



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO DE ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

"PRODUCCIÓN, VALOR NUTRICIONAL Y APROVECHAMIENTO DEL RASTROJO DE MAÍCES NATIVOS EN LA REGIÓN DE LIBRES-SERDÁN, PUEBLA, MÉXICO"

FAVIOLA MUÑOZ TLAHUIZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2011

La presente tesis intitulada: **Producción, valor nutricional y aprovechamiento del rastrojo de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla, México**; realizada por la alumna: **Faviola Muñoz Tlahuiz**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

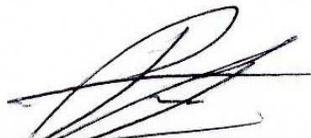
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR:



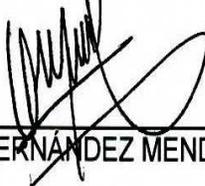
DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR:



DR. ZENÓN GERARDO LÓPEZ TECPOYOTL

ASESOR:



DR. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

Puebla, Pue., 1 de junio de 2011



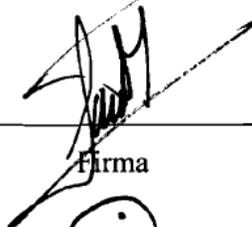
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE-43-2-03 ANEXO

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Faviola Muñoz Tlahuiz** alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del **Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis “ **Producción, valor nutricional y aprovechamiento de rastrojo de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla, México**” y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla a 30 de mayo de 2011



Firma



Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

PRODUCCIÓN, VALOR NUTRICIONAL Y APROVECHAMIENTO DEL RASTROJO DE MAÍCES NATIVOS EN LA REGIÓN DE LIBRES-SERDÁN, PUEBLA, MÉXICO

Faviola Muñoz Tlahuiz, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2011

Resumen

En los Valles Altos de Puebla, el rastrojo es un subproducto del cultivo de maíz importante para las unidades de producción agropecuaria en condiciones de temporal. Por tal motivo, el objetivo fue evaluar la producción y calidad del rastrojo de variedades locales de maíz, conocer el aprovechamiento de éste y las necesidades de investigación en la región del Valle de Libres-Serdán, Puebla. Se colectó semilla de variedades de maíces nativos en dos transectos del estado de Puebla y parte de Tlaxcala denominados Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV). Para cada transecto, en dos localidades bajo un diseño látice simple 12x12 con dos repeticiones, se evaluaron 144 variedades incluyendo cuatro testigos comerciales. Se evaluó el rendimiento de rastrojo, y de grano; de la materia seca (MS) de la hoja se evaluó la digestibilidad *in vitro* (DIVMS), fibra detergente neutro (FDN) y, fibra detergente ácido (FDA). Para conocer el aprovechamiento del rastrojo, se seleccionó un grupo de 65 productores de las regiones de estudio, aplicándoles un cuestionario. En cada experimento se realizó un análisis de varianza, y en cada transecto un análisis combinado. Los resultados de la encuesta se analizaron con estadística descriptiva. Las variedades difirieron ($P < 0.0001$) en producción de rastrojo y grano, donde las locales fueron superiores ($P \leq 0.05$) a los testigos comerciales. Las variedades se comportaron diferente en DIVMS de la hoja ($P < 0.01$ y $P < 0.0001$ para L-M-H y S-T-GV, respectivamente), siendo más digestibles las locales que los testigos comerciales, los cuales fueron más fibrosos. Los productores son minifundistas, integran el cultivo del maíz con la ganadería, requieren de variedades que rindan más grano y forraje con características de la planta como hoja ancha y abundante, tallo grueso, jugoso y suave. Se concluye que existen variedades locales que tienen mejor producción de rastrojo y grano, así como de mejor digestibilidad, que los testigos comerciales en las condiciones de temporal.

Palabras clave: Maíz criollo, variedades de doble propósito, digestibilidad, producción de maíz en temporal.

PRODUCTION, NUTRITIVE VALUE AND USE OF NATIVE MAIZE STOVER IN THE REGION LIBRES-SERDÁN, PUEBLA, MEXICO.

**Faviola Muñoz Tlahuiz, M. Sc.
Colegio de Postgraduados, 2011**

Abstract

In the highland plateau of Puebla State, maize stover is an important byproduct to the rural farming systems under rainfed conditions. For this reason, this study aimed to evaluate the stover yield and its fiber quality of local varieties and to know about the use and research needs for improvement of this byproduct in the Libres-Serdán valleys region, Puebla. Maize landraces were gathered from two transects in the Puebla State and part of Tlaxcala, called Libres-Mazapiltepec-Huamantla (LMH) and Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV). For each transect, at two locations and under a 12x12 simple lattice design with two replications, 144 varieties, included three commercial controls, were evaluated. Stover yield, grain yield, and from the dry matter (DM) of leaves *in vitro* digestibility (IVD), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA) were measured. Additionally, issues related to stover use were included, for which a random sample of producers was determined applying a questionnaire designed for that purpose. Data analysis was carried out for each experiment and also for each transect through a combined analysis of variance. The results from the survey were analyzed using descriptive statistics. The varieties differed ($P < 0.0001$) in stover and grain yield, where the local varieties surpassed ($P \leq 0.05$) the commercial controls. Leaf *in vitro* digestibility of the varieties performed differently ($P < 0.01$ and $P < 0.0001$ for L-M-H and S-T-GV, respectively), being more digestible the local varieties than the commercial controls, which had higher fiber concentrations.

The peasants are smallholders having integrated the maize crop to livestock production. They require varieties yielding more grain and forage with plants of abundant broad leaves, thick juicy and soft stems. It is concluded that there are local varieties that meet a production of stover and grain, as well as better digestibility, which outweigh the commercial controls under rainfed conditions.

Keywords: Creole maize, dual-purpose varieties, digestibility, rainfed maize production.

AGRADECIMIENTOS

- Al **Colegio de Postgraduados Campus Puebla**, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría y cumplir con un proyecto más en vida personal.
- A la **Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA)**, por otorgarme el tiempo para mis estudios de postgrado.
- A la **Línea de Investigación Prioritaria 6 del Colegio de Postgraduados**, Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos y, al Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Puebla, proyecto 76993 “Diversidad genética, conservación y fitomejoramiento de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) en las principales regiones productoras de Puebla” por el financiamiento del dicho proyecto en donde se generó la presente tesis.
- Al **Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez**, por sus enseñanzas, consejos, orientación, y apoyo que me brindó para la realización de éste proyecto durante el periodo de mi formación, además de su amistad y sobre todo por la paciencia que me tuvo.
- Al **Dr. Pedro Antonio López**, por la ayuda y apoyo que me brindó en la conducción de los experimentos y revisión de la tesis.
- A los **Drs. Zenón Gerardo López Tecpoyotl y Omar Hernández Mendo**, por su apoyo en la revisión y comentarios a la tesis.
- A todos los **maestros** y/o doctores que me dieron clases, construyendo parte de mi formación con sus consejos y enseñanzas transmitidas.
- A todo el **personal Docente y Administrativo**, por su apoyo incondicional durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.
- A mis **compañeros del Postgrado**, por su apoyo y conocimiento para la mejora de este trabajo.
- A mis compañeros de la fase de campo, a los ahora doctores **René Hortelano Santa Rosa** y **Gregorio Alvarado Beltrán**, por haber formado un equipo de trabajo.
- Al **Dr. Porfirio Morales Almora** por su participación como sinodal.
- Y a todos aquellos **amigos** que siempre mostraron disposición y el tiempo necesario para apoyarme.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y agradecimiento, a todos los que me brindaron su apoyo en el lapso de mis estudios de Postgrado, en especial a mi hija **Itandehui Jae Carrera Muñoz**, quien es y será siendo el motivo de mi deseo de superación, por su gran amor, paciencia, y por los momentos que me perdí de su vida durante el lapso de maestría, sin desestimar el apoyo brindado por mi familia.

A mi madre, **Eva Tlahuiz López**, y a mis tíos **Artemia y Juventino Tlahuiz López**, por el amor que me dieron y sobre todo por sus cuidados y enseñanzas en todas las etapas de mi vida.

Con mucho cariño a mis hermanos: **Olga, Judith, Clementina, Julio Cesar, Vicente, y Alberto**, por su valioso apoyo durante toda mi carrera y en especial en este escalón más de mi vida profesional, de igual forma a mis sobrinos **Odín, Yoallí, Héctor Alexis, Ángel** que estuvieron pendientes de brindarme su apoyo para no declinar en los momentos más difíciles de esta etapa.

A **Luis Manuel Carrera Rojas**, por su apoyo que en su momento tuve, y por darme lo más preciado que es mi hija.

CONTENIDO

	PAGINA
I	INTRODUCCIÓN..... 1
1.1	Planteamiento del problema..... 2
1.2	Preguntas de investigación..... 2
1.3	Hipótesis..... 3
1.4	Objetivo general..... 3
1.4.1	Objetivos particulares..... 3
II	REVISIÓN DE LITERATURA..... 4
2.1	La producción de maíz en México y en el estado de Puebla..... 4
2.2	Sistema de producción agropecuaria..... 4
2.3	Valor nutritivo..... 5
2.4	La Calidad del rastrojo..... 6
2.5	Características de la planta de maíz que confieren mejor calidad de rastrojo..... 8
III	MATERIALES Y MÉTODOS..... 10
3.1	Descripción de la zona de estudio..... 10
3.2	Manejo del cultivo..... 12
3.3	Diseño experimental..... 12
3.4	Variables evaluadas y descripción de la medición..... 12
3.4.1	Variables para los rendimiento de grano y rastrojo..... 12
3.4.2	Variables para la calidad del rastrojo..... 13
3.5	Análisis estadístico..... 14

3.5.1	Variables incluidas para la percepción de los productores en cuanto al aprovechamiento del rastrojo.....	14
3.6	Tamaño de muestra para la recolección de datos sobre la percepción de los productores en cuanto al aprovechamiento del rastrojo.....	16
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	Producción de rastrojo y grano en variedades locales de maíz de temporal en el Oriente de Puebla.....	19
4.2	Diversidad en la digestibilidad del rastrojo en variedades locales de maíz.....	24
4.3	Uso y aprovechamiento del rastrojo de maíz por los productores.....	32
4.3.1	Características de los productores y de la agricultura de la región.....	32
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
VI	LITERATURA CITADA	44
VII	ANEXOS	53

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA	
Cuadro 1	Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10% de las variedades superiores y testigos comerciales en el transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla, promedio de dos localidades.....	21
Cuadro 2	Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10% de las variedades superiores en el transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria, promedio de dos localidades.....	22
Cuadro 3	Variedades locales correspondientes al 10% superior en digestibilidad y testigos comerciales en el transecto L-M-H (promedio de dos localidades) con sus valores de concentración de fibras, materia seca de rastrojo producido, grano seco y días al 50% de floración femenina.....	30
Cuadro 4	Variedades locales correspondientes al 10% superior en digestibilidad y testigos comerciales en el transecto L-M-H (promedio de dos localidades) con sus valores de concentración de fibras, materia seca de rastrojo producido, grano seco y días al 50% de floración femenina.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1	Área de colecta de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla.....	11
Figura 2	Ubicación de las comunidades donde se realizaron las entrevistas para obtener la información sobre el aprovechamiento del rastrojo de maíz.....	15
Figura 3	Rendimiento de rastrojo por planta del 10% sobresaliente de variedades nativas y testigos comerciales ensayadas en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. El tipo de línea representa la precocidad de la variedad (Línea guiñada= Variedades tardías; Línea punteada= Variedades intermedias). Las barras verticales representan DMS ($\alpha=0.05$).....	18
Figura 4	Rendimiento de rastrojo por planta del 10% sobresaliente de variedades nativas y testigos comerciales, ensayadas en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. El tipo de línea representa la precocidad de la variedad (Línea sólida= variedades precoces; Línea guionada= variedades tardías; Línea punteada= variedades intermedias). Las barras representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	19
Figura 5	Digestibilidad de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y la línea guionada a las tardías. Las dos barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	25
Figura 6	Digestibilidad de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y	

	las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	26
Figura 7	Contenidos de fibra insoluble en detergente neutro de la materia seca de hoja de variedades nativas y comerciales de maíz, en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	27
Figura 8	Contenidos de fibra insoluble en detergente neutro de la materia seca de hoja de variedades nativas y comerciales de maíz en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	27
Figura 9	Contenidos de fibra insoluble en detergente ácido de la materia seca de hoja de variedades nativas y comerciales en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	28
Figura 10	Contenidos de fibra insoluble en detergente ácido de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).....	28
Figura 11	Edad (A) y escolaridad (B) de los productores integrantes de la muestra seleccionada.....	33
Figura 12	Distribución de la superficie total (A) de los productores de la muestra y superficie sembrada con maíz (B).....	34

Figura 13	Variedades sembradas por los productores de la muestra tomada.....	35
Figura 14	Mes de siembra de las variedades por parte de los productores.....	35
Figura 15	Número de animales(A), animales por especie (B) y ganado predominante en la zona de estudio (C).....	36
Figura 16	Rendimiento de rastrojo/ha reportado por los productores de la muestra.....	38
Figura 17	Necesidades mencionadas por los productores para hacer más rentable la producción de grano-rastrojo.....	39
Figura 18	Cantidad de rastrojo que necesita el productor por día para alimentar a sus animales.....	40

I. INTRODUCCIÓN

En el estado de Puebla, el Distrito de Desarrollo Rural 04 de Libres (DDR) es uno de los más importantes en el aspecto agropecuario. Es el mayor productor de leche de cabra con 832,200 litros por año y el tercer productor de leche bovina con 75,876,800 litros por año, después de Cholula y Tecamachalco, aunque con un inventario ganadero mucho menor (INEGI, 2007). Aporta anualmente 317,770 toneladas de grano de maíz, lo que representa el 31% de la producción estatal en 112,510 hectáreas, de las cuales 95% de ellas se encuentran en condiciones de temporal (INEGI, 2007), sembradas prácticamente con variedades criollas. En la gran mayoría de las unidades de producción en este Distrito, después de que el grano de maíz es cosechado, la materia seca remanente, o rastrojo, es utilizada para la alimentación del ganado bovino, ovino, caprino y equino. Estas especies dependen del rastrojo en gran parte del año para su alimentación, principalmente durante la parte final del otoño, el invierno y mediados de primavera, que es cuando el forraje verde escasea. Por lo tanto, el rastrojo de maíz es uno de los elementos de gran importancia para la unidad de producción, porque ayuda a amortiguar las necesidades de alimentación del ganado y da estabilidad económica a la unidad.

Sin embargo, a pesar de ser un elemento importante para la ganadería, el rastrojo es de baja calidad nutritiva para los animales, principalmente debido a que la mayor parte de nutrientes en la planta son movilizados al grano, quedando un material fibroso, de baja digestibilidad y bajos contenidos de proteínas, minerales y vitaminas. Debido a este hecho, al volumen de producción que se obtiene (pues llega a representar el equivalente del rendimiento de grano), y por la utilidad que representa, es importante el identificar variedades nativas que puedan producir más rastrojo y de buena calidad. En la región de Libres-Serdán no hay estudios que indiquen la variabilidad en producción de rastrojo de maíces nativos. De igual manera, se desconoce la variabilidad que pudiera existir en características que aseguren mayor digestibilidad entre los maíces blancos, azules y amarillos, o bien de los tardíos, intermedios y precoces, los cuales conforman el patrón de variación presente en región. Así mismo, poco se sabe si entre las variedades más rendidoras en grano se pueden encontrar algunas que produzcan rastrojo de mejor calidad. De acuerdo a lo anterior, en el presente estudio se evaluó el rendimiento de rastrojo y el valor nutricional del mismo en maíces nativos de la región de Libres-Serdán del estado de Puebla, con el fin de aportar elementos de decisión en la selección de variedades que conjuguen una mayor producción de grano y una mejor calidad de rastrojo; también se recabó información sobre el uso y

aprovechamiento que le dan al rastrojo los productores de la zona con el fin de detectar y re-dirigir necesidades de investigación en dicho cultivo.

La presente tesis está organizada de la siguiente manera: el Capítulo II integra la revisión de literatura; el Capítulo III los materiales y métodos; el Capítulo IV engloba a los resultados y discusión de los mismos, en tres secciones: la producción de rastrojo y grano, la digestibilidad del rastrojo y las concentraciones de fibra detergente neutro y ácido, así como la percepción de los productores de maíz en el aprovechamiento del rastrojo. Se culmina con las conclusiones generales en el capítulo V.

