso de forraje para ganado (Cuadro 2).

In FIMMC 59% of the producers burned the remaining stubble, after grazing the cattle. Contrary to what happens in NMMV where only 3.2% burned them. This is due, on the one hand, to the fact that in the NMMV community a conservation tillage program was implemented in the region and, on the other, to the application of a state law enacted in the 1990s, which promotes the burning of waste not. However, this effort, although significant, has not been sufficient to assure the coverage of stubble required by AC, corresponding to 30% of the land cover (Erenstein and Cadena, 1997), due to the small percentage of stubble left over plot after grazing (López *et al.*, 2013). This was evidenced by the study of Erenstein *et al.* (1998) in the Frailesca, since of 82% of the producers who had supposedly opted for non-burning, only 12% adopted the conservation of waste.

On the other hand, according to the characteristics of the plots used for maize (SS-2014) in the two localities, it was observed in NMMV that 69% of the producers considered that they have a soil with a medium fertility, besides the majority (72%) think that their soil is moderately deep and 75% indicate that their land has a topography. However, in FIMMC 16% mentioned that they have poorly fertile soil, almost half (45%) with shallow soil and 98% indicated that the slope of their plot is medium and abrupt.

### Production and use of crop residues

According to estimates of stubble production, the average amount of RC generated in NMMV was 31.95 t ha<sup>-1</sup>, much higher compared to FIMMC, with 3.79 t ha<sup>-1</sup>, due to the average size of maize plot and to yield obtained; in addition, because of the soil characteristics, since the majority of the FIMMC farmers cultivate in soils with poor fertility and less depth, that do not allow to increase the biomass, with which could increase the volume of waste generated and made available for their use as food and soil mulch (Naudin *et al.*, 2015).

Also, it was detected that in NMMV the use of stubble for soil cover is more common, 33.3% of the producers use it as the only option and 47.2% combined with the feeding of cattle, so the positive effect that they have had AC programs in this region. Contrary to FIMMC, only 9% of farmers use RC as their sole use for soil mulch and 16% combine it with the use of forage for livestock (Table 2). On the other hand, the total of the interviewed producers used RC for at least one of the alternative uses (livestock feed, land cover, sale or burning).



**Cuadro 2. Usos de los residuos de maíz en dos comunidades del estado de Chiapas.**  
**Table 2. Uses of maize residues in two communities in the state of Chiapas.**

Variables	Nuevo México			Francisco I. Madero		
	Obs	Frec	(%)	Obs	Frec	(%)
Hogares que producen maíz	36	36	100	56	56	10
Hogares que utilizan los RC de maíz para:						
Alimentación de ganado bovino	36	1	2.8	56	26	46
Cobertura de suelo	36	12	33.3	56	5	9
Cobertura de suelo y vendió	36	6	16.7	56	0	0
Cobertura de suelo y alimentación	36	17	47.2	56	9	16
Alimentación de ganado y quema	36	0	0	56	13	23
Venta	36	0	0	56	3	5

Obs= observación; Frec= frecuencia.

Por otra parte, el total de los productores entrevistados utilizó los RC al menos para uno de los usos alternativos (alimentación de ganado, cobertura de suelo, venta o lo quema). En las dos localidades los productores utilizaron el RM como forraje para alimentación de ganado bovino, 50 y 85% en NMMV y FIMMC, ya sea como único fin o compartido con otro uso alternativo (cobertura de suelo, venta o quema), lo utilizan mediante pastoreo *in situ*. Un resultado similar al de FIMMC reportaron López *et al.* (2012) en un estudio realizado a 21 productores de la Frailesca, donde 80% de los entrevistados introdujeron ganado bovino a sus parcelas.

#### Proporción de rastrojo utilizada para alimentación vs cobertura de suelo

En cuanto a la proporción de rastrojo utilizado para alimentación y mantillo (Cuadro 3) la mayoría de los productores utilizan los RC para alimentación de ganado, por ejemplo, en NMMV 38.9% utiliza más de 66% del rastrojo disponible para su ganado. Por lo consiguiente, únicamente 38% de los productores dejan suficiente rastrojo (>33% del total) que puede considerarse como mantillo efectivo para la AC, esta proporción de productores coincide con el estudio elaborado por Erenstein y Cadena (1997) en el municipio de Motozintla, Chiapas, quienes reportaron que 38% de los productores entrevistados habían retenido rastrojo por encima del umbral recomendado (2 t ha<sup>-1</sup>).

