



**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL  
CHAPINGO, MEXICO**



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**"FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ" //**

*TESIS*

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA:**

**CARLOS SANCHEZ DEL REAL**

**SEPTIEMBRE DE 1994.**



DX 51498  
- 76241

ESTA TESIS FUE REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR INDICADO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL, ESPECIALISTA EN NUTRICION DE RUMIANTES

M.Sc. MAXIMINO HUERTA BRAVO



---

PRESIDENTE

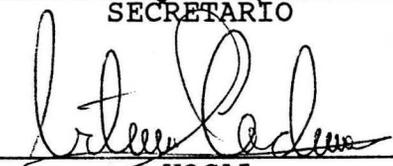
DR. PEDRO A. MARTINEZ HERNANDEZ



---

SECRETARIO

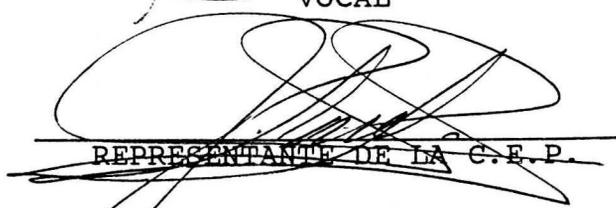
M.C. JOSE A. CADENA MENESES



---

VOCAL

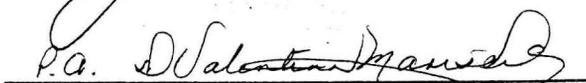
DR. JORGE PEREZ PEREZ



---

REPRESENTANTE DE LA C.F.P.

DR. CARLOS MARCOF ALVAREZ



---

REPRESENTANTE DE LA C.D.E.P.

SEPTIEMBRE DE 1994

## DEDICATORIA

*A MIS PADRES:*

*Con amor por las enseñanzas, incentivos y valiosos consejos que me han dado.*

*A MARIBEL:*

*Con amor por la actitud comprensiva y generosa que siempre ha mostrado.*

*A CARLOS OMAR Y EDGAR EDUARDO:*

*Por ser lo mejor que la vida me ha dado.*

*A MIS HERMANOS:*

*Por el apoyo moral, cariño y respeto que como hermanos nos tenemos.*

*AL CAMPO MEXICANO:*

*Por ser la razón que me motiva a seguir adelante.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Zootecnia por brindarme la oportunidad de estudiar la maestría.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero.*

*A los maestros miembros del jurado examinador: Maximino Huerta B., Pedro A. Martínez H., Jose A. Cadena M., Jorge Pérez P. y Carlos Marcof A. por el tiempo y esfuerzo invertidos para mejorar el contenido y presentación del trabajo.*

*A mis compañeros de trabajo del Departamento de Zootecnia y en especial de la Sección de Nutrición de Rumiantes.*

*A Ofelia porque con su apoyo fue posible la culminación de este trabajo.*

*... GRACIAS A TODOS ELLOS.*

# CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	i
RESUMEN GENERAL .....	vi
I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
1. Generalidades .....	3
2. Valor nutritivo del rastrojo .....	4
3. Alternativas para mejorar la utilización del rastrojo.	5
4. Prácticas agronómicas y su influencia en la calidad del rastrojo .....	11
5. Sistemas de utilización del rastrojo .....	51
III. HIPOTESIS .....	59
IV. EXPERIMENTOS .....	60
EXPERIMENTO 1. RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAICES DE DIFERENTE GENOTIPO	
Resumen .....	62
1. Introducción .....	63
2. Materiales y Métodos .....	64
3. Resultados y Discusión .....	70
4. Conclusiones .....	93
EXPERIMENTO 2. RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ EN TRES COMUNIDADES DE LA CORDILLERA DEL TENTZO, PUEBLA	
Resumen .....	95
1. Introducción .....	96
2. Materiales y Métodos .....	97
3. Resultados y Discusión .....	102
4. Conclusiones .....	119
EXPERIMENTO 3. INFLUENCIA DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ	
Resumen .....	121
1. Introducción .....	122
2. Materiales y Métodos .....	123
3. Resultados y Discusión .....	129
4. Conclusiones .....	146
EXPERIMENTO 4. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE RASTROJOS DE MAIZ COSECHADOS A DIFERENTE EDAD CRONOLOGICA	
Resumen .....	148
1. Introducción .....	149
2. Materiales y Métodos .....	150
3. Resultados y Discusión .....	154
4. Conclusiones .....	172
V. CONCLUSIONES GENERALES.....	173
VI. LITERATURA CITADA .....	174
VII. APENDICE .....	184