1.1 Planteamiento del problema

En México, la diversidad genética del maíz es amplia y difiere de región a región, por lo que es posible encontrar a nivel de micro-regiones o nichos ecológicos un determinado patrón varietal constituido por variedades que pueden clasificarse en un rango que puede ir desde las ultra tardías hasta precoces (Muñoz, 1987; Muñoz, 2005; Gil, 2006). En esta gama de variedades con diferente actividad metabólica y fisiológica debe existir una amplia variación en los componentes del valor nutricional del rastrojo, el cual se desconoce. Encontrar variedades nativas que tengan un buen rendimiento de grano y mejores características en su rastrojo, puede ayudar a que se logre una selección más integral de las variedades que pudieran ser sobresalientes en la producción de grano.

1.2 Preguntas de investigación

Por lo anterior, las preguntas de investigación del presente proyecto fueron: ¿Existe variación en la producción de rastrojo de maíces nativos de la región Libres-Serdán, en el estado de Puebla? ¿Existen variedades nativas con buen rendimiento de grano y buena calidad nutritiva de rastrojo? ¿Cómo se está dando el aprovechamiento de rastrojo por los productores de maíz en la zona?

1.3 Hipótesis

Existe diversidad en producción de rastrojo y su calidad, así como en rendimiento de grano en variedades locales de maíz, en las que encuentran materiales que reúnen dichas características y superan a variedades comerciales recomendadas para la zona de estudio.

El productor tiene la necesidad de variedades de maíz que sean de doble propósito (grano y rastrojo) para sostener el funcionamiento de la unidad de producción donde se combina la producción animal con el cultivo de maíz.

1.4 Objetivo general

Conocer la diversidad en las variedades locales de maíz, en términos de la conjunción de rendimiento de grano y de rastrojo considerando su calidad, para detectar variedades sobresalientes en dichos aspectos, que sirvan de base para generar variedades de doble propósito.

Conocer la percepción de los productores en relación al aprovechamiento del rastrojo como elemento de la unidad de producción.

1.4.1 Objetivos particulares

- Evaluar variedades de maíces locales en la región de Libres-Serdán, en términos de producción de grano y rastrojo para detectar materiales sobresalientes.
- Evaluar variedades de maíces locales de la región Libres-Serdán, con base a la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo y a los contenidos de fibra detergente neutro y detergente ácido.
- Describir la parte agrícola y pecuaria de las unidades de producción, en las que se da el aprovechamiento del rastrojo de maíz y detectar sus necesidades de investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La producción de maíz en México y en el estado de Puebla

México es el cuarto productor de maíz en el mundo con una producción aproximada de 20,200,000 toneladas; sin embargo, se importan en promedio 5,000,000 toneladas anualmente (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2007; INEGI, 2009). Lo anterior indica que la demanda no se cubre y por tanto se necesita incrementar la producción. En el estado de Puebla, el INEGI (2009) menciona que en 2008 la producción total de maíz, fue de 631,718 toneladas. Esta producción se obtuvo en una superficie sembrada y cosechada de 586,703 y 296,281 ha, respectivamente resultando en un rendimiento promedio de 2.16 t ha⁻¹. Asumiendo que la producción del rastrojo representa el 50% del total de la materia seca producida, entonces es probable que se produzcan alrededor de 630,000 toneladas de rastrojo, cantidad muy importante como alimento para los rumiantes que forman parte de los sistemas de producción agropecuarios que manejan los productores.

2.2. Sistema de producción agropecuaria

Un sistema de producción agropecuario se define como un conjunto de elementos estructurados que se encuentran interrelacionados dinámicamente en subsistemas en los cuales se lleva a cabo la producción agrícola y pecuaria por parte del productor, en sus unidades de producción. Estas unidades de producción tienen un fin específico dirigido por objetivos, de acuerdo a la cultura, recursos y prácticas como respuesta del medio ambiente físico y socio-económico en las que se ve inmerso el productor (Serrano y Ruiz, 2003). Generalmente en las regiones rurales los subsistemas agrícola y pecuario tienen la función de producir maíz, frijol y forraje fresco o en forma de esquilmos, conjuntándolos con la producción de carne, leche, huevo y abonos. Serrano y Ruíz (2003) concuerdan que durante la producción se realizan todas las operaciones inherentes a la gestión de los procesos productivos, pero además existe un complemento con la toma de decisiones y de información a los cuales se les ve como subsistemas. El subsistema de decisión, se encarga de la dirección del subsistema de producción, en función de los medios disponibles y de los objetivos a corto, medio y largo plazo. En el caso del subsistema de información, se realiza la canalización y traducción de la información externa (formación, asesoramiento, etc.) y de la

generada en los otros dos subsistemas (experiencia). En todo esto, el productor busca eficiencia en la producción para mantener y reproducir su unidad, haciendo integral el aprovechamiento de los recursos con que cuenta y buscando estrategias de sobrevivencia, como lo son el integrar a los cultivos con la producción pecuaria. Tal es el caso del maíz, el cual es un elemento importante del sistema que se aprovecha en diferentes modalidades para el consumo humano y animal y en el que se busca mejorar sus características e incidir en la producción. En el subsistema pecuario, donde los rumiantes son el componente principal, se busca que se consuma un forraje de calidad, por lo que el productor busca integrar los cultivos con la ganadería para asegurar una mejor producción en ambos componentes.

2.3 Valor nutritivo

El valor nutritivo en un forraje se define como la presencia y disponibilidad de nutrientes que el animal requiere para su mantenimiento y producción y puede ser descrito tanto en términos de concentración de nutrientes, respuesta en la producción animal o como respuesta por unidad de alimento consumido (Ulyatt, 1973; Baker y Dynes, 1999). El valor nutritivo está en función de la digestibilidad de nutrientes (carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales) y se complementa con el consumo voluntario del alimento para definir el concepto de valor alimenticio (Ulyatt, 1973; Baker y Dynes, 1999). En otras palabras, en el valor nutritivo quedan incluidas todas aquellas características que permiten cuantificar qué tan útil es un cierto producto como alimento de un animal y entre las variables más relevantes se encuentran la digestibilidad *in vivo* e *in vitro*, el contenido de fibra, carbohidratos solubles, energía metabolizable, la aceptabilidad, los contenidos de proteínas o nitrógeno total, minerales, entre otros. Estos conceptos aplican para cualquier tipo de forraje o alimento que consuman los rumiantes como es el caso del rastrojo de cereales.

2.4 La calidad del rastrojo

El rastrojo llega a representar el 50% de la biomasa total aérea (Bertoia *et al.*, 2002; Tollenaar *et al.*, 2006; Dhugga, 2007) y, por la utilidad que representa, es importante encontrar variedades que lo produzcan en cantidad y que aporten suficiente grano para las necesidades de las unidades de producción. Este aspecto de producir forraje y grano a la vez es una característica que los productores del altiplano mexicano buscan en la planta de maíz (Guerrero *et al.*, 2007; Viveros *et al.*, 2010) dado que tienen integrado a los cultivos (variedades nativas, principalmente) con la ganadería en las condiciones de temporal que prevalecen.

En la planta del maíz existen varios procesos y características que influyen en la calidad nutricional que se pudiera encontrar en el rastrojo. Uno de ellos es el llenado de grano, el cual se da a partir de la translocación de productos de la fotosíntesis y movilización de productos de órganos donde se han acumulado reservas (Poey, 1978; Jurgens *et al.*, 1978; Simmons y Jones, 1985; Deinum y Struik, 1989; Coors *et al.*, 1997; Rajcan y Tollenaar, 1999). Generalmente, al momento de la cosecha del grano, el rastrojo que queda tiene un valor nutritivo bajo para el rumiante que lo consumirá. Este rastrojo en diversos cereales (cebada, trigo, avena, entre otros) se caracteriza por presentar alto contenido de paredes celulares, con valores de fibra detergente neutro entre 650-880 g kg⁻¹ de materia seca (MS), está altamente lignificado (lignina en detergente ácido entre 70 a 110 g kg⁻¹ MS), tiene baja concentración de nitrógeno (4-9 g kg⁻¹ MS) baja concentración mineral y baja digestibilidad (28-60%) (Castrillo *et al.*, 1991; Devendra, 1997). Específicamente para el rastrojo de maíz, su concentración de proteína puede ir de 4.1-7.8%, el contenido de fibras insolubles en detergente neutro de 679-891 g kg⁻¹, de fibra insoluble en detergente ácido de 405-565 g kg⁻¹, y la digestibilidad *in vitro* de 473-567 g kg⁻¹ (Russell, 1986; Undi *et al.*, 2001; Methu *et al.*, 2001; Yescas-Yescas *et al.*, 2004; Xie *et al.*, 2009). Resultados provenientes de ensayo de variedades en donde la variabilidad genética ha sido estrecha, muestran que aunque el valor nutritivo del rastrojo de maíz es bajo, existe variación en la calidad nutritiva (Dhillon *et al.*, 1990; Lundvall *et al.*, 1994; Xie *et al.*, 2009; Lorenz *et al.*, 2010); por tanto, existen posibilidades de mejora, tema actualmente en consideración. En los países desarrollados, la calidad del rastrojo de maíz se ha vuelto un tópico muy importante pues la producción de etanol celulósico demanda de cantidad y calidad de la fibra a procesar (Dhugga, 2007; Lorenz *et al.*,

2009; Lorenz *et al.*, 2010; Lewis *et al.*, 2010). En su contraparte, en varios países en desarrollo, el rastrojo de maíz se utiliza para la producción de rumiantes, pero para ello se requieren de variedades de doble propósito, pues la producción de grano es importante para el consumo humano en la unidad de producción (Guerrero *et al.*, 2007). Debido a este hecho, es preponderante el encontrar variedades que puedan producir rastrojo en cantidad y calidad que ayuden a la mejora de los sistemas de producción rural.

Se han detectado diferencias importantes en el valor nutricional, y muy poca o nula correlación entre la calidad del rastrojo y el rendimiento de grano (Ørskov, 1991), como ocurre en maíz, donde la digestibilidad de carbohidratos estructurales parece independiente del llenado de grano (Coors *et al.*, 1994). De acuerdo a Bertioia *et al.* (2002), los métodos de selección para rendimiento de grano y estabilidad a través de ambientes no han sido aplicados para la producción de rendimiento de forraje, característica que es deseable para las condiciones de producción en muchas unidades de producción. Existen diferencias entre variedades en la producción de rastrojo (Aceves *et al.*, 2002; Lorenz *et al.*, 2009) y no hay evidencias de que al mejorar para producción de rastrojo se reduzca el rendimiento de grano (Lorenz *et al.*, 2010).

En el maíz, aun cuando las poblaciones o variedades pueden parecer iguales, éstas presentan diferencias en la capacidad de formación de fotosintatos, acumulación de reservas y translocación de las mismas. De tal manera que cuando están como rastrojo, su valor nutritivo puede diferir, principalmente porque pueden presentar variaciones en el contenido celular disponible al animal. El contenido celular está constituido principalmente por cantidades pequeñas de material citoplásmico deshidratado, en donde los carbohidratos no estructurales como la glucosa, fructosa, sacarosa y almidón son los que dominan; también se presentan por diferencias en carbohidratos estructurales potencialmente aprovechables, como la celulosa y hemicelulosa que fácilmente alteran el valor nutricional (Evans, 1979; Morrison, 1979). Las diferencias en la concentración de carbohidratos y posiblemente las diferencias en los compuestos nitrogenados presentes en la planta están dados por diferencias fisiológicas durante la formación de fotosintatos, por la removilización de reservas y su translocación durante el llenado de grano. En relación a esto último, Cliquet *et al.* (1990) señalan que en maíz es poco el almidón que se removiliza de los sitios de almacenaje; pero en contraste, son los carbohidratos solubles y una buena parte del nitrógeno los que se van al

grano. La fisiología de estos procesos es compleja, pero el hecho de que se produzcan diferencias, por ejemplo en almidón, puede modificar positivamente las estimaciones de energía metabolizable o la digestibilidad. Es probable que ciertas características morfológicas modifiquen algunas otras características relacionadas con el valor nutritivo. Subedi y Ma (2005), encontraron que entre variedades de maíz, existen diferencias en el aporte que realizan diferentes hojas de la planta al llenado del grano. Diferencias importantes en valor nutritivo entre variedades de maíz han sido detectadas a través del comportamiento productivo de animales. Rivera y Tewumasi-Afriyie (2005) encontraron variaciones marcadas en el rendimiento de carne en canal de borregos alimentados con rastrojo de ocho variedades de maíz, lo que sugiere la existencia de diferencias importantes en la calidad nutricional de tales materiales, y evidencia el potencial que existe para seleccionar variedades que produzcan rastrojo de mejor calidad. Algo que anima a la búsqueda de mejores materiales con mejores características nutricionales de la planta, es el hecho de que la característica de digestibilidad en maíz, de acuerdo a Le Buanec (1994), presenta buena variabilidad y su heredabilidad varía entre 0.603 a 0.693. Adicionalmente, existen otras características que pueden modificar el valor nutricional de la planta de maíz en rastrojo.

2.5 Características de la planta de maíz que confieren mejor calidad de rastrojo

Una característica que puede incidir positivamente en la digestibilidad es la mutación que da la coloración café de la nervadura principal de las hojas de la planta del maíz. Esta mutación produce cambios en la composición de fibra, induciendo reducciones en la concentración de lignina y promoviendo un cambio en la composición química de este compuesto (Cox y Cherney, 2001; Vermerris *et al.*, 2002; Marita *et al.*, 2003). Lo anterior resulta en un mejoramiento de la digestibilidad de la materia seca, promoviendo en muchos de los casos mejoras en la ganancia de peso de los animales (Lauer y Coors, 1997; Cox y Cherney, 2001; He *et al.*, 2003). Cuando la planta se encuentra completamente seca, posterior a la cosecha, ésta característica puede ser decisiva en el mejoramiento de la digestibilidad del rastrojo.

En varias zonas del estado de Puebla, el color café en la nervadura de la hoja se puede encontrar en las variedades criollas de maíz, por lo que es probable que la digestibilidad de sus respectivos rastrojos se encuentre en un intervalo aceptable, y pueda satisfacer los requerimientos de

mantenimiento de ovinos y caprinos, quienes de acuerdo con Castrillo *et al.* (1991) requieren de menores niveles nutricionales. En adición a lo anterior, otras características que se encuentran relacionadas a la digestibilidad y por consecuencia al valor nutritivo del rastrojo, son la relación hoja-tallo, que de preferencia debe ser alta, ya que las hojas presentan mejor digestibilidad que el tallo; la permanencia de las hojas es otra característica importante, la cual debe de ser prolongada, ya que de lo contrario modificaría indirectamente la proporción hoja-tallo.

La diversidad genética del maíz es amplia y difiere de región a región, por lo que es posible encontrar a nivel de micro-regiones o nichos ecológicos un determinado patrón varietal constituido por variedades que pueden clasificarse en un rango que puede ir desde las ultra tardías hasta precoces (Muñoz, 1987; Muñoz, 2005; Gil, 2006). En esta gama de variedades existen diferencias en producción de grano (Muñoz, *et al.*, 2004; Alvarado, 2010; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010). Así mismo, tienen diferente actividad metabólica y fisiológica que puede influir en los componentes del valor nutricional además de diferencias en producción de grano.

Se puede inferir que es posible seleccionar variedades que tengan buen rendimiento de grano y mejores características en su rastrojo, producto que es utilizado comúnmente en la mayoría de las unidades de producción en la región de Libres-Serdán.