Por otra parte, en FIMMC, es mayor la cantidad de rastrojo que se destinó para alimentación de ganado, ya que 51.8% de los encuestados asignó >66% como pienso para ganado, y 12.5% dedicó, >66% del rastrojo para la cobertura de suelo.

In the two localities the producers used RM as feed for cattle, 50 and 85% in NMMV and FIMMC, either as a sole purpose or shared with another alternative use (land cover, sale or burning), use it through grazing *in situ*. A similar result to FIMMC reported López *et al.* (2012) in a study of 21 producers of the Frailesca, where 80% of the interviewees introduced cattle to their plots.

#### Proportion of stubble used for feed vs. soil cover

As for the proportion of stubble used for food and mulch (Table 3), most producers use RC for livestock feed, for example, in NMMV 38.9% use more than 66% of the stubble available for their livestock. As a result, only 38% of the producers leave enough stubble (> 33% of the total) that can be considered as effective mulch for the AC, this proportion of producers coincides with the study carried out by Erenstein and Cadena (1997) in the municipality of Motozintla, Chiapas, who reported that 38% of the interviewed producers had retained stubble above the recommended threshold (2 t ha<sup>-1</sup>).

On the other hand, in FIMMC, the amount of stubble that was destined for cattle feeding was greater, since 51.8% of the respondents allocated >66% as feed for cattle, and 12.5% dedicated >66% of stubble for coverage of soil. Of the 92 producers surveyed, 43 of them used more than 66% of stubble for livestock; that is, 46.7% in both localities, and only 20.6% use more than 66% of RC for soil mulch. This clearly demonstrates that the use of maize residues was mainly used for cattle feeding, a condition that was similar to that established by Hellin *et al.* (2013). Taking into account the different percentages of stubble left by

De los 92 productores encuestados, 43 de ellos utilizaron más de 66% del rastrojo para el ganado; es decir, 46.7% en ambas localidades, y solamente 20.6% utilizan más de 66% de los RC para mantillo del suelo. Esto demuestra claramente que el uso de residuos de maíz se destinó principalmente para alimentación del ganado, condición que fue similar a lo establecido por Hellin *et al.* (2013).

producers as mulch and the amount of RC produced in both localities, it follows that it may be easier to introduce land cover practices where biomass production was high enough to satisfy competitive uses (Valbuena *et al.*, 2012). Also, authors such as Valbuena *et al.* (2015) concluded that in places where stubble production is reduced there are pressures on stubble, which give rise to opportunity costs.

**Cuadro 3. Proporción de rastrojo utilizada para alimentación vs cobertura de suelo en las comunidades de estudio.**  
**Table 3. Proportion of stubble used for feeding vs soil cover in study communities.**

P (%)	Cobertura de suelo (%)								
	≤33		34 - 36		>66		Total		
	NMMV	FIMMC	NMMV	FIMMC	NMMV	FIMMC	NMMV	FIMMC	
Alimentación del ganado (%)	≤33	4	13	2	0	12	7	18	20
	34 - 66	0	2	4	5	0	0	4	7
	>66	14	29	0	0	0	0	14	29
	Total	18	44	6	5	12	7	36	56

P= proporción; NMMV= Nuevo México, municipio de Villaflores; FIMMC= Francisco I. Madero, municipio de Cintalapa.

Tomando en cuenta los diferentes porcentajes de rastrojo que dejan los productores como mantillo y la cantidad de los RC producida en ambas localidades, se deduce que puede ser más fácil la introducción de prácticas de cobertura del suelo, donde la producción de biomasa fue lo suficientemente elevada para satisfacer los usos competitivos (Valbuena *et al.*, 2012). Asimismo, autores como Valbuena *et al.* (2015) concluyeron que en los lugares donde la producción de rastrojo es reducida existen presiones sobre estos, que originan costos de oportunidad.