INDICE CUADROS

CUADRO

Página

1.	Efecto de la suplementación sobre el comportamiento de rumiantes alimentados con forrajes toscos.	8
2.	Efecto de los tratamientos físicos sobre el consumo de forrajes toscos por rumiantes (g MS/kgPV <sup>0.75</sup> ).	9
3.	Efecto del hidróxido de sodio sobre la digestibilidad <u>in vivo</u> (%) de los forrajes toscos.	12
4.	Efecto del amoníaco sobre la digestibilidad <u>in vivo</u> (%) de los forrajes toscos.	12
5.	Comportamiento de bovinos alimentados con subproductos lignocelulolíticos.	55
6.	Comportamiento de ovinos alimentados con subproductos lignocelulolíticos.	56
7.	Lugar de procedencia (origen) y días a la floración (ciclo) de los genotipos de maíz.	66
8.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.	72
9.	Prueba de comparación de medias de los rendimientos en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.	73
10.	Rendimiento en base seca de los componentes de la planta de 25 genotipos de maíz por grupos de origen.	74
11.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz según días a la floración (ciclo).	75
12.	Proporción de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.	78
13.	Prueba de comparación de medias para proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.	79
14.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz por grupos de origen.	80
15.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz según días a la floración (ciclo).	81
16.	Contenido de fibra detergente neutro en los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz.	83

17.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maiz por grupos de origen.	84
18.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maiz según días a la floración.	85
19.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maiz.	88
20.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maiz por grupos de origen.	89
21.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca de los componentes del rastrojo de 25 genotipos de maiz según días a la floración (ciclo).	90
22.	Coefficientes de correlación simple entre días a la floración, altura de la planta, rendimientos, fibra detergente neutro y digestibilidades de los componentes aéreos del rastrojo de maiz de 25 genotipos.	92
23.	Cantidad y distribución de la precipitación por comunidad durante la fase de campo del experimento.	99
24.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maices cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	104
25.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de cuatro genotipos de maiz, promedio de tres comunidades.	105
26.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta maices cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	107
27.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de cuatro genotipos de maiz, promedio de tres comunidades.	108
28.	Altura de la planta de cuatro genotipos de maiz cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	109
29.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maices cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	111
30.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maiz, promedio de tres comunidades.	112

31.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	115
32.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maíz, promedio de tres comunidades.	116
33.	Coefficientes de correlación simple entre altura de la planta, rendimiento, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de los componentes aéreos de cuatro genotipos de maíz cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.	118
34.	Láminas de riego y eventos lluviosos que sucedieron durante la fase experimental de campo.	126
35.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.	131
36.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.	132
37.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.	134
38.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.	135
39.	Contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.	137
40.	Contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.	138
41.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.	139
42.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.	140
43.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.	143

44.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.	144
45.	Coefficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de los componentes aéreos de cinco genotipos de maíz, cultivados con tres niveles de humedad del suelo.	145
46.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	156
47.	Reducciones en los rendimientos en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	157
48.	Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.	158
49.	Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	160
50.	Proporción relativa de los componentes aéreos de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.	161
51.	Contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	162
52.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	164
53.	Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.	165
54.	Digestibilidad <u>in vitro</u> de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.	168
55.	digestibilidad <u>in vitro</u> de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.	169
56.	Coefficientes de correlación simple entre el contenido de MS de grano, rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS de los componentes aéreos de la planta de tres genotipos de maíz en cinco fechas de cosecha.	171

# FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAÍZ

## RESUMEN GENERAL

Se realizaron cuatro experimentos para evaluar la influencia de genotipo, tipo de temporal, humedad del suelo y tiempo transcurrido entre la madurez fisiológica y cosechas de grano y rastrojo sobre el rendimiento de éstos y la calidad del rastrojo de maíz. El experimento 1 se realizó en Michoacán y se estudiaron 25 genotipos de maíz; en el experimento 2 se estudiaron cuatro genotipos en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla; el 3 se realizó en Durango y se estudiaron cinco genotipos en tres niveles de humedad del suelo y el 4 se realizó en Nayarit con tres genotipos y cinco fechas de cosecha. Los cuatro experimentos se establecieron en diseños en bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas para los experimentos 2, 3 y 4. Las variables de respuesta fueron rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIGMS) de los componentes aéreos de la planta de maíz. En el experimento 1, el rendimiento de rastrojo fue mayor ( $P < .05$ ) en los maíces criollos y en los de ciclo tardío y menor ( $P < .05$ ) en las variedades mejoradas y en los maíces de ciclo precoz. El rendimiento de grano fue mayor ( $P < .05$ ) en los maíces de ciclo intermedio. La FDN del rastrojo fue diferente ( $P < .05$ ) entre genotipos, sin diferencias ( $P > .05$ ) entre maíces criollos y mejorados, ni influencia de días a la floración. La DIGMS del rastrojo fue mayor ( $P < .05$ ) en los maíces criollos y en los de ciclo intermedio. En el experimento 2, los rendimientos de grano y rastrojo y contenido de FDN de rastrojo fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos y mayores ( $P < .05$ ) en la comunidad que registró la mayor precipitación y distribución más de acuerdo a las etapas fenológicas de la planta. La DIGMS del rastrojo fue menor ( $P < .05$ ) en esta comunidad. En el experimento 3, los rendimientos de grano y rastrojo y contenido de FDN de rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) con el nivel alto de humedad del suelo. En cambio, la DIGMS del rastrojo fue mayor ( $P < .05$ ) con el nivel bajo de humedad del suelo, sin diferencias entre genotipos. En el experimento 4, después de la madurez el rendimiento de rastrojo disminuyó ( $P < .05$ ) en 55 kg MS/ha/día, el contenido de FDN aumentó ( $P < .05$ ) en 8% y la DIGMS disminuyó ( $P < .05$ ) en 16%, durante el período experimental, independientemente de genotipo.

## I. INTRODUCCION

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante por la superficie que se siembra, por la población que se dedica a cultivarlo y por ser de los productos agrícolas que más se utilizan en la alimentación humana, y como grano, ensilado o rastrojo en la alimentación animal.

Las estimaciones sobre disponibilidad y uso de rastrojo en la alimentación animal varían de una referencia a otra. A pesar de esta variación, es evidente que existe alta disponibilidad en el país y que representa un recurso importante en la alimentación de rumiantes, sobre todo en algunas regiones del país y en períodos de escasez de forraje. Sin embargo, el rastrojo de maíz es un alimento de bajo valor nutritivo para el ganado.

Existe amplia información sobre metodologías para mejorar la calidad nutritiva del rastrojo, en las cuales la suplementación se reporta como medida necesaria, el procesamiento físico como recomendable y como opcionales se sugieren los tratamientos químicos, biológicos e industriales. Sin embargo, estos tratamientos, sobre todo los tres últimos, no han tenido impacto en producción pecuaria, debido a su elevado costo y a riesgos asociados con su aplicación.

Alternativamente, algunos estudios evidencian la posibilidad de mejorar la calidad del rastrojo a través de prácticas agronómicas, mencionándose como significativas la influencia de genotipo, factores climáticos, densidad de población, nivel de

fertilización, riego, momentos de cosecha del grano y corte del rastrojo.

La presente investigación se realizó con el objetivo general de evaluar la influencia de genotipo, lugar donde se cultiva, humedad del suelo y tiempo transcurrido entre la madurez fisiológica y cosechas del grano y forraje, sobre el rendimiento y calidad del rastrojo de maíz. Para cumplir con este objetivo se realizaron cuatro experimentos independientes en los estados de Michoacán, Puebla, Durango y Nayarit. Los experimentos de Michoacán y Puebla se realizaron en colaboración con el Area de Fisiotecnia del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, el de Durango, con la participación de la Unidad Regional de Zonas Aridas de la Universidad Autónoma Chapingo y el de Nayarit, con la colaboración de la Sociedad Agropecuaria El Salado.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 1. Generalidades

En México, las estimaciones sobre la superficie, producción y población que se dedica al cultivo de granos varía de una referencia a otra. De igual forma sucede con las estimaciones sobre disponibilidad y uso de esquilmos en la alimentación animal.