Con base en lo anterior, dado que no se tienen estudios amplios que indiquen la variabilidad en la producción y calidad de rastrojo de maíces nativos, la presente investigación evaluó la variabilidad existente en variedades nativas para identificar aquellas con potencial para doble propósito.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

Se definieron dos grandes transectos en los que se hizo la colecta de las poblaciones nativas de maíz, estas fueron Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV). Estos transectos en su mayoría correspondieron al Distrito de Desarrollo Rural 04 de Libres, en el estado de Puebla, ubicado entre los $18^{\circ} 38' 44''$ y $19^{\circ} 41' 10''$ LN y los $96^{\circ} 59' 30''$ y $98^{\circ} 01' 34''$ LO, y una pequeña parte correspondió al DDR 165 de Huamantla, en el estado de Tlaxcala (Figura 1). El rango altitudinal varía entre los 2,340 a los 2,980 msnm y el clima dominante es templado semi-seco (INEGI, 2010). El transecto L-M-H incluyó 14 municipios que fueron Cuyoaco, Tepeyahualco, Ocoteppec, Libres, Oriental, San José Chiapa, Rafael Lara Grajales, Nopalucan, Mazapiltepec, y Soltepec, del estado de Puebla; Altzayanca, Citlaltepec, Cuapiaxtla y Huamantla, del estado de Tlaxcala. En total, de estos municipios 34 localidades fueron muestreadas. El transecto S-T-GV incluyó 10 municipios que fueron Chalchicomula de Sesma, Aljojuca, Esperanza, La Fragua, San Juan Atenco, San Nicolás Buenos Aires, San Salvador El Seco, Tepeyahualco, Tlachichuca y Guadalupe Victoria, todos en el estado de Puebla. El número de comunidades muestreadas en este transecto ascendió a 23. En ambos transectos se evaluaron 134 poblaciones nativas más los testigos raciales Cónico (Criollo del Mezquital), Cónico Norteño (Zac 58), Chalqueño Crema (7CSM), Chalqueño Palomo (Col-6583), Chalqueño del Valle de Toluca (Mex-158), Palomero Toluqueño (Mex 5) y cuatro testigos comerciales (Sintético Serdán, 32D06, Halcón y Z-60, para el transecto L-M-H y Sintético Serdán, AS-722, Gavilán y Promesa, para el transecto S-T-GV).

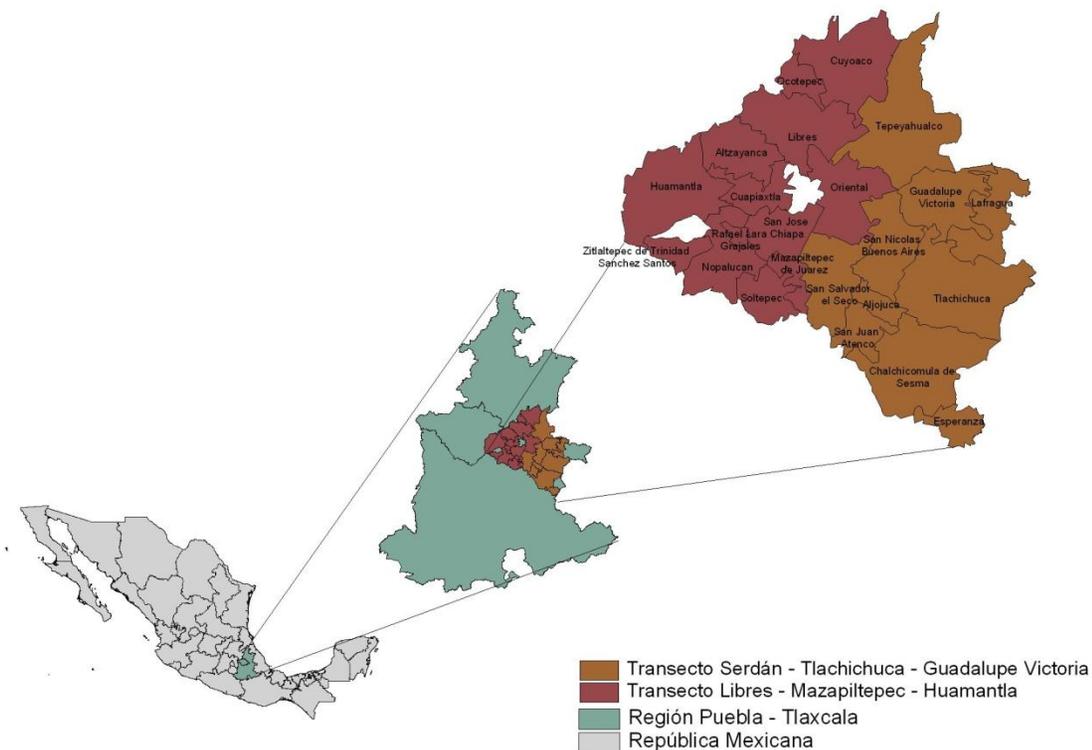


Figura 1. Área de colecta de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla.

Se incluyeron dos localidades de evaluación para cada transecto. En el transecto L-M-H las localidades fueron Buenavista de Guerrero, ubicada a los 19°38'07" LN y 97°30'32" LO, con altitud de 2,646 msnm y, Máximo Serdán, localizada a los 19°16'36" LN y 97°48'19" LO, con altitud de 2,402 msnm. En el transecto S-T-GV las localidades fueron El Sabinal ubicada a 18°55'19" LN y 97°24'07" LO, a una altitud de 2,540 msnm y, Tlachichuca, ubicada a 19°06'51" LN y 97°25'08" LO con una altitud de 2,600 msnm.

3.2 Manejo del cultivo

La fecha de siembra de los experimentos fueron el 14 y 21 de abril de 2007 para Buenavista de Guerrero y Máximo Serdán, respectivamente; mientras que para El Sabinal y Tlachichuca las siembras fueron el 26 de marzo y 3 de abril de 2007, respectivamente.

La fertilización se realizó en dos aplicaciones, durante la primera escarda se aplicó todo el fósforo y una tercera parte del nitrógeno y durante la segunda escarda el resto del nitrógeno. En Buenavista de Guerrero y Máximo Serdán la dosis de fertilización fue de 100-40-00; en El Sabinal y Tlachichuca la dosis fue de 110-50-00. Periódicamente se efectuaron deshierbes en forma manual y sólo en una ocasión se aplicó herbicida (2,4-D amina) a razón de un litro por hectárea.

3.3 Diseño experimental

Los 144 materiales en cada localidad de evaluación se ajustaron a un diseño látice simple 12 x 12 (Martínez, 1989). La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de longitud y 0.85 m de ancho, en los que se sembraron tres semillas cada 50 cm para después aclarar a dos plantas por mata, y lograr una densidad de población inicial de 47,000 plantas por hectárea que en promedio al momento de cosecha llegó a 40,000.

3.4 Variables evaluadas y descripción de la medición

3.4.1. Variables para los rendimientos de grano y rastrojo

Se registró la variable días a floración femenina (DFF), contabilizados desde el día de la siembra hasta que el 50% de las plantas tuvieron estigmas expuestos en cada parcela. De cinco plantas representativas, se midió la altura de planta (AP) y la altura de mazorca (AMZ), desde la base del tallo hasta la base de la espiga y desde la base del suelo al nudo de inserción de la mazorca, respectivamente. El rendimiento de grano seco (GS) se obtuvo de toda la parcela y se dividió entre la población de la misma para obtener el rendimiento por planta; el grano fue secado en estufa expresando todo en base seca. El rendimiento de rastrojo (MS) se obtuvo de tres plantas

representativas de cada unidad experimental, estas se separaron en tallo y hoja, se picaron y después se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C, hasta alcanzar peso constante. De ello resultaron las variables adicionales de rendimiento de hoja (MSH), de tallo (MST) y la relación hoja-tallo (RH-T). El índice de cosecha (IC) se calculó dividiendo el rendimiento de grano entre la materia seca total (grano + rastrojo, incluyendo el olote).

3.4.2. Variables para la calidad del rastrojo

En las partes centrales de cada unidad experimental se cortaron tres plantas representativas con competencia completa y que produjeron mazorca. El forraje obtenido fue picado con tijeras de podar, puesto en bolsas de papel y secado en una estufa de aire forzado a 60°C, hasta alcanzar peso constante. El forraje ya seco se separó en hoja (incluyendo las brácteas de la mazorca) y tallo (incluyendo la espiga), partes que se redujeron a un tamaño de partícula menor en un molino de cuchillas. Después de dicho paso, el material obtenido se volvió a re-moler en un molino ciclónico para pasar una criba de 1 mm. Las hojas fueron las únicas analizadas a las cuales se les determinó la fibra insoluble en detergente neutro (FDN), la fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y la digestibilidad *in vitro* enzimática. La determinación de la FDN y la FDA se hicieron por duplicado en un analizador de fibra ANKOM 200/220, utilizando los protocolos de ANKOM Technology (ANKOM Technology, 2006), excluyendo el paso con alfa-amilasa y el de acetona. La digestibilidad *in vitro* fue mediante la técnica de dos etapas pepsina-celulasa (Jones y Hayward, 1975; Clarke *et al.*, 1982; Klein y Baker 1993), adquiriendo las enzimas de la compañía SIGMA-ALDRICH. La pepsina (1:10000 de mucosa de estómago porcino) fue disuelta en 0.125N de ácido clorhídrico a una proporción de 6.66 g l⁻¹. La celulasa Onozuka RS de *Trichoderma viride* (≥5000 unidades/g de sólido) se disolvió en buffer acetato (4.1 g de acetato de sodio anhidro y 2.9 ml de ácido acético por litro de agua destilada) manteniendo una proporción celulasa:muestra de 1:100 (Clarke *et al.*, 1982). Se utilizaron 0.3 g de materia seca por muestra, colocándose en bolsas ANKOM F57, por duplicado. Primero se realizó la etapa de digestión con pepsina y luego con la celulasa, durando cada una 48 horas en un incubador de agitación orbital a 50 °C y a 80 revoluciones por minuto.

3.5 Análisis estadístico

El análisis de varianza para cada variable se realizó en dos formas. Primero, por transecto cada experimento fue analizado individualmente. Posteriormente se realizó un análisis de varianza combinado entre localidades; también se aplicó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) con $\alpha=5\%$, para la comparación de medias entre tratamientos; para estos análisis se utilizó el procedimiento GLM del paquete Statistical Analysis System, versión 9.2 (SAS Institute, 2008); el modelo lineal utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \delta_{ij} + B(L)_{l(kj)} + \varepsilon_{ijkl}, \quad \text{con } i=1,2,\dots,144; \\ j=1,2; k=1,2; l=1,2,\dots,12.$$

Dónde:

Y_{ijkl} es la observación de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente de la k -ésima repetición dentro del l -ésimo bloque

μ es la media general y constituye una constante común a todas las observaciones

α_i es el efecto aleatorio de la i -ésima variedad

γ_j es el efecto aleatorio del j -ésimo ambiente

δ_{ij} es el efecto aleatorio de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente

$B(L)_{l(kj)}$ es el efecto aleatorio del l -ésimo bloque anidado en la k -ésima repetición del j -ésimo ambiente

ε_{ijkl} es el error aleatorio asociado a la unidad experimental Y_{ijkl} .

3.5.1. Variables incluidas para conocer la percepción que los productores tienen cuanto al aprovechamiento del rastrojo

Se aplicó una encuesta a 65 productores de la región del Valle de Libres-Serdán en las comunidades de: Máximo Serdán, Nopalucan, Miravalles, Tlachichuca, Guadalupe Sabinal, Buena Vista de Guerrero, Oriental, Tepeyahualco de Hidalgo, Santa Cruz Magdalena, Zitlaltepec, Virreyes, San Francisco Cuexconzin, Santa María Ixtiyucan, y Ciudad Serdán (Figura 2).

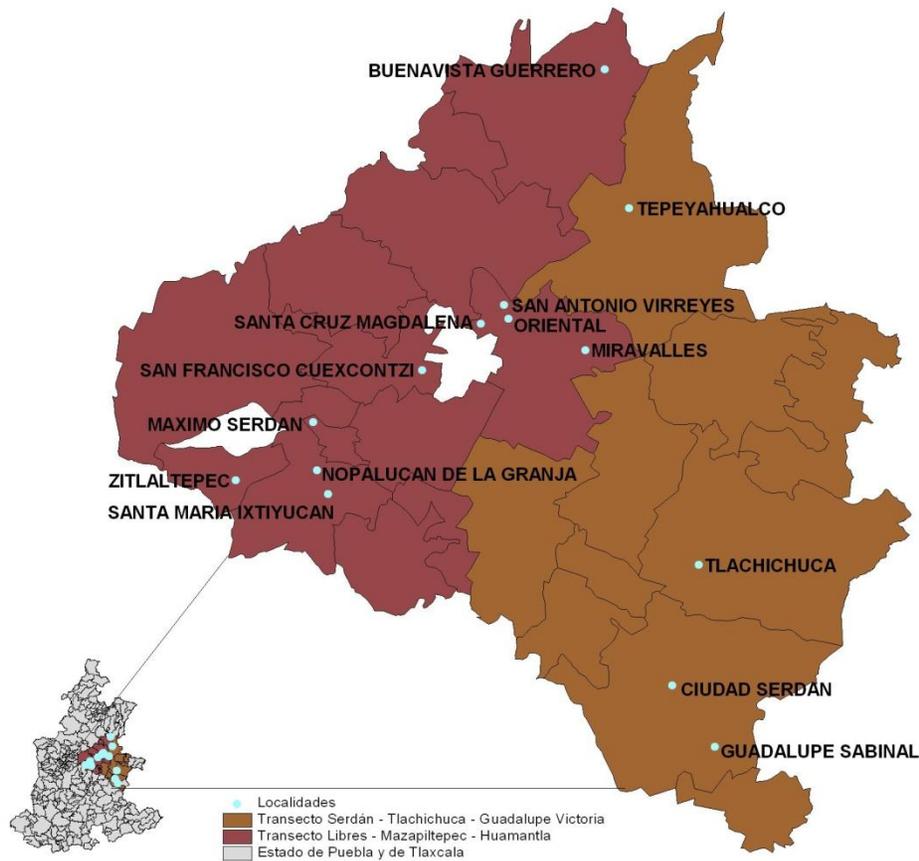


Figura 2. Ubicación de las comunidades donde se realizaron las entrevistas para obtener la información sobre el aprovechamiento del rastrojo de maíz.

Las variables que se registraron se agruparon en cinco apartados:

1).- Perfil del productor

- ❖ Edad
- ❖ Escolaridad

2).- Descripción de la parte agrícola

- ❖ Tipo de superficie (temporal- riego)
- ❖ Superficie total
- ❖ Superficie específica para la producción de forraje o cañuela
- ❖ Tipo de maíz y fecha de siembra

3).- Descripción de la parte pecuaria

- ❖ Especies de ganado
- ❖ Ganado que predomina
- ❖ Forma de proporcionar el forraje
- ❖ Uso de aditivos

4).- Aprovechamiento del rastrojo

- ❖ Variedad de maíz con buena producción de forraje
- ❖ Actividades de deshije y despunte
- ❖ Amogote
- ❖ Almacenamiento del rastrojo
- ❖ Finalidad de la producción de rastrojo
- ❖ Superficie y necesidades de rastrojo
- ❖ Compra de rastrojo
- ❖ Decisiones cuando no hay rastrojo
- ❖ Meses en que más se necesita el rastrojo
- ❖ Preferencia del rastrojo (variedad o color)

5).- Necesidades de investigación

- ❖ Rentabilidad para la producción de rastrojo
- ❖ Características de una planta ideal para el productor

3.6 Tamaño de muestra para la recolección de datos sobre la percepción de los productores en cuanto al aprovechamiento del rastrojo

Para obtener la información, se definió un tamaño de muestra de los agricultores mediante la técnica del muestreo simple aleatorio dentro de la población de interés, dentro de la cual se incluyó

a los productores que aportaron muestras de las variedades nativas para los experimentos. Aplicándose la siguiente ecuación (Gómez, 1977):

$$n = \frac{N Z^2 \alpha_{/2} (0.25)}{Nd^2 + Z^2 \alpha_{/2} (0.25)}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

N = tamaño de la población (210 productores que aportaron sus materiales).

$Z^2 \alpha_{/2}$ = Confiabilidad =95% (distribución normal estándar) (valor de Z de tablas con $\alpha= 0.95$; esto es 1.96)

0.25= Varianza máxima

d = Precisión (10%)

El resultado fue de 65 productores como tamaño de muestra calculado.

El análisis de datos para este apartado fue mediante estadística descriptiva, con el uso del programa SAS (SAS Institute, 2008).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de rastrojo y grano en variedades locales de maíz de temporal en el oriente de Puebla.

En cada transecto muestreado se encontraron diferencias entre variedades ($P < 0.0001$) en cuanto a la producción de rastrojo. En todos los casos, se encontraron variedades nativas que superaron ($P \leq 0.05$) a los testigos comerciales (Figuras 3 y 4). Por coloración de grano, las variedades blancas predominaron sobre las variedades de color, situación que fue más marcada en las localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria, donde solamente dos variedades amarillas estuvieron en el 10% sobresaliente.