Es importante señalar que los productores que en promedio destinaron <33% de los residuos como mantillo, no lograron a cubrir 30% de la superficie del suelo, como requisito mínimo para favorecer la conservación de la capa superior del suelo, Erenstein (2002) concluyó que con este porcentaje se podría reducir su erosión hasta en 80%. Es necesario tener presente que 30% de la superficie se logra cubrir con un umbral de 2 t ha<sup>-1</sup> de RM (Erenstein, 1997). En consecuencia, cuando las cantidades de los RC, que se mantienen como mantillo superficial, son insuficientes, la labranza mínima por sí sola puede conducir a rendimientos más bajos en comparación con las prácticas agrícolas actuales, sobre todo en suelos que son propensos a la formación de costras y a la compactación (Baudron *et al.*, 2012).

It is important to point out that the producers, who averaged <33% of the waste as a mulch, did not manage to cover 30% of the soil surface, as a minimum requirement to promote the conservation of the upper soil layer, Erenstein (2002) concluded which with this percentage could reduce its erosion by 80%. It is necessary to keep in mind that 30% of the surface can be covered with a threshold of 2 t ha<sup>-1</sup> of RM (Erenstein, 1997). Consequently, when the quantities of RC that are maintained as surface mulch are insufficient, minimum tillage alone can lead to lower yields compared to current agricultural practices, especially in soils that are prone to formation of crusts and compaction (Baudron *et al.*, 2012).

#### Producers who own cattle and the use of corn stubble

The 41.6% of the producers have cattle in NMMV, with a mean of 14.8 UA, and 100% of them use RM as cattle feed in some proportion. These farmers have paddocks of 8.5 ha in average, the main pastures that they own are star (*Cynodon plectostachyus* Rich) and llanero (*Andropogon gayanus* Kunth). In FIMMC, 78.5% of the producers have cattle, on average with 16.6 UA, and the majority of the farmers (95.4%) allocate some percentage of stubble for their livestock. In addition, these have an average area of 11.1 ha for grazing, where predominate star grasses and zacatón (*Sporobolus airoides* Torr).

### Productores que poseen ganado bovino y el uso del rastrojo de maíz

El 41.6% de los productores poseen ganado bovino en NMMV, con 14.8 UA promedio, y 100% de éstos utilizan el RM como forraje para ganado en alguna proporción. Estos productores cuentan con potreros de 8.5 ha en promedio, los principales pastos que poseen son estrella (*Cynodon plectostachyus* Rich) y llanero (*Andropogon gayanus* Kunth). Por su parte, en FIMMC 78.5% de los productores cuentan con ganado bovino, en promedio con 16.6 UA, y la mayoría de los agricultores (95.4%) destina algún porcentaje de rastrojo para su ganado. Además, estos poseen una superficie promedio de 11.1 ha para pastoreo, donde predominan los pastos estrella y zacatón (*Sporobolus airoides* Torr).

Se observó que existe una fuerte relación de los productores que cuentan con ganado bovino con el uso de los RC, debido a que 97.7% destinan algún porcentaje (<33, entre 34-66 y >66%) de residuos de maíz como forraje. Por otra parte, 100% de los productores que poseen ganado en las dos localidades evaluadas, pastorean su ganado de enero a marzo, después de la cosecha en las parcelas donde sembraron maíz: en ambas regiones se padece de una grave escasez de forraje durante la época seca, siendo el rastrojo la fuente de forraje más importante (Erenstein *et al.*, 1998), de acuerdo a las UA registradas en cada región, se ha estimado un consumo promedio 72 y 73% del rastrojo disponible en NMMV y FIMMC, datos similares de consumo de residuos en la región Frailesca, 60-80% han sido reportados por López *et al.* (2013), lo anterior fue ratificado por Hellin *et al.* (2013), estos autores determinaron que en Chiapas, 70% del rastrojo producido se utiliza para ganado y 20% para cobertura de suelo.