De acuerdo a estimaciones publicadas por el INEGI, para el año de 1991, la superficie que se dedicó al cultivo de maíz fue de 6,946,831 ha y la producción total fue de 14,251,500 ton de grano. Considerando una relación de 1:2 entre rendimiento de grano y rastrojo (Sánchez, 1989), se esperaría una disponibilidad anual aproximada de 28.5 millones de ton de rastrojo de maíz.

La SARH, según García (1982), registró una producción anual de esquilmos agrícolas en el país de 74 millones de ton; de las cuales, solo se utilizó el 44% en la alimentación de ganado, el resto se incorporó al suelo o se quemó.

Los estados de Jalisco, México, Puebla, Chiapas y Michoacán son considerados las entidades con mayor producción de maíz, por tanto, es de esperarse que también sean las entidades que generen mayor cantidad de rastrojo. Los cinco estados aportan el 50% de la producción nacional de maíz y por consiguiente una proporción semejante de rastrojo.

En muchas regiones del país, el productor de maíz aprovecha el grano para autoconsumo o venta y el rastrojo para alimen-

tación animal e inclusive para venta en lugares donde existe demanda del mismo.

A pesar de la variación sobre la producción anual de esquilmos, es evidente que en México existe gran disponibilidad de los mismos. El uso eficiente de ellos en la alimentación animal requiere de la generación y validación de estrategias adecuadas.

## 2. Valor nutritivo del rastrojo

El valor nutritivo de los forrajes es una expresión del potencial del animal para producción, a partir de la retención de nutrientes contenidos en el alimento. La retención de nutrientes, según Raymond (1969), está determinada en 70% por el consumo del alimento y en 30% por la digestibilidad y eficiencia con que se aprovecha el alimento consumido.

El rastrojo de maíz se caracteriza por poseer bajos contenidos de proteína cruda (5.4%), energía metabolizable (1.8 Mcal/kg MS), minerales y altos contenidos de fibra cruda (36%), fibra detergente neutro (73%) y lignina (7%) (De Alba, 1971; Orcasberro y Fernández, 1982; Riquelme, 1984; Smith y Balch, 1984; Theander y Amar, 1984). Lo anterior evidencia el bajo valor nutritivo del rastrojo como alimento para ganado (Klopfenstein y Owen, 1981; Nicholson, 1984; Preston y Leng, 1984). La digestibilidad de la materia seca in vivo del rastrojo de maíz varía entre 35 y 55%; por consiguiente, el consumo de este forraje está determinado en mayor grado por la capacidad física del retículo-rumen y por factores intrínsecos (textura, palatabilidad y composición) y extrínsecos (forma física, tratamientos químicos

y suplementación) del rastrojo. Los factores extrínsecos son los más posibles de manipular para mejorar la digestibilidad, consumo de nutrientes y eficiencia de utilización del rastrojo.

### **3. Alternativas para mejorar la utilización del rastrojo**

Existe amplia información sobre métodos para mejorar la calidad nutricional y utilización del rastrojo en la alimentación animal. La suplementación, el procesamiento físico y los tratamientos químicos, biológicos e industriales son de los más importantes. La calidad del rastrojo de maíz se ha reportado que también se puede manipular con prácticas de manejo agronómico.

Es necesario considerar que el costo involucrado para incrementar el valor energético de los forrajes toscos mediante métodos convencionales, es prohibitivo y en ocasiones no es posible ponerlos al alcance de pequeños y medianos productores; por ello, las investigaciones deberán estar encaminadas no solamente a estudiar uno u otro tratamiento, sino a evaluar todas aquellas alternativas que tengan efecto positivo y puedan ser adoptadas por los productores.