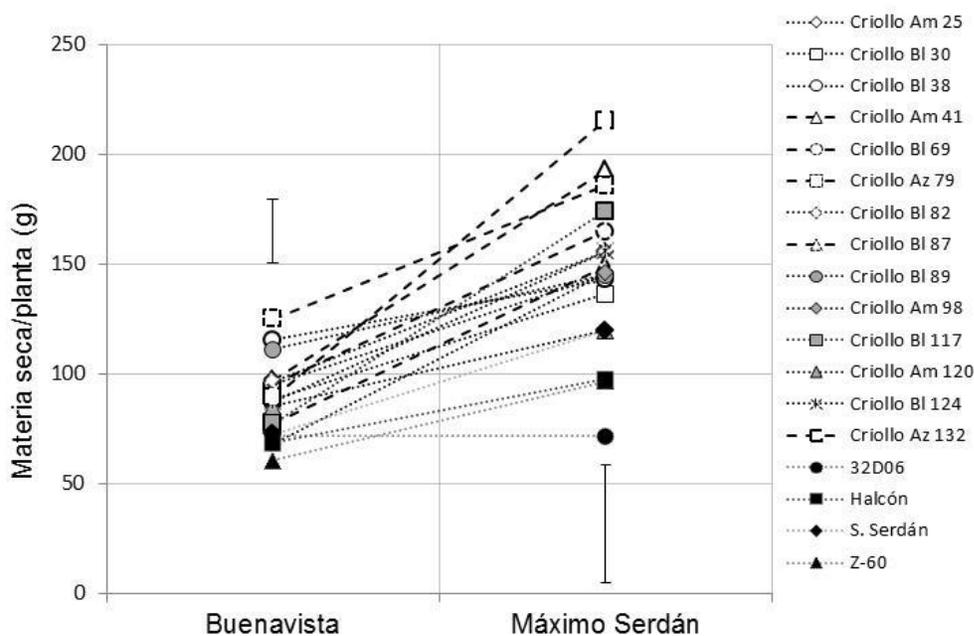


Figura 3. Rendimiento de rastrojo por planta del 10% sobresaliente de variedades nativas y testigos comerciales ensayadas en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. El tipo de línea representa la precocidad de la variedad (Línea guionada= Variedades tardías; Línea punteada= Variedades intermedias). Las barras verticales representan la DMS.

En ambos transectos hubo un efecto de localidad considerable ($P < 0.0001$), aspecto más evidente en el transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. Al respecto, la localidad de Máximo Serdán tuvo mejores condiciones edafoclimáticas que la de Buenavista: así también la localidad de Tlachichuca, presentó mejores condiciones que El Sabinal. El comportamiento de las variedades en conjunto fue superior en las mejores condiciones ambientales.

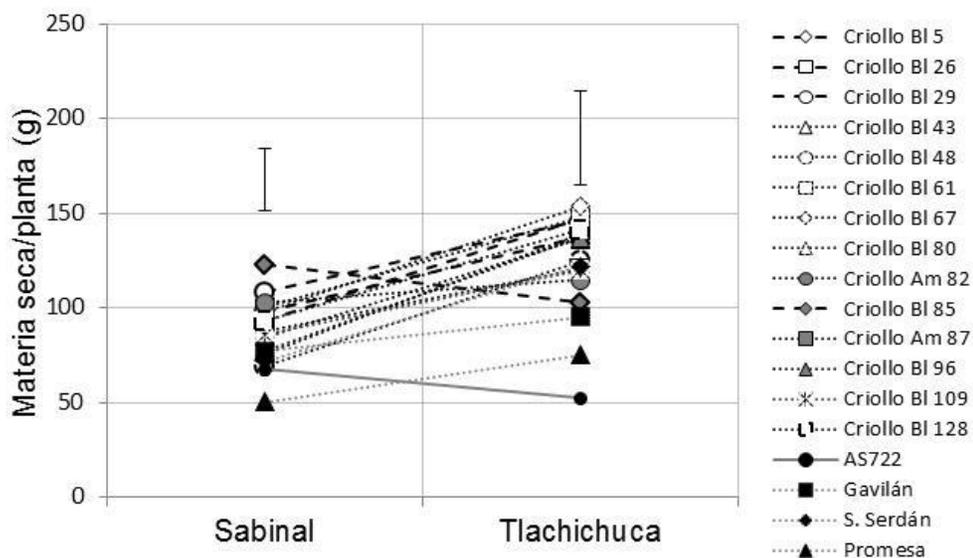


Figura 4. Rendimiento de rastrojo por planta del 10% sobresaliente de variedades nativas y testigos comerciales, ensayadas en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. El tipo de línea representa la precocidad de la variedad (Línea sólida= variedades precoces; Línea guionada= variedades tardías; Línea punteada= variedades intermedias). Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

En todas las localidades, las variedades más productoras de rastrojo estuvieron conformadas por aquellas de ciclo intermedio y tardío, indicando que tienen mayor tiempo de acumulación de materia seca que las precoces. El intervalo de rendimiento de rastrojo en las variedades locales a la densidad de 40,000 plantas fue de 6.2 a 5.0 t ha⁻¹, y para las variedades comerciales de 3.8 a 2.8 t ha⁻¹ en el transecto L-M-H. En el transecto S-T-GV las variedades locales rindieron en el intervalo de 5.0 a 3.8 t ha⁻¹ y las variedades comerciales en el intervalo de 3.8 a 2.4 t ha⁻¹.

El comportamiento de las variedades en relación a la producción de hoja y tallo fue similar a la producción total de materia seca (Cuadro 1 y 2). Las variedades con mayor rendimiento de materia seca tuvieron mayor cantidad de hoja en base seca, de igual modo en tallo, quedando los testigos ampliamente superados en ambos transectos. La relación hoja: tallo en el transecto L-M-H fue menor para las variedades locales, mientras que los testigos tuvieron relaciones mayores, indicando que proporcionalmente produjeron más hoja que tallo. Esta situación que no se presentó en el transecto S-T-GV, donde la relación hoja: tallo fue similar para la mayoría de variedades.

Las variedades locales fueron más altas y tuvieron también mayor altura a la mazorca, en comparación a los testigos. En la duración del ciclo, las floraciones femeninas fueron muy similares, aunque hubo una tendencia de las variedades comerciales a ser de tipo intermedio. En rendimiento de grano las variedades locales mostraron superioridad en relación a los testigos comerciales, situación más evidente en el transecto L-M-H. El índice de cosecha fue en su mayor parte similar entre las variedades locales del 10% superior con las de los testigos comerciales, indicando una partición de reservas hacia al grano en proporciones equiparables.

El maíz, en las unidades de producción del altiplano mexicano, se tiene como un cultivo de suma importancia, dado que forma parte de las estrategias de sobrevivencia. Da estabilidad al sistema de producción donde está integrado el ganado, los animales de trabajo y las necesidades alimenticias de la familia. Dado que el ganado representa una fuente de ingresos adicional a los cultivos (Viveros *et al.*, 2010; Galaviz *et al.*, 2011) ya que ayuda a amortiguar los desbalances económicos en tiempos difíciles, se trata de asegurar su mantenimiento durante la época fría y seca. En estas situaciones el rastrojo puede llegar a ser tan importante, o más, que el grano. Por tal razón el productor busca asegurar la cantidad de rastrojo necesaria para su ganado y busca materiales rendidores para este subproducto. Se observa que las variedades locales son altamente rendidoras en forraje comparadas con los testigos. Esto concuerda con los resultados de Aceves *et al.* (2002), quienes compararon a un híbrido (H-137) con una variedad criolla del productor cooperante en cada uno de nueve experimentos que realizó en el valle de Puebla, México, y en los que encontró superioridad en la producción de rastrojo de cada variedad local probada.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10% de las variedades superiores y testigos comerciales en el transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla, promedio de dos localidades.

Variedad	MS/Pta (g)	GS/Pta (g)	DFE	MSH/Pta (g)	MST/Pta (g)	R H-T	IC	AP (cm)	AMZ (cm)
79	155.5	65.6	130	83.2	72.3	1.3	0.28	206.5	124.0
132	152.4	39.9	132	79.0	73.4	1.4	0.20	221.6	147.0
41	145.3	61.3	129	82.8	62.5	1.6	0.29	181.6	101.5
69	142.5	52.3	131	81.4	61.1	1.6	0.24	194.9	118.4
38	129.2	75.7	124	79.9	49.2	1.8	0.34	192.1	113.4
89	128.2	74.5	126	73.6	54.6	1.5	0.33	189.7	113.7
82	126.2	74.0	128	70.7	55.5	1.6	0.35	197.4	116.3
117	125.9	62.9	125	72.7	53.2	1.8	0.35	178.6	109.9
87	125.3	63.4	124	67.9	57.4	1.4	0.31	179.3	104.7
124	121.6	58.1	120	71.2	50.4	1.8	0.30	203.8	131.9
25	120.6	63.1	125	67.6	53.0	1.5	0.33	185.5	117.2
30	112.7	73.7	125	67.5	45.1	1.6	0.37	186.9	122.4
98	107.2	81.3	116	64.8	42.4	2.0	0.42	174.8	103.2
120	102.6	78.4	122	63.6	39.0	1.8	0.41	177.5	108.3
S. Serdán	96.2	63.6	127	57.1	39.1	1.7	0.37	181.3	105.7
Halcón	83.2	52.2	123	59.5	23.7	3.0	0.34	130.6	54.8
Z-60	78.8	44.8	125	51.9	26.9	2.4	0.31	143.8	63.1
32D06	71.9	56.6	121	48.5	23.4	2.2	0.39	130.9	65.0
DMS (0.05)	31.82	19.65	5.5	18.72	18.10	0.47	0.255	17.55	16.18
LOC (Pr >F)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Var (Pr >F)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
LOC*Var (Pr > F)	0.1301	0.6873	0.2356	0.8105	0.0134	0.4003	0.2467	0.3448	0.3628
CM-ERROR	517.93	198.80	15.35	179.26	167.45	0.11	0.03	158.61	134.79
CV (%)	23.33	23.73	3.24	20.74	30.31	18.76	28.59	7.25	11.17
Máximo*	155.5	81.3	132	83.2	73.4	3.0	0.50	221.6	147.0
Mínimo*	26.8	14.8	98	18.0	8.7	1.3	0.20	96.8	33.1

MS/Pta, materia seca por planta; GS/Pta, grano seco por planta; DFE, días a floración femenina; MSH/Pta, materia seca de hoja por planta; MST/Pta, materia seca de tallo por planta; R H-T, relación hoja-tallo; IC, índice de cosecha; AP, altura de planta; AMZ, altura de la mazorca. * Valores para el total de variedades ensayadas.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10% de las variedades superiores en el transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria, promedio de dos localidades.

Variedad	MS/Pta (g)	GS/Pta (g)	DFF	MSH/Pta (g)	MST/Pta (g)	R H-T	IC	AP (cm)	AMZ (cm)
29	127.3	61.4	136	71.9	55.4	1.4	0.31	180.8	100.3
67	126.1	77.9	124	72.0	54.1	1.4	0.36	176.5	99.6
61	124.4	56.2	135	71.1	53.3	1.5	0.29	180.4	101.4
26	120.1	71.5	135	61.1	58.9	1.2	0.34	169.7	91.7
5	117.9	65.5	138	67.9	49.9	1.5	0.33	178.7	100.5
128	117.1	66.2	128	69.6	47.6	1.5	0.35	169.1	92.6
85	112.9	69.9	133	70.8	42.1	1.7	0.35	181.6	102.5
43	110.7	82.6	128	62.6	48.1	1.5	0.40	162.5	88.1
82	108.8	72.9	126	67.1	41.7	1.7	0.35	165.3	90.3
80	107.4	71.1	132	60.8	46.6	1.5	0.38	169.1	91.7
96	107.4	72.9	119	65.4	41.9	1.7	0.38	154.3	89.0
109	103.0	73.9	122	57.3	45.8	1.4	0.39	157.6	89.9
87	102.1	69.1	124	60.3	41.8	1.6	0.37	175.7	99.1
S. Serdán	97.2	67.6	128	59.2	37.9	1.6	0.36	158.1	81.5
48	96.9	87.0	128	55.9	41.1	1.5	0.45	172.3	98.5
Gavilán	86.1	57.9	125	51.8	34.3	1.9	0.37	135.4	48.5
Promesa	62.7	45.1	129	37.0	25.7	1.7	0.36	137.6	60.3
AS722	60.0	64.9	116	36.9	23.1	1.6	0.45	148.9	66.0
DMS (0.05)	31.41	25.89	7.93	18.637	14.723	0.44	0.106	17.74	14.16
LOC (Pr >F)	<.0001	<.0001	<.0001	0.06	<.0001	<.0001	0.0038	<.0001	<.0001
Var (Pr >F)	<.0001	0.0017	<.0001	<.0001	<.0001	0.2201	<.0001	<.0001	<.0001
LOC*Var (Pr>F)	0.8408	0.2954	0.8141	0.8467	0.7339	0.0653	0.1617	0.0021	0.1144
CM-ERROR	475.75	346.08	32.45	170.30	104.29	0.11	0.005	162.53	103.44
CV (%)	24.01	30.32	4.44	24.27	27.51	20.26	19.40	7.85	11.37
Máximo*	127.7	87.0	144	72.0	58.9	2.3	0.50	193.3	109.8
Mínimo*	32.5	36.6	100	20.4	12.1	1.2	0.25	81.3	30.4

MS/Pta, materia seca por planta; GS,/Pta grano seco por planta; DFF, días a floración femenina; MSH/Pta, materia seca de hoja por planta; MST/Pta, materia seca de tallo por planta; R H-T, relación hoja-tallo; IC, índice de cosecha; AP, altura de planta; AMZ, altura de la mazorca. * Valores para el total de variedades ensayadas.

Comparar los rendimientos de rastrojo obtenidos por planta en estos experimentos con resultados de otros países, se dificulta por ser condiciones diferentes, principalmente de clima y densidades de planta. Como referencia, Jurgens *et al.* (1978), en un híbrido sembrado a una densidad de 50,000 plantas por hectárea bajo riego, obtuvieron hasta 350 g de materia seca por planta. Cirilo y Andrade (1994) en Argentina, para un híbrido reportan rendimientos de 65 a 214 g por planta, ubicándose el promedio en 149.1 g, aunque a una densidad mayor, de 86,000 plantas por hectárea. En Canadá Tollenar *et al.* (2006) reportan rendimientos entre 50 a 250 g por planta, ubicándose la mayoría entre 125 a 250 g para un híbrido a 66,000 plantas por hectárea. Edmeades *et al.* (1999) reportan valores alrededor de 307 g por planta en condiciones de riego y en sequía de 144 g en materiales tropicales mejorados. Hacen falta puntos de comparación más específicos en cuanto a producción de materia seca de rastrojo en la gran diversidad que se tiene de variedades locales en las regiones de estudio; pero se observa que los rendimientos son contrastantes con los testigos comerciales. La producción de hoja es importante para el productor y es una de las características que toma en cuenta al seleccionar su variedad. Aun cuando las relaciones hoja: tallo no sean altas, el hecho que se asegure una cierta cantidad por ciclo productivo ayuda a cubrir las necesidades de forraje que se tienen. En los resultados se observa que existen variedades que superan a los materiales comerciales en producción de hoja. El tallo es también abundante, representa en las variedades criollas el 42% en promedio, situación favorecida por entrenudos largos como lo puede evidenciar la altura de planta. Este es un punto a considerar en el mejoramiento de estas variedades pues el tallo es en menor medida consumido por el animal, a menos que se muele. En rendimiento de grano las variedades locales igualan o superan a las variedades comerciales en las condiciones en que se evaluaron. Datos similares han sido reportados por varios investigadores en condiciones de temporal, con variedades locales en algunas otras regiones (Aceves *et al.*, 2002; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010). Dichos resultados dan evidencia de la adaptación que tienen las variedades locales al medio donde se han desarrollado como lo señalan Muñoz (2005) y Gil (2006). En investigaciones realizadas por otros autores (Deloughery y Crookston, 1979; Cirilo y Andrade, 1994; Hay, 1995; Edmeades *et al.*, 1999; Tollenaar *et al.*, 2006; Echarte *et al.*, 2008) el índice de cosecha reportado para maíz se encuentra en un intervalo de 0.3 a 0.57. En las variedades locales estudiadas el índice de cosecha encontrado fue de 0.20 a 0.5. Aunque estos índices caen en el intervalo reportado, se observó en general que en las variedades locales éste índice es bajo, comparadas con aquellas manejadas en países como Estados Unidos (Hay, 1995; Echarte *et al.*,

2008) en los que el mejoramiento ha sido intenso y que alcanzan en promedio 0.45 (comparado con el promedio de 0.36 encontrado en el presente estudio). Las variedades comerciales generalmente presentan valores altos de índice de cosecha, esto indica que una gran parte de la materia seca se asigna a las partes reproductivas (Hay, 1995). Sin embargo, en ambientes restrictivos, no expresan completamente su potencial y es bajo estrés, de acuerdo con Hay (1995), cuando la partición de reservas se destina más a la parte vegetativa. Cabe la posibilidad de que las variedades locales, a pesar de sus bajos índices de cosecha, se sigan manteniendo no sólo por sus características adaptativas, sino que además porque existe la necesidad de mantener a los rumiantes, y el hecho de que no se transloque una gran cantidad de materia seca al grano, puede producirse un rastrojo de mejor calidad, apetecible a los animales, aspecto que influye en la decisión de conservar muy probablemente esas variedades.