### Costo de oportunidad del uso del rastrojo: alimentación vs cobertura

Este estudio se centró exclusivamente al uso de rastrojo seco, después de la cosecha del grano de maíz. Se estimó que una vaca consume 5 256 kg ms año<sup>-1</sup>. Asumiendo al rastrojo como única fuente de ms para la alimentación del ganado y que toda la biomasa de maíz producida fue utilizada para alimentación, el rastrojo promedio producido podría mantener una vaca por 2 218 días en NMMV y 263 días en FIMMC.

It was observed that there is a strong relationship of the producers that have cattle with the use of RC, since 97.7% allocate some percentage (<33, between 34-66 and >66%) of maize residues as fodder. On the other hand, 100% of the producers that own cattle in the two evaluated localities, graze their cattle from January to March, after harvesting in the plots where they planted maize: in both regions there is a serious shortage of forage during the (Erenstein *et al.*, 1998), according to the UA registered in each region, an average consumption of 72 and 73% of the available stubble was estimated in NMMV and FIMMC, data similar waste consumption in the Frailesca region, 60-80% have been reported by López *et al.* (2013), this was ratified by Hellin *et al.* (2013), these authors determined that in Chiapas, 70% of the stubble produced is used for livestock and 20% for soil cover.

### Opportunity cost of stubble use: food vs cover

This study focused exclusively on the use of dry stubble, after harvesting corn kernels. It was estimated that one cow consumed 5 256 kg ms year<sup>-1</sup>. Assuming stubble as the sole source of maize for cattle feeding and that all maize biomass produced was used for feeding, the average stubble produced could maintain a cow for 2 218 days in NMMV and 263 days in FIMMC.

Considering that on average livestock ownership by producers is 14.8 and 16.6 AU in NMMV and FIMMC, the RM could maintain a producer's herd for 150 days (5 months) in NMMV, and 16 days in FIMMC. This shows that the stubble produced is much smaller than the annual requirement for livestock feed in both regions. On the other hand, taking the reference price of pasture rent per UA in the region, \$ 160.00 month<sup>-1</sup>, would yield an income of \$11 840.00 and \$1 328.00, respectively, using stubble produced as fodder. However, it is important to note that RM is not the only source of ms in the study regions, since most of the farmers own paddocks with pastures and use mineral salt as a nutritional supplement.

On the other hand, considering that the RM provides N, P and K based on ms, 1 t of stubble left in situ could incorporate to the soil 9, 2 and 14 kg of N, P and K, respectively. With this assumption, the RC generated at the producer level, 31.95 t ha<sup>-1</sup> on average, in NMMV could incorporate 287.55, 63.9 and 447.3 kg of N, P and K, respectively.

Considerando que en promedio la posesión de ganado por los productores es de 14.8 y 16.6 UA en NMMV y FIMMC, el RM podría mantener al hato de un productor por 150 días (5 meses) en NMMV, y 16 días en FIMMC. Lo anterior demuestra que el rastrojo producido es mucho menor que el requisito de ms anual para alimentación de ganado, en ambas regiones. Por otra parte, tomando como referencia el precio de alquiler de pastura por UA en la región, \$160.00  $\text{mes}^{-1}$ , se obtendría un ingreso de \$11 840.00 y \$1 328.00, respectivamente, utilizando el rastrojo producido como forraje. Sin embargo, es importante señalar que el RM no es la única fuente de ms en las regiones de estudio, ya que la mayoría de los agricultores poseen potreros con pastos y utilizan sal mineral como suplemento alimenticio.

Por otra parte, considerando que el RM aporta N, P y K en base a ms, 1 t de rastrojo dejada in situ podría incorporar al suelo 9, 2 y 14 kg de N, P y K, respectivamente. Con este supuesto, los RC generados a nivel productor, 31.95 t  $\text{ha}^{-1}$  en promedio, en NMMV podrían incorporar 287.55, 63.9 y 447.3 kg de N, P y K, respectivamente. Al considerar los precios de los fertilizantes sintéticos más comunes en Chiapas, precios obtenidos del SNIIM/2015), y sus contenidos porcentuales de NPK, se podría obtener un ahorro de 625 kg de urea (\$3 750.00), 138.9 kg de superfosfato triple de calcio (\$1 361.00) y 745.5 kg de cloruro de potasio (\$5 815.00) para NMMV. Para FIMMC, el rastrojo promedio producido, 3.79 t, podría incorporar 34.11, 7.58 y 53.06 kg de N, P y K, respectivamente, y generar un ahorro de 74.15 kg de urea (\$445.00), 16.47 kg de superfosfato triple de calcio (\$161.00) y 88.43 kg de cloruro de potasio (\$670.00).