4.2 Diversidad en la digestibilidad del rastrojo en variedades locales de maíz.

Las variedades fueron diferentes en digestibilidad *in vitro* de la MS de la hoja ($P < 0.01$ y $P < 0.0001$ para los transectos L-M-H y S-T-GV, respectivamente) (Figuras 5 y 6). El valor medio para el transecto L-M-H fue de 59.6% y para S-T-GV fue de 54.9%. Para esta variable, el efecto de localidad fue detectado solamente en el transecto L-M-H ($P < 0.0001$), en donde en la localidad de Máximo Serdán las variedades tuvieron una digestibilidad promedio de 55.9% comparada con la de Buenavista, que en promedio alcanzaron 63.1% (Figura 5). En las localidades del transecto S-T-GV el promedio fue de 55.0%. En ambos transectos los testigos comerciales tuvieron, en general, menor digestibilidad de hoja que las variedades nativas (Figuras 5 y 6; Cuadros 1 y 2). Se encontraron variedades de color azul y amarillo que fueron igualmente digestibles que las blancas, aunque hubo una predominancia de estas últimas. Asimismo, en cuanto al ciclo de vida o precocidad de las variedades, se encontró representación de variedades precoces, intermedias y tardías.

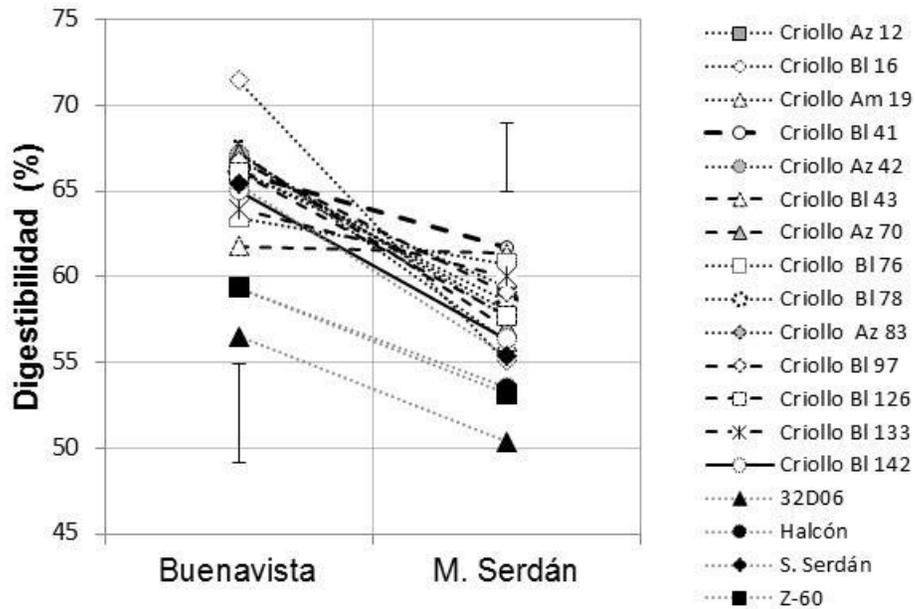


Figura 5. Digestibilidad de la materia seca de la hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y la línea guionada a las tardías. Las dos barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

Sólo se detectaron diferencias entre variedades en cuanto a la concentración de fibra insoluble en detergente neutro para el transecto L-M-H ($P<0.004$). En ambos transectos (Figuras 7 y 8) hubo un efecto marcado de la localidad ($P<0.0001$). En Máximo Serdán, el promedio general fue 73.2%, mayor al registrado en Buenavista que alcanzó 66.4%. En el transecto S-T-GV, las diferencias entre localidades fueron menores, (76.2% en El Sabinal y 78.2% en Tlachichuca), (Figura 8). Los testigos comerciales se ubicaron en el grupo de variedades con valores más altos, confirmando su mayor contenido de fibra, comparados con las variedades locales, principalmente en el transecto L-M-H.

En cuanto a la concentración de fibra insoluble en detergente ácido (Figuras 9 y 10), las variedades fueron diferentes ($P<0.002$), pero sólo en el transecto L-M-H, donde el valor promedio general fue de 36.9%, siendo de 33.0% para Buenavista y 40.9% para Máximo Serdán. No ocurrió lo mismo en las localidades del transecto S-T-GV, en las cuales se alcanzó un valor promedio de 40.4%.

Esta característica fue influenciada por las condiciones del ambiente en cada localidad ($P < 0.0001$), en ambos transectos.

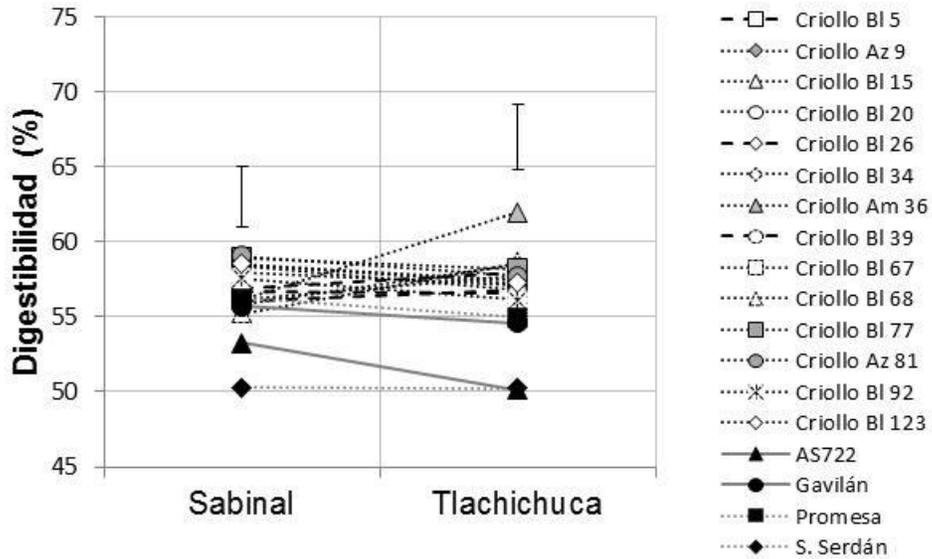


Figura 6. Digestibilidad de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

En los Cuadros 3 y 4, se observan variedades locales con porcentajes de digestibilidad de hoja en el 10% superior, que también mostraron aptitud para la producción de rastrojo y de grano (por ejemplo las variedades 41, 78 y 126 del transecto L-M-H y las variedades 5, 15, 26, 39, 67, 77). Es por tanto factible partir de estos materiales para iniciar un proceso de selección, combinando la producción de grano, rastrojo y digestibilidad para derivar materiales de doble propósito.

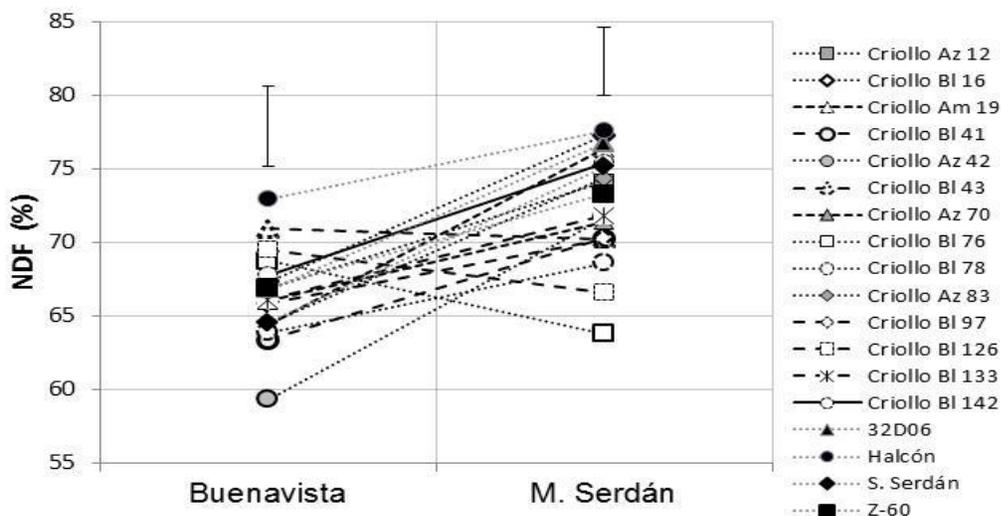


Figura 7. Contenidos de fibra insoluble en detergente neutro de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

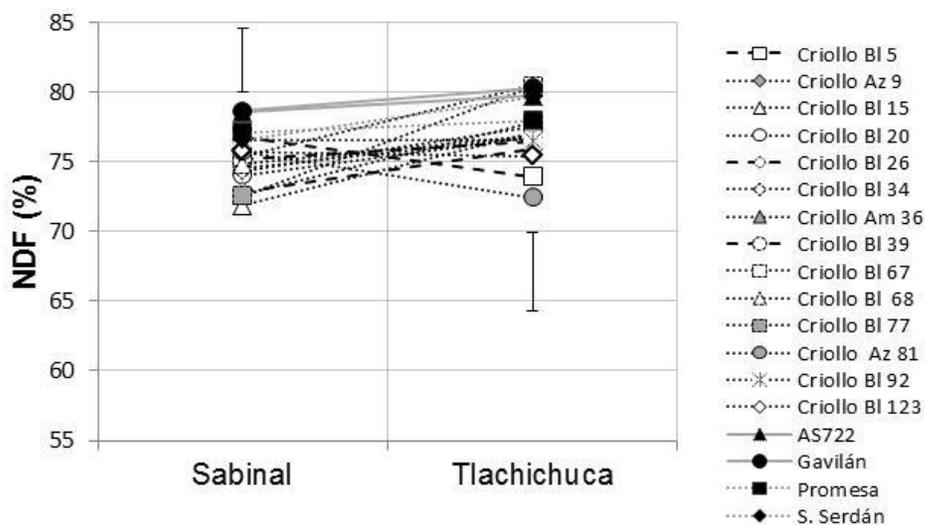


Figura 8. Contenidos de fibra insoluble en detergente neutro de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

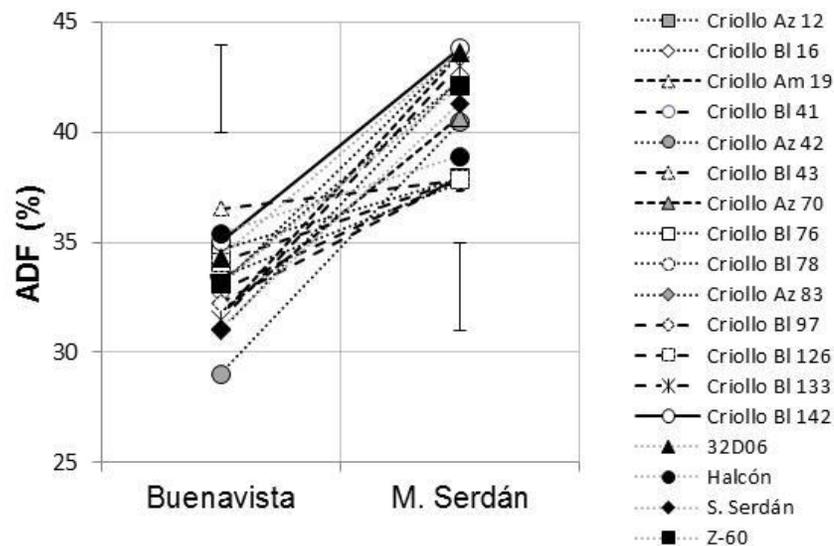


Figura 9. Contenidos de fibra insoluble en detergente ácido de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Libres-Mazapiltepec-Huamantla. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

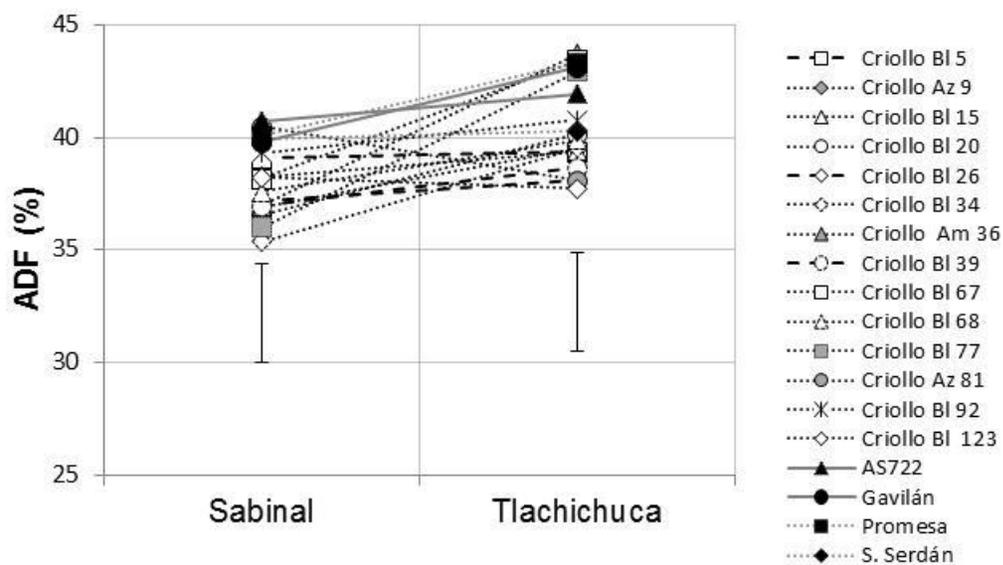


Figura 10. Contenidos de fibra insoluble en detergente ácido de la materia seca de hoja de variedades nativas de maíz y variedades comerciales en dos localidades del transecto Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria. La línea continua representa a las variedades precoces, la punteada a las intermedias y las guionadas a las tardías. Las barras verticales representan la DMS ($\alpha=0.05$).

En México el maíz es fuente de biodiversidad amplia y generador de bienestar rural (Polanco *et al.*, 2008), relacionándose directamente con la producción pecuaria y con el consumo humano. Al ser este parte fundamental en la alimentación de rumiantes, es altamente probable que los productores tomen en cuenta en la selección de las variedades el qué tan aceptable es el rastrojo para el animal. Por tanto, es probable que las diferencias encontradas en digestibilidad y concentración de fibras entre las variedades locales respecto de las comerciales se deban a lo que considera y aplica el productor en el proceso de selección de sus variedades. El mejoramiento del maíz en los campos experimentales, generalmente se ha conducido con fines exclusivos de producción de grano o bien para producción de ensilado (Barrière *et al.*, 1992; Lauer *et al.*, 2001; Bertoia *et al.*, 2002; Xie *et al.*, 2009) y prácticamente poco se ha hecho para la generación de variedades de doble propósito, para producción de grano y de rastrojo. Actualmente en países como Estados Unidos de Norteamérica se busca mejorar el maíz para doble propósito con fines de producción de etanol celulósico, tratando de encontrar plantas que tengan alta concentración de glucosa en la pared celular, la cual pueda ser liberada, y que tengan baja concentración de lignina (Lewis *et al.*, 2010).

Los resultados encontrados en las hojas de las variedades locales en lo referente a digestibilidad, oscilan en el intervalo de 54.2 a 64.2% en el transecto L-M-H y de 50.8 a 60.4%. Russell (1986) y Methu *et al.* (2001) reportan la digestibilidad *in vitro* de la hoja de un híbrido que fue cultivado durante dos ciclos consecutivos y la variación encontrada fue diferente de ciclo a ciclo, con 55.4 a 62.1% y 52.2 a 58.4%, en cada ciclo, respectivamente. Lundvall *et al.* (1994) reportan para la digestibilidad *in vitro* de hoja un intervalo de 51.7 a 60.2% en 45 líneas de maíz en las que estuvieron incluidas tres líneas con la característica de nervadura café, las cuales sintetizan menos lignina que los genotipos normales, estimación realizada en una etapa muy cercana a la madurez fisiológica. Estos datos indican que existe variación en la digestibilidad por el año, y de los resultados del presente estudio se detecta una variación por localidad. Los valores de digestibilidad del presente estudio se encuentran en el intervalo reportado, aunque para establecer equivalencias reales con otras investigaciones se requiere que los mismos materiales hubieran sido incluidos en los experimentos conducidos. Burton (1996) menciona que entre sitios y entre años las variaciones en digestibilidad son comunes, dado que algunos factores ambientales, como la temperatura,

pueden variar y eso afecta las concentraciones de fibra, como se detectó principalmente en el transecto L-M-H.

Cuadro 3. Variedades locales correspondientes al 10% superior en digestibilidad y testigos comerciales en el transecto L-M-H (promedio de dos localidades) con sus valores de concentración de fibras, materia seca de rastrojo producido, grano seco y días al 50% de floración femenina.

Variedad	Color	Dig IV (%)	FDN (%)	FDA (%)	MS/Pta (g)	GS/Pta (g)	DFF (Días)
41	Blanco	64.2	66.9	35.7	145.3	61.3	129
78	Blanco	64.2	66.3	35.5	114.3	68.8	126
42	Azul	63.6	65.5	34.5	95.4	41.7	122
16	Blanco	63.5	72.3	37.4	118.4	53.6	127
76	Blanco	63.2	66.3	36.3	109.3	58.9	126
133	Blanco	63.1	69.0	36.9	87.5	62.1	126
83	Azul	62.8	69.5	36.6	94.9	57.1	123
12	Azul	62.7	70.5	38.0	79.3	40.6	121
70	Azul	62.7	68.7	36.9	112.8	45.5	122
97	Blanco	62.5	68.1	34.6	105.9	49.0	128
142	Blanco	62.1	71.6	39.8	44.0	22.3	105
126	Blanco	62.1	68.1	35.5	114.9	62.0	125
19	Amarillo	62.0	70.4	37.7	76.1	58.7	117
43	Blanco	61.1	70.6	37.5	130.3	57.3	130
S.Serdán	Blanco	61.1	69.9	36.3	96.2	63.6	127
Halcón	Blanco	57.2	75.3	37.2	83.2	52.2	123
Z-60	Blanco	56.9	70.1	37.0	78.8	44.8	125
32D06	Blanco	54.2	71.8	38.4	71.9	56.6	121
DMS		4.35	4.19	3.70	31.82	19.65	5.46
Loc (Pr>F)		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Var (Pr>F)		0.0108	0.0041	0.0025	<.0001	<.0001	<.0001
Loc*Var (Pr>F)		0.1301	0.0982	0.0017	0.1301	0.6873	0.2356
CM-ERROR		9.7675	9.0769	7.072	517.927	198.803	15.3501
CV (%)		23.33	4.31	7.20	23.32	23.73	3.24
Media		59.56	69.84	36.95	97.57	59.41	121.03

Dig IV, digestibilidad *in vitro*; FDN, fibra de detergente neutro; FDA, fibra de detergente ácida; MS/Pta, materia seca por planta; GS/Pta, grano seco por planta; DFF, días a floración femenina.

Cuadro 4. Variedades locales correspondientes al 10% superior en digestibilidad y testigos comerciales en el transecto L-M-H (promedio de dos localidades) con sus valores de concentración de fibras, materia seca de rastrojo producido, grano seco y días al 50% de floración femenina.

Variedad	Color	Dig IV (%)	FDN (%)	FDA (%)	MS/Pta (g)	GS/Pta (g)	DFF (Días)
36	Amarillo	60.4	76.5	40.5	91.1	59.8	126
77	Blanco	58.6	75.2	39.2	99.6	57.6	136
20	Blanco	58.4	75.9	38.2	77.7	60.7	128
81	Azul	57.9	74.0	40.0	100.1	58.9	128
9	Azul	57.7	75.4	38.7	82.4	66.4	126
34	Blanco	57.6	76.2	37.3	81.9	71.0	127
15	Blanco	57.6	75.0	38.7	104.8	67.8	130
39	Blanco	57.4	76.2	37.8	111.6	66.7	134
92	Blanco	57.4	76.7	40.3	95.4	73.7	124
5	Blanco	57.3	75.2	38.7	117.9	65.5	138
123	Blanco	57.3	75.4	37.4	86.6	77.9	125
67	Blanco	57.1	77.6	41.2	126.1	77.8	124
26	Blanco	57.1	74.9	38.6	120.1	71.5	135
68	Blanco	57.0	75.9	39.1	99.7	66.3	131
Promesa	Blanco	55.8	77.5	42.0	97.2	67.6	128
Gavilán	Blanco	55.0	79.0	41.8	86.1	57.9	125
AS722	Blanco	51.6	79.0	41.0	60.0	64.9	116
S. Serdán	Blanco	50.8	77.8	39.6	62.7	45.1	129
DMS		3.54	4.01	3.75	31.41	25.89	7.3
Loc (Pr>F)		0.539	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Var (Pr>F)		<0.0001	0.3619	0.5138	<.0001	0.0017	<.0001
Loc*Var (Pr>F)		0.8448	0.736	0.7867	0.8403	0.2954	0.8141
CM-ERROR		6.4551	8.3031	7.2524	509.3039	346.082	32.4478
CV (%)		4.625	3.731	6.658	24.932	30.315	4.445
Media		54.93	77.23	40.45	90.52	61.36	128.16

Dig IV, digestibilidad *in vitro*; FDN, fibra de detergente neutro; FDA, fibra de detergente ácida; MS/Pta, materia seca por planta; GS/Pta, grano seco por planta; DFF, días a floración femenina.

En FDN para hoja, Russell (1986) reporta un intervalo de 56.6 a 61.2% y Methu *et al.* (2001) de 80.9 a 82.1; mientras que Lundvall *et al.* (1994) sitúan el intervalo entre 51.7-60.2%. El intervalo encontrado en NDF en el presente estudio va de 65.2 a 75.3% en el transecto L-M-H y de 73.7 a 81.1% en el transecto S-T-GV. En FDA para hoja, los valores que reportan Methu *et al.* (2001) están en el intervalo de 49.8 a 52.0%, por arriba de los encontrados en el transecto L-M-H y S-T-GV (34.3 a 43.1% y 37.3 a 44.6%, respectivamente).

4.3 Uso y aprovechamiento del rastrojo de maíz por los productores

4.3.1 Características de los productores y de la agricultura de la región.

En este apartado se presentan algunas características de los productores entrevistados, variables como la escolaridad de los productores, la superficie con la que cuentan para desarrollar la actividad agrícola, el uso y aprovechamiento del rastrojo.

Todos los productores entrevistados se dedican a la actividad agropecuaria, en la cual integran la producción de cultivos con la ganadería. La edad de los productores de la muestra tomada estuvo en un rango de 20 a 80 años (Figura 11-A). El 42% está compuesto de personas entre los 20 y 40 años, el 46% entre los 41 y 60 años y sólo el 12% se ubica a una edad mayor a los 61 años. Se considera que es una población adulta y que la presencia de una generación de reemplazo en las actividades agrícolas ha sido mínima.

En cuanto a la escolaridad, los agricultores muestran varios niveles de preparación, donde una fracción pequeña (9%) no tiene estudios, más de la mitad (66%) tiene estudios de primaria y el resto se distribuye en pequeños porcentajes con secundaria, preparatoria y estudios profesionales (Figura 11-B). Esto muestra cierto rezago educativo en los agricultores del medio rural, lo que coincide con lo reportado por Ordaz (2007) quien menciona que la escolaridad de la población rural en México es de 5.6 años de educación formal.

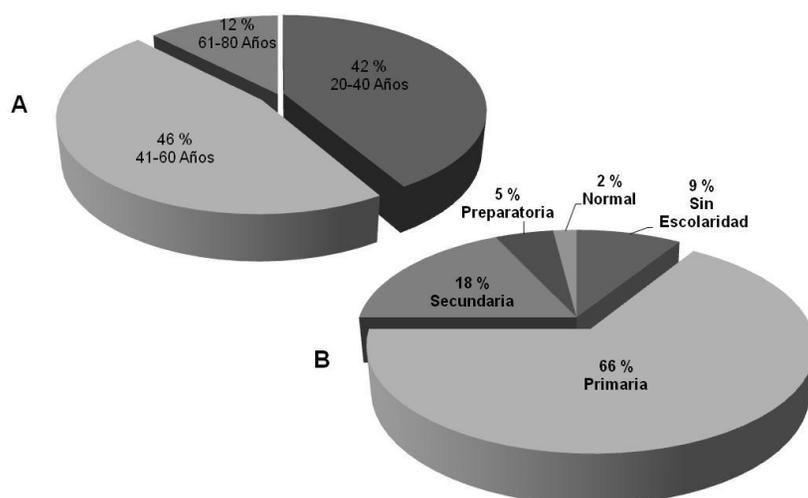


Figura 11. Edad (A) y Escolaridad (B) de los productores integrantes de la muestra seleccionada.

La agricultura que se practica en la región se realiza en su mayoría bajo condiciones de temporal, lo cual comprende el 91% de los casos. El 8% es de riego y el restante 1% se lleva a cabo en ambas condiciones.

La superficie total con la que cuentan los productores dominada por predios pequeños (1 a 5 ha) que representan el 61% (Figura 12A). El 34% corresponde a superficies que oscilan entre 5.1 a 10 hectáreas y, por último, el 5% de los productores cuenta con predios que varían entre 11 y 16 hectáreas, siendo la máxima extensión que poseen. Lo anterior indica que en la región de estudio predomina o se practica la agricultura minifundista. Esto coincide con lo que mencionan Viveros *et al.* (2010) en la región del Valle de Puebla, donde el 85% de las unidades de producción rural poseen cinco hectáreas o menos. Damián *et al.* (2007) mencionan que los productores de maíz de Tlaxcala, México, poseen 1.98 ha, en promedio. Por otra parte, Regalado *et al.* (1996) mencionan que los productores de maíz de temporal de Tlaltenango, Puebla, México, poseen de 2.79 ha en promedio.

De la superficie total, el 85% de los productores la siembra completamente con maíz, 8% siembra tres cuartas partes y el 7% la mitad de la superficie total que poseen. La distribución dominante de

esta superficie sembrada con maíz se muestra en la Figura 12B. El 46% es de 4 a 6 hectáreas, seguido de un 34% con superficies menores a 3 hectáreas, el 15% no mayores a 10 hectáreas y el restante (5%) son superficies que van de las 7 a 16 hectáreas.

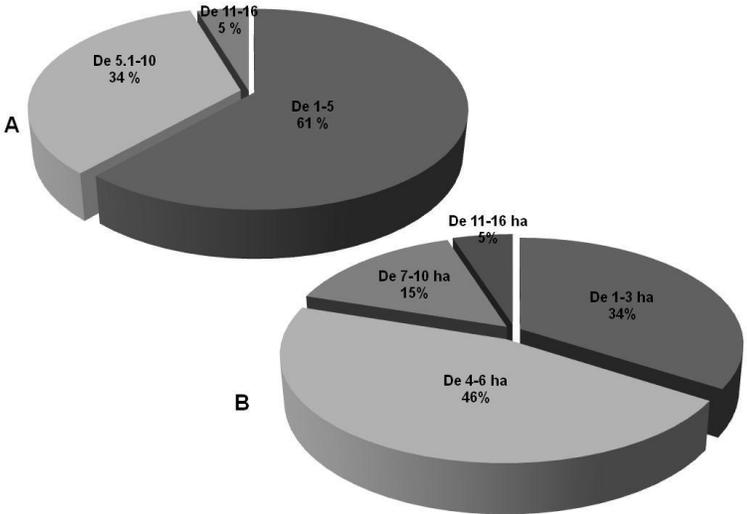


Figura 12. Distribución de la superficie total (A) de los productores de la muestra y superficie sembrada de maíz (B).

Otro aspecto importante en el proceso productivo del maíz en la región, es el tipo o variedad que utilizan para la siembra. Destaca el uso de semilla criolla de variedades de maíz denominadas por los mismos productores como blanco crema, chalco, ochenteño, tardón, enano, campeón y amarillo; entre estas sobresalen el blanco crema, chalco y ochenteño, variedades que van desde precoces hasta tardías. La proporción porcentual en el uso se muestra en la Figura 13, donde el 89% siembra la variedad blanco crema, chalco y ochenteño, el 8% de amarillos y sólo el 3% chalco cremoso.

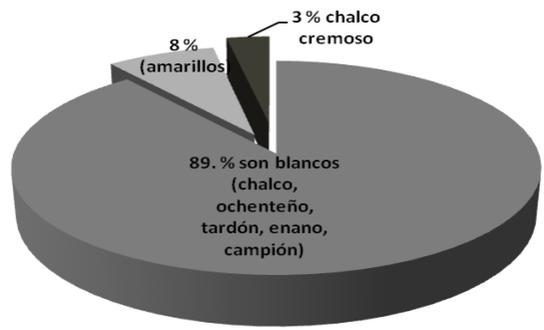


Figura 13. Variedades sembradas por los productores de la muestra tomada.

La época de siembra del maíz dependen del inicio de la época de lluvia y la humedad almacenada en el suelo. La mayoría de las siembras se realiza entre los meses de marzo y abril, con un 60%, el 23% lo realizan de marzo a mayo, y sólo el 17% de abril a junio (Figura 14).

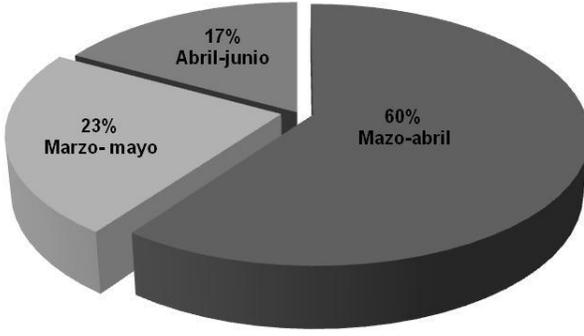


Figura 14. Mes de siembra de las variedades por parte de los productores.

En lo referente al área pecuaria, el número de animales con que cuentan los productores oscila entre 2 hasta 151. Más de la mitad de los productores tienen de 11 a 30 (34%) y de 31 a 50 (26%). El 28% son aquellos productores que tienen más de 51 animales hasta 151, como se muestra en la Figura 15A y sólo el 12% tienen de 2 a 10 animales en sus unidades de producción, dominando en este porcentaje los animales de trabajo. Las especies que consumen el rastrojo son los caprinos (56%), ovinos (24%), bovinos (9%), acémilas (8%), caballos (2%) y, asnos (0.78%) (Figura 15B). El ganado que más predomina en la zona son los caprinos, ya que sólo el 20% de los productores encuestados no cuentan con este tipo de ganado. El 23% de los productores tiene de 1 a 10 caprinos, el 31% de estos mismos de 11 a 40 caprinos, pero el 14% cuentan con 41 a 80 animales de esta especie y sólo el 12% tiene desde 81 hasta 140 caprinos, como se muestra en la Figura 15C.