En el Cuadro 4 se presenta el costo de oportunidad del uso de rastrojo tanto para alimentación de ganado como para cobertura de suelo. Como se puede apreciar el costo de oportunidad representa 6.7 y 4% para NMMV y FIMMC; es decir, si los productores utilizaran el rastrojo para cobertura de suelo estarían “perdiendo” \$914.00 en NMMV y \$52.00 en FIMMC, que equivalen a \$160.00 y \$20.8  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Aunque es importante recalcar que los beneficios del uso de rastrojo para ganado son a corto plazo y como mantillo se ven reflejados a mediano y largo plazo.

Beuchelt *et al.* (2015) señalan que los productores difícilmente renuncian a los ingresos actuales por los beneficios futuros, debido a la escasez recursos, su limitada liquidez y al entorno de producción de riesgo; además, de la alta presión sobre los recursos de alimentación, ya que ellos no pueden permitirse el lujo de invertir en tecnologías

When considering the prices of the most common synthetic fertilizers in Chiapas, prices obtained from SNIIM/2015), and their percentage NPK content, savings of 625 kg of urea (\$3 750.00), 138.9 kg of triple superphosphate of calcium (\$1 361.00) and 745.5 kg of potassium chloride (\$5 815.00) for NMMV. For FIMMC, the average stubble produced, 3.79 t, could incorporate 34.11, 7.58 and 53.06 kg of N, P and K, respectively, and generate a saving of 74.15 kg of urea (\$445.00), 16.47 kg of triple superphosphate of calcium (\$161.00) and 88.43 kg of potassium chloride (\$670.00).

Table 4 presents the opportunity cost of using stubble for both cattle feed and soil cover. As can be seen, the opportunity cost represents 6.7 and 4% for NMMV and FIMMC, i.e. if producers used stubble for soil cover they would be “losing” \$914.00 in NMMV and \$52.00 in FIMMC, which is equivalent to \$160.00 and \$20.8  $\text{ha}^{-1}$ , respectively. Although it is important to emphasize that the benefits of the use of stubble for livestock are short term and as mulch are reflected in the medium and long term.

#### Cuadro 4. Costo de oportunidad del uso de rastrojo de maíz para alimentación de ganado vs cobertura de suelo.

Table 4. Opportunity cost of using corn stubble for cattle feed vs soil cover.

Variables	Nuevo México	Francisco I. Madero
Valor económico como forraje para alimentación (\$)	11 840.00	1 328.00
Valor económico como cobertura de suelo (\$)	10 926.00	1 276.00
Costo de oportunidad (\$)	914.00	52.00
Costo de oportunidad (ha)	160.40	20.80

Beuchelt *et al.* (2015) point out that producers hardly renounce current income from future profits because of scarce resources, limited liquidity and the risk-producing environment; in addition, high pressure on food resources, since they cannot afford to invest in biomass technologies for soil improvement, since they have strong priorities in ensuring the immediate feeding needs of their livestock (Valbuena *et al.*, 2012). Similarly, Rusinamhodzi *et al.* (2015) indicate that from an economic perspective, it is logical that farmers prioritize the livelihood of livestock with RC more than the management of soil fertility. However,



de biomasa para la mejora del suelo, ya que tienen fuertes prioridades en asegurar las necesidades inmediatas de alimentación de su ganado (Valbuena *et al.*, 2012). De forma parecida, Rusinamhodzi *et al.* (2015) indican que desde una perspectiva económica, es lógico que los agricultores priorizan el sustento del ganado con RC más que la gestión de la fertilidad del suelo. No obstante, en el área de estudio se detectó el potencial de mejorar la disponibilidad de rastrojo como mantillo, a la vez de incrementar la disponibilidad de forraje, ya que la mayoría de los productores que practican el sistema maíz-ganadería, cuentan con áreas de potreros que podrían utilizarse para establecer forrajes mejorados.