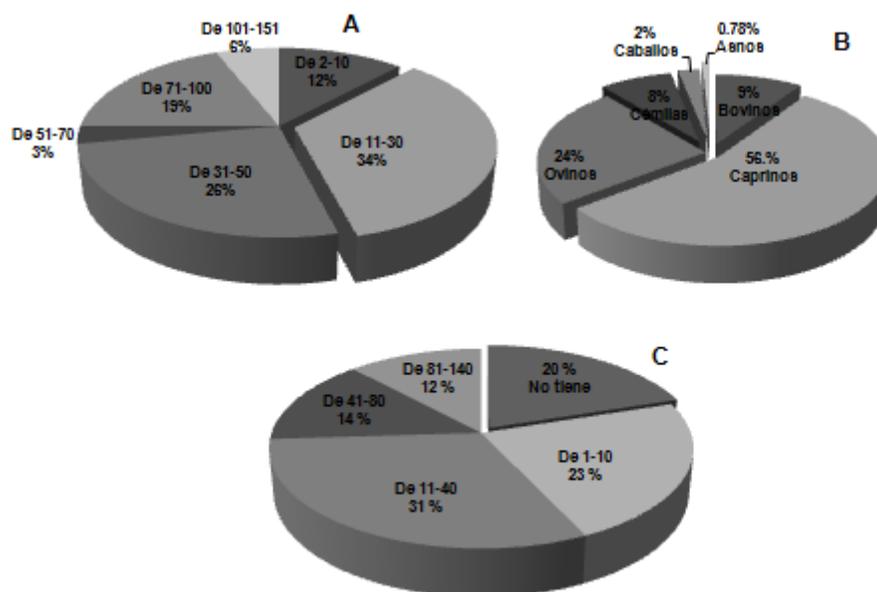


Figura 15. Número de animales (A), animales por especie (B) ganado predominante en la zona de estudio (C).

La forma en que los productores proporcionan el forraje a los animales, es en verde y seco, el 49% se los ofrecen seco y el 51% en ambas presentaciones. De los productores que proporcionan el forraje en seco, el 54% lo pica, el 8% lo da entero y el 38% se los da de las dos formas.

Una vez que la planta de maíz entra en la etapa de floración y/o formación del fruto, los productores empiezan a realizar ciertas actividades o labores como son el deshije y el despunte, con la finalidad de aprovechar el forraje. El deshije es realizado por el 31% de los productores y se puede llevar a cabo cuando el cultivo se encuentra en las etapas vegetativa y de floración. El motivo principal de realizarlo es que en ese momento no tienen con que alimentar a sus animales. El 69% no lo lleva a cabo, por que mencionan que las plantas han perdido la característica de producir hijuelos, aparte de que sí realizan ésta práctica mueven la planta, la cual puede verse afectada en su raíz, disminuyendo la producción de rastrojo y en el peor de los casos se llega a secar.

El 54% de los productores realiza el despunte. Esta actividad obedece a que no se tiene con que alimentar en ese momento a los animales, o bien a que se requiere acelerar el secado de la mazorca, aunque algunos mencionan que también lo llegan a realizar por tradición. El despunte se realiza cuando el maíz se encuentra en estado lechoso-masoso, las anteras de la espiga ya se cayeron por completo y, el elote ya está maduro y los estigmas secos. El 42% no lo realiza porque simplemente para ellos no representa ventaja alguna. El 4% restante lo realiza ocasionalmente. La única ventaja para realizar esta actividad, en general, es que les sirve como alimento para su ganado en los momentos que no se cuenta con forraje.

Una vez que la planta de maíz ha llegado a la madurez fisiológica, el 92% de los productores cortan la planta para realizar el amogote. Con esto aceleran el secado de la planta y evitan la pérdida de hoja. Los mogotes son de diferentes tamaños, los cuales deben estar bien cerrados para que no les entre agua, evitando con esto que se pudran el grano y la planta, además de que se puede cosechar más cómodamente. El restante 8% no realiza el amogote y cosecha (pizca) en pie.

En relación a la forma de almacenar el rastrojo, un alto porcentaje de los productores (43%) lo almacena picado y molido, esto es porque cuentan con la máquina para hacerlo y no pagan por éste trabajo ya que es costoso para ellos, otro grupo (34%) lo almacena en almiar entero y/o picado, ya que de esta forma el forraje se conserva más jugoso y por tanto de más calidad, el restante 23% empaca el rastrojo y lo guarda, ya que de esta manera se aprovecha mejor el espacio y es más fácil de protegerlo de las lluvias con un techado.

Sobre el uso y destino que le dan al rastrojo, el 86% de los entrevistados externaron que lo utilizan únicamente para alimentación de su ganado, mientras que el restante 14% de los productores lo emplea para la alimentación y venta, dependiendo de la cosecha que obtengan en ese año y del número de animales con el que cuenten en ese momento.

Tocante al rendimiento de rastrojo por hectárea, se estima que oscila desde 0.8 hasta 7 toneladas (Figura 16). El 58% de los productores manifestó que su rendimiento por hectárea es de 1 a 3 toneladas. El 37% obtienen rendimientos entre 3.1 a 5 toneladas, el 3% entre 6 y 7 toneladas y sólo el 2% de los productores tienen baja producción (0.8 t ha⁻¹), lo cual se debe a que los suelos son poco fértiles y a la errática presencia de lluvias.

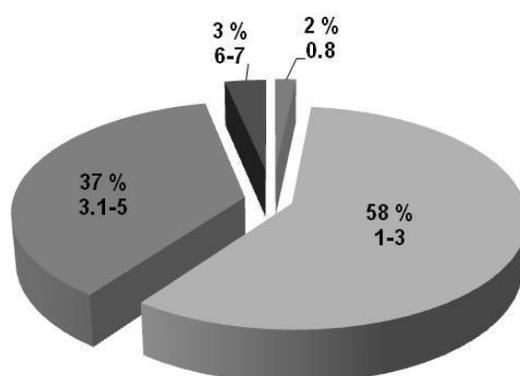


Figura 16. Rendimiento de rastrojo/ha reportado por los productores de la muestra.

En la integración que tienen los productores del cultivo de maíz con la parte pecuaria, el 91% menciona que el rastrojo que producen les alcanza para alimentar a su ganado todo el año, llegando en ocasiones a vender algún excedente que les llega a sobrar, lo cual depende del número de animales que tengan en existencia en ese momento. Cuando necesitan adquirir rastrojo se abastecen dentro de la misma comunidad. En algunos casos, los que llegan a comprar rastrojo salen fuera de la comunidad a conseguirlo, ya que muchas veces es más barato ir a buscarlo a las comunidades vecinas.

Para hacer la producción maíz-rastrojo más rentable (Figura 17), el 56% de los productores mencionan que requieren de variedades más rendidoras, pero siempre y cuando la planta conserve su calidad, que no se caiga la hoja ya que es la parte de la planta que más le gusta al animal. El 20% requiere variedades que estén adaptadas y presenten una planta de calidad. El 24% afirma tener la variedad apropiada, pero de estos, el 15% requieren mejorar la fertilidad de sus suelos y el 9% el porte, ya que ellos están conformes con la variedad que siembran pues la planta que obtienen es más jugosa y por lo tanto es más apetecida por los animales.

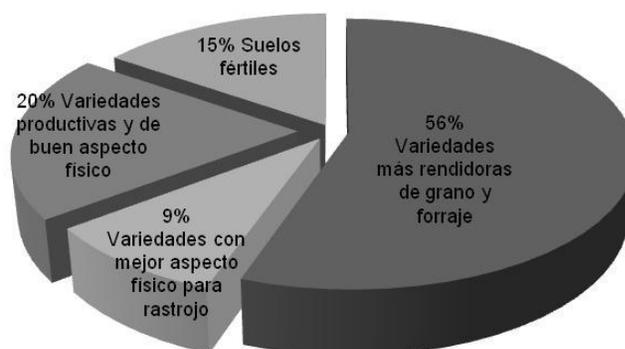


Figura 17. Necesidades mencionadas por los productores para hacer más rentable la producción de grano-rastrojo.

Más de la mitad de los productores (64%), mantiene la producción de maíz para producir rastrojo y poder alimentar a sus animales. El 35% lo hace tanto para producir maíz, como para asegurar el sustento de la familia y de sus animales. El 1% de los productores siembra el maíz con fines comerciales. En la Figura 18 se observa la cantidad de rastrojo que necesitan los productores al día para alimentar a sus animales, el cual es variable y proporcional al número de animales. Entre mayor es el número de animales, mayor es la necesidad del rastrojo.

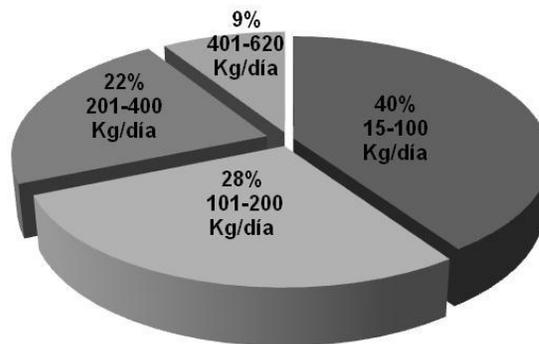


Figura 18. Cantidad de rastrojo que necesita el productor por día para el alimento de sus animales.

El 74% de productores menciona que en caso de no tener rastrojo compraría forraje, dependiendo del número de animales que tuviera en ese momento. El 26% refiere que vendería animales, ya que por lo regular cuando se escasea el forraje los que tienen lo venden muy caro y para ellos ya no les es redituable. La mayoría (81%), opinó que febrero y marzo son los meses en que más requieren de forraje o rastrojo. Para el 19% esta situación se extiende de enero hasta abril. Este período coincide con la época fría y seca del año.

El 65% menciona, que no adicionan algún producto para que sus animales consuman el rastrojo, ya que para ellos no es necesario porque el forraje que les ofrecen es de hoja ancha, jugosa, dulce y suave. Ellos obligan al animal que coman el rastrojo que se les ofrece sin darles opción. El 35% les agregan sales minerales y melaza para complementar su alimentación.

En cuanto a las necesidades de investigación, entre los agricultores encuestados, al 69% le gustaría que se investigaran métodos para mejorar la calidad de la planta y conservación, porque a veces se les echa a perder el rastrojo, debido al mal almacenamiento que realizan (se pudre). El otro 23% desearían variedades que sean rendidoras de grano-rastrojo y sólo el 8% está conforme con la variedad que siembra.

Para el 68% de los productores la planta ideal debería tener las siguientes características: que la planta sea alta, con una hoja ancha y de tallo grueso porque asegura una consistencia jugosa y

suave (esto incrementaría el peso y beneficiaría a los que llegan a vender). El 17% de los campesinos mencionan que la planta ideal sería de tamaño regular, hoja abundante pero con tallo delgado y, sólo el 15% refiere que lo importante para ellos sería el rendimiento de grano y rastrojo, sin importar que características muestre la planta.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las variedades locales de maíz en condiciones de temporal superan ampliamente a los testigos comerciales en la producción de rastrojo. De igual modo, algunas de ellas produjeron más grano por unidad de superficie, y son las que pueden formar la base para mejoramiento futuro de este cultivo hacia la obtención de variedades para doble propósito.

Existe diversidad en las poblaciones locales en cuanto a digestibilidad y concentraciones de fibra en las hojas, diferenciándose de los testigos comerciales que en general tuvieron menor digestibilidad y fueron más fibrosos. Entre esta variación en calidad de la materia seca, se encontraron variedades locales que reúnen una producción de rastrojo y grano que supera a los testigos comerciales en las condiciones de temporal.

La mayoría de los agricultores de la región de estudio se caracterizan por ser una población madura en un intervalo de edad promedio entre 41 a 60 años, con un nivel de estudios básico. Son productores minifundistas que tienen integrado al maíz con la producción de rumiantes y otras especies que sirven en las labores de los cultivos. La gran mayoría siembra variedades de color blanco como el ochenteño y chalco, y requieren variedades que rindan más grano y forraje, con características de la planta como hoja ancha y abundante, de tallo grueso, jugoso y suave.

En ambos transectos se lograron identificar variedades locales que fueron sobresalientes en rendimiento de rastrojo y grano, además de una digestibilidad de hoja aceptable (para el transecto L-M-H fueron las variedades 16, 41, 78 y 126; y para el transecto S-T-GV fueron las variedades 5, 15, 26, 67, 68, 77, 81). En ambos transectos todas estas variedades fueron de ciclo intermedio y coloración de grano blanco, la excepción fue la variedad 81 del transecto S-T-GV la cual fue azul. Como primer paso se recomienda incrementar la semilla de las variedades sobresalientes, practicando un esquema de pre-mejoramiento mediante la eliminación de plantas con características negativas como acame y susceptibilidad a enfermedades. Posteriormente se propone realizar al menos dos ciclos de selección masal o familiar para después recabar información descriptiva de las variedades y registrarlas en el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Una vez obtenidas las variedades, por experiencias exitosas que se han tenido en la producción de semilla en el *Campus* Puebla, es conveniente compartir semilla básica con

organizaciones campesinas estables, o bien, microempresas familiares para que se dediquen a la venta y difusión de dichas variedades en su beneficio. Paralelamente, se debe continuar el mejoramiento de las variedades obtenidas para avanzar en sus niveles de rendimiento y dar capacitación a los productores para que ellos realicen también su propia selección.

VI. LITERATURA CITADA

- Aceves RE, Fernández AT, Flores JIC, H. VV (2002) Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el valle de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* **25**: 339-347.
- Alvarado Beltrán G (2010) Diversidad de maíces nativos de tres nichos ecológicos del altiplano poblano-tlaxcalteca. Tesis de doctorado en Genética. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco Edo. Méx.Méx.120 pp.
- Ángeles-Gaspar E, Ortiz-Torres E, López PA, López-Romero G (2010) Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* **33**: 287-296.
- ANKOM Technology (2006) 'Operator's Manual ANKOM ^{200/220} Fiber analyzer.' ANKOM Technology: Macedon, New York, USA.
- Baker SK, Dynes RA (1999) Evaluation of the feeding value of pasture legumes. In 'Genetic resources of mediterranean pasture and forage legumes' pp. 120-131. Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands.
- Barriere Y, Traineau R, Emile JC, Hébert Y (1992) Variation and covariation of silage maize digestibility estimated from digestion trials with sheep. *Euphytica* **59**: 61-72.
- Bertoia LM, Burak R, Torrecillas M (2002) Identifying inbred lines capable of improving ear and stover yield and quality of superior silage maize hybrids. *Crop Science* **42**: 365-372.
- Buxton DR (1996) Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* **59**: 37-49.

- Castrillo C, Fondevilla M, Alibes X, Joy M (1991) Chemical treatments for upgrading lignocellulosic resources and strategies for their utilization in ruminant feeding. In 'Production and utilization of lignocellulosics. Plant refinery and breeding, analysis, feeding to herbivores and economic aspects'. GC Gallatti (Ed) pp. 339-373. Elsevier Applied Science: New York, USA.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión (2007) 'México: El mercado del maíz y la agroindustria de la tortilla.' CEFP: Distrito Federal, México. 18 p.
- Cirilo AG, Andrade FH (1994) Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science* **34**: 1039-1043.
- Clarke T, Flinn PC, McGowan AA (1982) Low cost pepsin-cellulase assays for prediction of digestibility of herbage. *Grass and Forage Science* **37**: 147-150.
- Cliquet J-B, Deléens E, Mariotti A (1990) C and N mobilization from stalk and leaves during kernel filling by ^{13}C and ^{15}N tracing in *Zea maíz* L. *Plant Physiology* **94**: 1547-1553
- Coors JG, Albrecht KA, Bures EJ (1997) Ear-fill effects on yield and quality of silage corn. *Crop Science* **37**: 243-247.
- Coors JG, Carter PR, Hunter RB (1994) Silage corn. In 'Specialty corns'. AR Hallauer (ed) pp. 305-340. (CRC Press: Boca Raton, FL).
- Cox WJ, Cherney DJR (2001) Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. *Agronomy Journal* **93**: 790-796.
- Damián Huato MÁ, Ramírez Valverde B, Parra Inzunza F, Paredes Sánchez JA, Gil Muñoz A, Cruz León A, López Olguín JF (2007) Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica de México* **33**: 163-173.

- Deinum B, Struik PC (1989) Genetic variation in digestibility of forage maize (*Zea mays* L.) and its estimation by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). An analysis. *Euphytica* **42**: 89-98.
- Deloughery RL, Crookston RK (1979) Harvest index of corn affected by population density, maturity rating, and environment. *Agronomy Journal* **71**: 577-580.
- Devendra C (1997) Crop residues for feeding animals in Asia: technology development and adoption in crop/livestock systems In 'Crop residues in sustainable mixed crop livestock farming systems'. C Renard (Ed) pp. 241-267. CAB International: Andhra Pradesh, India.
- Dhillon BS, Paul C, Zimmer E, Gurrath PA, Klein D, Pollmer WG (1990) Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. *Crop Science* **30**: 931-936.
- Dhugga KS (2007) Maize biomass yield and composition for biofuels. *Crop Science* **47**: 2211-2227.
- Echarte L, Rothstein S, Tollenaar M (2008) The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Science* **48**: 656-665.
- Edmeades GO, J.Bolaños, Chapman SC, Lafitte HR, Bänziger M (1999) Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index. *Crop Science* **39**: 1306-1315.
- Evans PJ (1979) Chemical and physical aspects of the interaction of sodium hydroxide with the cell wall components of straw. In 'Straw decay and its effect on disposal and utilization'. E Grossbard (ed.) pp. 187-197. John Willey & Sons: Chichester, Great Britain.

- Fernandez-Rivera S, Twumasi-Afriyie S (2005) Meat production using crop residues from eight maize cultivars as feed for sheep. *Animal Science* **83**: 362.
- Galaviz-Rodríguez JR, Vargas-López S, Zaragoza-Ramírez JL, Bustamante-González A, Ramírez Bribiesca E, Guerrero Rodríguez JD, Hernández Zepeda JS (2011) Territorial evaluation of sheep production systems in Northwest Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* **2**: 53-68.
- Gil Muñoz A, López PA, Muñoz Orozco A, López Sánchez H (2004) Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In 'Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales'. JL Chávez-Servia, J Tuxill, DI Jarvis (Eds) pp. 18-25. (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos: Cali, Colombia.
- Gil Muñoz A (2006) 'Introducción al fitomejoramiento en cultivos anuales.' Colegio de Postgraduados, Campus Puebla Cholula, Puebla. 82 p.
- Gómez AR (1977) Introducción al muestreo. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. 249 p.
- Guerrero Rodríguez JdD, Gil Muñoz A, Vargas López S, López Sánchez H, López PA (2007) El maíz de doble propósito: ¿Una opción para la agricultura campesina del altiplano mexicano? In 'Estudios y propuestas para el medio rural. Tomo II' pp. 153-167. Colegio de Postgraduados Campus Puebla, México, Universidad Autónoma Indígena de México: Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa.
- Hay RKM (1995) Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. *Annals of Applied Biology* **126**: 197-216.
- He X, Hall MB, Gallo-Meagher M, Smith RL (2003) Improvement of forage quality by downregulation of maize 0- methyltransferase. *Crop Science* **43**: 2240-2251.

- INEGI (2007) Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo II' INEGI: Aguascalientes, Aguascalientes, México. 158 p.
- INEGI (2009) El sector alimentario en México, 2009. INEGI: Aguascalientes, Aguascalientes, México. 299 p.
- INEGI (2010) Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 2010' INEGI: Aguascalientes, Aguascalientes, México. 165 p.
- Jones DIH, Margaret VH (1975) The effect of pepsin pretreatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solution. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **26**: 711-718.
- Jurgens SK, Johnson RR, Boyer JS (1978) Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agronomy Journal* **70**: 678-682.
- Klein L, K. BS (1993) Composition of the fractions of dry, mature subterranean clover digested *in vivo* and *in vitro*. In 'Proceedings of the XVII International Grasslands Congress'. New Zealand pp. 593-595.
- Lauer J, J. C (1997) Brown midrib corn. *Wisconsin Crop Manager* **4**: 16-18.
- Lauer JG, Coors JG, Flannery. PJ (2001) Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science* **41**: 1449-1455.
- Le Buanec B (1994) Evolution of the selection criteria of maize in the course of the last 20 years. Perspectives In 'Acta Horticulturae 355. Plant breeding for mankind'. EV Bockstaele, J Heursel (ed) pp. 99-108. International Society for Horticultural Science: Brussels, Belgium.
- Lewis MF, E.Lorenzana R, Jung H-JG, Bernardo R (2010) Potential for simultaneous improvement of corn grain yield and stover quality for cellulosic ethanol. *Crop Science* **50**: 516-523.

- Lorenz AJ, Coors JG, de Leon N, Wolfrum EJ, Hames BR, Sluiter AD, Weimer PJ (2009) Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol. *Crop Science* **49**: 85-98.
- Lorenz AJ, Gustafson TJ, Coors JG, Leon Nd (2010) Breeding Maize for a Bioeconomy: A literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield. *Crop Science* **50**: 1-12.
- Lundvall JP, Buxton DR, Hallauer AR, George JR (1994) Forage quality variation among maize inbreds: in vitro digestibility and cell-wall components. *Crop Science* **34**: 1672-1678.
- Marita JM, Vermerris W, Ralph J, Hatfield RD (2003) Variations in the cell wall composition of maize *brown midrib* mutants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**: 1313-1321.
- Martínez Garza A (1989) Manual de diseño y análisis de los láctices. *Monografías y Manuales en Estadística y Cómputo* **8**: 1-70.
- Methu JN, Owen E, Abate AL, Tanner JC (2001) Botanical and nutritional composition of maize stover, intakes and feed selection by dairy cattle. *Livestock Production Science* **71**: 87-96.
- Morrison IM (1979) The degradation and utilization of straw in the rumen. In 'Straw decay and its effect on disposal and utilization'. (Ed. E Grossbard) pp. 237-245. John Willey & Sons: Chichester, Great Britain.
- Muñoz Orozco A (1987) Resistencia a factores adversos y mejoramiento de los patrones etnofitogenéticos de la mixteca. Tomo II. In 'Como aumentar la producción agropecuaria y forestal en la región Mixteca Oaxaqueña'. Tiltepec, Oaxaca. A Muñoz Orozco, B Dimas Chavez (Eds) pp. 537-548. (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno de Estado de Oaxaca, Colegio de Postgraduados.

- Muñoz Orozco A (2005) 'Centli Maíz.' Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México: San Vicente Chicoloapan, Estado de México. 211 pp
- Ordaz. JL (2007). México: 'Capital humano e ingresos. Retornos a la Educación 1994-2005.' CEPAL-Serie. Estudios y perspectivas. México, No. 90. 70 pp.
- Ørskov ER (1991) Possibility of manipulating resource quality by genetic selection. In 'Production and utilization of lignocellulosics. Plant refinery and breeding, analysis, feeding to herbivores and economic aspects. ' . C Galletti (Ed) pp. 219-227 Elsevier Applied Science: New York, USA.
- Poey DFR (1978) 'El mejoramiento integral de maíz: valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos.' Colegio de Postgraduados: Chapingo, Estado de México.
- Polanco Jaime A, Flores Méndez T (2008) Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz. Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C.: México, Distrito Federal 244 p.
- Rajcan I, Tollenaar M (1999) Source:sink ratio and leaf senescence in maize: II. Nitrogen metabolism during grain filling *Field Crops Research* **60**: 255-265.
- Regalado López J, Jiménez Sánchez L, Laird R J, Estrella Chulim N, Paredes Sánchez JA, Ramírez Valverde B (1996) Factores asociados a la utilización de la tecnología de alta productividad entre productores de maíz de temporal. *Agrociencia* **30**: 139-145.
- Russell JR (1986) Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. *Animal Feed Science and Technology* **14**: 11-27.
- SAS Institute Inc. (2008) 'SAS user's guide: Statistics. 9.2.' Cary, NY.

- Serrano Martínez E, Ruíz Mantecón Á (2003) Bases para un desarrollo ganadero sostenible: la consideración de la producción animal desde una perspectiva sistémica y el estudio de la diversidad de las explotaciones. *Estudios Agrosociales y Pesqueros* **199**: 159-191.
- SIAP (2006) Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012' SIAP: Distrito Federal, México.
- Simmons SR, Jones RJ (1985) Contributions of pre-silking assimilate to grain yield in maize. *Crop Science* **25**, 1004-1006.
- Subedi KB, Ma. BL (2005) Ear position, leaf area and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Science* **45**: 2246-2257.
- Tollenaar M, Deen W, Echarte L, Liu W (2006) Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index in maize. *Agronomy Journal* **98**: 930-937.
- Ulyatt MJ (1973) The feeding value of herbage. In Chemistry and biochemistry of herbage. *Academic Press*, pp. 131-178.
- Undi M, Kawonga KC, Musendo RM (2001) Nutritive value of maize stover/pasture legume mixtures as dry season supplementation for sheep. *Small Ruminant Research* **40**: 261-267.
- Vermerris W, Thompsom KJ, McIntyre LM (2002) The maize brown midrib 1 locus affects cell wall composition and plant development in a dose-dependent manner. *Heredity* **88**: 450-457.
- Viveros-Flores CE, Gil-Muñoz A, López PA, Ramírez-Valverde B, Guerrero-Rodríguez JdD, Cruz-León A (2010) Patrones de utilización de maíz en unidades de producción familiar del valle de Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **12**: 447-461.
- Xie H-l, Ji H-q, Liu Z-h, Tian G-w, Wang C-l, Hu Y-m, Tang J-h (2009) Genetic basis of nutritional content of stover in maize under low nitrogen conditions

Euphytica **165**: 485-493.

Yescas-Yescas R, Bárcena-Gama R, Mendoza-Martínez GD, González-Muñoz SS, Cobos-Peralta M, Ortega-Cerrilla ME (2004) Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia* **38**: 23-31.

VII. ANEXOS



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CUESTIONARIO PARA LA UTILIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ

PROYECTO “VALOR NUTRICIONAL DEL RASTROJO DE MAICES NATIVOS Y SU APROVECHAMIENTO EN LA REGIÓN LIBRES-SERDAN, PUEBLA”

El presente cuestionario tiene como objetivo obtener información de la **producción de rastrojo** en la región de Libres, Serdán, con la finalidad de estudiar las variedades de maíz que siembran, y referente a la cantidad de rastrojo, su uso, almacenamiento, utilidad, y la importancia que tiene en esa zona para mejorar los beneficios de la producción de rastrojo.

La información proporcionada será utilizada única y exclusivamente con fines de estudio por lo que es **ABSOLUTAMENTE CONFIDENCIAL Y SU USO SERÁ ÚNICAMENTE CON FINES ACADÉMICOS.**

Fecha _____ No. de cuestionario _____

Encuestador _____

I. DATOS GENERALES

Productor _____

Localidad y Municipio _____ Edad _____

Nivel de estudios: Primaria (grado): ____ Secundaria: ____ Preparatoria ____ Otro ____

No. Integrantes de la familia: _____ No. Participantes explotación: _____

Contratados: _____ Tipo de tenencia: _____

Superficie total: _____

1.- ¿Cuál es la actividad principal a la que se dedica?

- Agrícola
- Pecuaria
- Ambas
- Otra (Especifique)

Si tiene actividades pecuarias:

2.- ¿Qué tipo de ganado tiene?

ESPECIES	No. DE ANIMALES	RASTROJO CONSUMIDO/DIA
Bovinos		
Caprinos		
Ovinos		
Bueyes		
Caballos		
Asnos		
Otros		

3.- ¿Su siembra de maíz es de riego o de temporal?

Riego (No. De hectáreas) _____

Temporal (No. De hectáreas) _____

Punteado combinado (No. De hectáreas) _____

De humedad residual (No. De hectáreas) _____

4.- ¿Tiene un área específica para la producción de forraje o cañuela?

Sí

No

Superficie: _____

5.- ¿Qué tipo de maíz siembra?

Criollos

¿Cuáles?

(Nombre) _____

Híbridos

¿Cuáles?

Nombre:

Variedades mejoradas

¿Cuáles?

Nombre: _____

6.- ¿Fecha de siembra?

7.- ¿Qué variedad de maíz considera que le rinde más forraje? (toneladas)

Criollo _____

Híbrido _____

Mejorado _____

Otro, especifique: _____

8.- ¿Cómo les proporciona el forraje a sus animales?

Verde Picado _____ Entero _____

Seco Picado _____ Entero _____

Ensilado

Si es verde:

Deshija

Despunta

Sí deshija:

9.- ¿En qué etapa de crecimiento de la planta lo realiza?

Vegetativa

Floración

Elote tierno

Macizo

10.- ¿Por qué no deshija?

Sí despunta:

11.- ¿Por qué despunta?

Porque ya no tiene forraje disponible para los animales

Porque el cultivo acelera su maduración

Por tradición

Otros, Cuáles? _____

12.- ¿Cuándo considera que es el momento óptimo para despuntar? ¿Y por qué?

13.- ¿Existe algún problema con el grano cuando realiza el despunte?

Sí

No (pase a la pregunta 14)

PROBLEMA	
Grano pequeño	
Llenado de grano	
Grano manchado	
Propenso a enfermedades	
Otros	

14.- ¿Tiene alguna ventaja para usted el realizar el despunte?

Sí

No

¿Cómo cuáles? _____

15.- ¿Amogota?

Sí

No

16.- ¿Por qué amogota?

- Para aprovechar la humedad del suelo residual
- Para tener mejor calidad de forraje para sus animales
- Para no perder hoja
- Otro, especifique _____

17.- ¿Cuándo considera que es el momento oportuno para amogotar? ¿Y por qué?

18.- ¿Existe algún problema con el grano si se amogota?

PROBLEMA QUE SE PUDIERA PRESENTAR	SI	NO	A VECES
El grano se chupa			
Mal llenado de grano			
Pudrición de grano			
Otros			

19.- ¿Qué características se deben de tomar en cuenta, o cómo se debe de amogotar?

20.- ¿Corta la planta antes o después de la cosecha de la mazorca?

- Antes
- Después

¿Y por qué?

Si ensila:

21.- ¿En qué etapa del cultivo lo realiza?

ETAPAS DE ENSILADO	
Grano lechoso	
Grano lechosos mazoso	
Mazoso	

22.- ¿Cómo ensila?

Entero

Picado

Troceado

23.- ¿Cómo almacena su rastrojo?

En almiar picado ¿Por qué? _____

En almiar entero

Picado

Molido

Otros

24.- ¿Sabe usted que es la amonificación?

Sí

No

Si lo conoce:

25.- ¿Amonifica el rastrojo?

26.- ¿Cómo lo hace?

27.- ¿Tiene o ha tenido pérdida de rastrojo?

Sí

No

28.- ¿Cuáles son las causas de pérdida de rastrojo?

Humedad

Plagas

Descuido (algún siniestro: lumbre)

Por heladas

Otros

29.- ¿Qué finalidad tiene la producción de rastrojo dentro de la unidad de producción?

Alimento para su ganado

Construcción de cercas

Venta

Otros, especifique: _____

30.- ¿Cuánto produce por hectárea y en cuánto vende su rastrojo?

Producción _____ Ton/ha' _____ Precio/ton _____

31.- ¿Lo que produce de rastrojo es suficiente para el consumo de sus animales?

Sí (pase a la pregunta 32)

No

32.- ¿Compra rastrojo?

Sí

No

Si lo compra:

33.- ¿En cuánto lo compra?

Precio/ton _____

34.- ¿Dónde lo compra?

Dentro de la comunidad: _____

Fuera de la comunidad y que comunidades: _____

Se lo traen (km): _____

O va por él (km): _____

35.- ¿Cree usted que le es redituable la producción de rastrojo?

Sí

No

A veces

Si es Sí:

36.- ¿Qué necesita para que sea más rentable la producción de rastrojo?

OPCIONES	MARQUE
Variedades con mayor rendimiento	
Variedades con mejor calidad	
Ambas	
Otras	

Si es NO:

37.- ¿Por qué lo mantiene?

38.- ¿Qué haría usted si no tuviera en ningún momento del año producción de rastrojo?

Compraría

Vendería animales

Nada

39.- ¿Para usted en qué época del año es más importante el uso del rastrojo?

E F M A M J J A S O N D

40.- ¿Le pone algún aditivo a su rastrojo para que sus animales lo consuman (melaza, sales minerales, otros)?

Sí

Qué aditivo usa: _____

No

41.- ¿Ha notado si sus animales tiene alguna preferencia por el rastrojo de una variedad de maíz en particular?

Sí

TIPO DE SEMILLA	VARIEDAD	COLOR	RAZON
Criolla			
Mejorada			
Híbrida			

No

42.- ¿Ha notado alguna preferencia en el consumo del rastrojo en base al color de grano?

43.- ¿Ha notado alguna preferencia en el consumo de rastrojo en base a lo breve o tardío del cultivo?

44.- ¿Qué le gustaría que se investigara para mejorar el uso del rastrojo?

Calidad

Métodos de conservación

Otro, especificar _____

45.- ¿Cómo sería para usted la planta ideal para la producción de rastrojo?