## Conclusiones

El costo de oportunidad del uso de residuos de maíz como alimento del ganado bovino, para las comunidades en estudio, fue determinado en \$914.00 para Nuevo México y en \$52.00 para Francisco I. Madero, valores que indican una fuerte limitación para su uso como cobertura del suelo en el sistema de agricultura de conservación, principalmente en la primera comunidad. El interés de los productores por obtener beneficios económicos inmediatos con el rastrojo como forraje, promueve la degradación paulatina de los suelos al no restituir los nutrientes extraídos por la producción de biomasa del maíz.

Adicionalmente, se determinó que a mayor tamaño del hato ganadero, mayor demanda del rastrojo como forraje y menor disponibilidad para su uso como cobertura del suelo. Por el contrario, la disponibilidad del rastrojo aumenta a medida que los productores poseen potreros de mayor superficie.

## Literatura citada

- ABaudron, F.; Tittonell, P.; Corbeels, M.; Letourmy, P. and Giller, K. E. 2012. Comparative performance of conservation agriculture and current smallholder farming practices in semi-arid Zimbabwe. *Field Crops Res.* 132:117-128.
- Beuchelt, T. D.; Camacho, V. C. T.; Göhring, L.; Hernández, R. V. M.; Hellin, J.; Sonder, K. and Erenstein, O. 2015. Social and income trade-offs of conservation agriculture practices on crop residue use in Mexico's central highlands. *Agric. Sys.* 134:61-75.
- Blanco, C. H. and Lal, R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 28:139-163.

in the study area, the potential of improving the availability of stubble as a mulch was detected, as well as increasing the availability of forage, since most of the producers who practice the maize-livestock system have areas of pastures that could be used to establish improved forages.

## Conclusions

The opportunity cost of the use of maize residues as cattle feed for the study communities was determined at \$914.00 for New Mexico and at \$52.00 for Francisco I. Madero, values indicating a strong limitation for their use as soil in the system of conservation agriculture, mainly in the first community. The interest of the producers to obtain immediate economic benefits with the stubble as forage, promotes the gradual degradation of the soils by not restoring the nutrients extracted by the biomass production of maize.

Additionally, it was determined that the greater the size of the cattle herd, the greater the demand of the stubble as fodder and the less availability for its use as soil cover. On the contrary, the availability of stubble increases as the producers have larger paddocks.

*End of the English version*



- CIBCEC (Cédulas de Información Básica para Centros Estratégicos Comunitarios). 2006. Microrregión 3 Cintalapa, Chiapas, SEDESOL. [www.microrregiones.gob.mx](http://www.microrregiones.gob.mx).
- Erenstein, O. 1997. ¿Labranza de conservación o conservación de residuos? Una evaluación del manejo de los residuos en México. CIMMYT. México, D. F. Reprint Series 97-02. 14 p.
- Erenstein, O. and Cadena, P. 1997. La adopción de la labranza de conservación en un sistema de cultivo en ladera en Motozintla, Chiapas. CIMMYT. México, D. F. Documento del NRG97-01 Es. 63 p.
- Erenstein, O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: an evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Tillage Res.* 67:115-133.
- Erenstein, O. 2011. Cropping systems and crop residue management in the trans-gangetic plains: Issues and challenges for conservation agriculture from village surveys. *Agric. Sys.* 104:54-62.
- Erenstein, O.; Sayre, K.; Wall, P.; 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. *J. Sust. Agric.* 36:180-206.



- Erenstein, O.; Gérard, B. and Tittonell, P. 2015. Biomass use trade-offs in cereal cropping systems in the developing world: Overview. *Agric. Sys.* 134: 1-5.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. Mixed crop- livestock farming. A review of traditional technologies based on literature and field experience. Rome, Italy. 126 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2008. Agricultura de Conservación. Reynoso, R. 2016. Mapa de ubicación de comunidades de estudio: Nuevo México y Francisco I. Madero, Chiapas. Elaborado con el software Arcgis v. 10.1 con datos de campo.
- Fernández, P. 1996. Determinación del tamaño muestral. *Cad Aten Primaria.* 3:138-141.
- Gasque, R. 2008. Alimentación de bovinos en enciclopedia bovina. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Giller, K. E.; Witter, E.; Corbeels, M. and Tittonell, P. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Res.* 114:23-34.
- Grimble, R. and Wellard, K. 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agric. Sys.* 55:173-193.
- 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 Res.* 153:12-21.
- Herrero, M.; Thornton, P. K.; Notenbaert, A.M.; Wood, S.; Msangi, S.; Freeman, H. A.; Peters, M.; van de Steeg, J.; Lynam, J.; Rao, P. P.; Macmillan, S.; Gerard, B.; Seré, C. and Rosegrant, M. 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science.* 327:822-825.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. México, D. F. 50 p.
- Kaiser, J. 2004. Wounding Earth's fragile skin. *Science.* 304: 1616-1618.
- Kassam, A.; Friedrich, T.; Shaxson, F. and Pretty, J. 2009. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *Inter. J. Agric. Sust.* 7:292-320.
- Knowler, D. and Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy.* 32:25-48.
- Lal, R. 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security.* 1:45-57.
- López, B. W.; Camas, G. R. y Tasistro, A. 2012. Análisis de la experiencia de los productores con labranza de conservación. INIFAP-CIMMYT-IPNI. MasAgro. México. 30 p.
- López, B. W.; Camas, G. R. y Maldonado, M. J. 2013. Alternativas para aumentar la disponibilidad de rastrojo en la Agricultura de Conservación. México. In: LACe. 16:38-42.
- McKelvey, R. D. and Zavoina, W. 1975. A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *The Journal of Mathematical Sociology.* 4:103-120.
- Naudin, K.; Bruelle, G.; Salgado, P.; Penot, E.; Scopel, E.; Lubbers, M.; de Ridder, N. and Giller, K. E. 2015. Trade-offs around the use of biomass for livestock feed and soil cover in dairy farms in the Alaotra lake region of Madagascar. *Agric. Sys.* 134:36-47.
- Reyes, M. L.; Camacho, V. T. C. y Guevara, H. F. 2013. Rastrojos manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. Libro Técnico Núm. 7. 256 p.
- Rusinamhodzi, L.; Wijk, M. T.; Corbeels, M.; Rufino, M. C. and Giller, K. E. 2015. Maize crop residue uses and trade-offs on smallholder crop-livestock farms in Zimbabwe: Economic implications of intensification. *Agric. Ecosys. Environ.* 214:31-45.
- SNIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2015. Precios de insumos agrícolas por presentación comercial. Registro segunda quincena de agosto.
- Thornton, P. K. and Herrero, M. 2014. Climate change adaptation in mixed crop-livestock systems in developing countries. *Global Food Security.* 3:99-107.
- Turmel, M. S.; Speratti, A.; Baudron, F.; Verhulst, N. and Govaerts, B. 2015. Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agric. Sys.* 134:6-16.
- Valbuena, D.; Erenstein, O.; Homann, K. T. S.; Abdoulaye, T.; Claessens, L.; Duncan, A. J.; Gérard, B.; Rufino, M. C.; Teufel, N.; Van. R. A. and Van W. M. T. 2012. Conservation Agriculture in mixed crop- livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Field Crops Res.* 132:175-184.
- Valbuena, D.; Tui, S. H. K.; Erenstein, O.; Teufel, N.; Duncan, A.; Abdoulaye, T.; Swain, B.; Mekonnen, K.; Germaine, I. and Gérard, B. 2015. Identifying determinants, pressures and trade-offs of crop residue use in mixed smallholder farms in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Agric. Sys.* 134:107-118.
- Van, N. M.; López, W.; Zamarripa, A.; de la Piedra, R.; Cruz, F. J.; Camas, R. y López, J. 1994. La adopción de las tecnologías de labranza de conservación en La Fraylesca, Chiapas. CIMMYT. México, D. F. 101 p.