A continuación se resume parte de la información que existe sobre los diferentes métodos que se pueden utilizar para mejorar la calidad de los esquilmos, discutiendo con mayor amplitud la información generada sobre las prácticas agronómicas.

#### **3.1. Suplementación**

Los esquilmos por sí solos no cubren los requerimientos

nutricionales para mantenimiento y producción del animal, por lo que tienen que ser complementados con otras fuentes alimenticias para corregir deficiencias de energía, nitrógeno, minerales y vitaminas (Benites, 1982; Miller y Geadelman, 1983; Flores, 1983; Riquelme, 1984).

La proporción y tipo de suplementación afecta el consumo y digestibilidad de los forrajes toscos. En general, niveles mayores de 10% de suplemento, en raciones a base de forraje, afectan el valor nutritivo del forraje y la respuesta a la suplementación. Esta respuesta también dependerá del tipo y calidad del suplemento utilizado. Los suplementos deberán incluir una fuente de energía digestible para incrementar la eficiencia de utilización del resto de nutrientes que aporta la dieta. Cuando el suplemento aporta sólo nitrógeno no proteico el consumo y la digestibilidad de la MS no se mejoran; en cambio, cuando se suplementa con proteína natural el efecto es más consistente (Raymond, 1969; Lara, 1978; Fernández y Klopfenstein, 1989b). Uribe (1989) analizó parte de la información generada sobre el efecto de la suplementación en el comportamiento de rumiantes alimentados con forrajes toscos. Un resumen de esta información se presenta en el Cuadro 1.

Borregos en crecimiento recibiendo 70% de rastrojo de maíz mejoraron su consumo de materia seca, ganancia de peso y eficiencia de utilización en 29.7, 80.0 y 36.8% por la suplementación mineral (Uribe, 1989).

En un ensayo de digestión con novillos en crecimiento

alimentados con rastrojo, Johnson et al. (1984), observaron que al adicionar melaza a la dieta el consumo aumentó en 39.6%, mientras que en ovinos la respuesta fue inconsistente

### **3.2. Procesamiento físico**

El procesamiento físico puede ser efectivo para incrementar la utilización de productos lignocelulósicos, por que al disminuir el tamaño de partícula disminuye el volumen efectivo del material, aumenta la superficie susceptible al ataque de las enzimas celulolíticas y disminuye la cantidad desperdiciada al reducirse la selección de alimento por parte de los animales. En términos generales, con los procesamientos físicos, la digestibilidad disminuye y se mejora el consumo de nutrientes digestibles y la eficiencia con que el animal utiliza los forrajes. En promedio, la molienda aumenta el valor nutritivo de los forrajes toscos en 30%. Entre forraje entero y picado, las diferencias son inconsistentes (Fernández, 1981; Riquelme, 1984).

Uribe (1989) realizó una revisión sobre el efecto del procesamiento físico en el consumo de forrajes toscos por rumiantes. Un resumen de esta revisión se presenta en el Cuadro 2.

### **3.3. Tratamiento químico**

Los tratamientos químicos han mostrado ser efectivos para mejorar el valor nutritivo de esquilmos al romper los enlaces entre la hemicelulosa y lignina, lo cual solubiliza a la primera, hace más disponible la pared celular, incrementa la digesti-

Cuadro 1. Efecto de la suplementación sobre el comportamiento de rumiantes alimentados con forrajes toscos

Tipo de suplemento	Respuesta	Animal	Autor
Concentrado (40%PC y 2.8 Mcal BD/kg)	Incrementó el consumo y digestibilidad del rastrojo de maíz en 26% y 15% respectivamente.	Ovinos	Pelaez (1979)
Urea + Melaza	Incrementó 20% el consumo; incrementó la digestibilidad y la retención de N, Ca y P en pastos tropicales.	Ovinos	Gihad (1979)
Harina de soya	Incrementó el consumo del rastrojo de maíz.	Ovinos	Alibes <i>et al.</i> (1978)
Urea, harina de pescado, harina de soya tratada y sin tratar con formaldehído	Podría aumentar la DMO* en bajos niveles de suplementación nitrogenada y disminuir cuando los niveles de suplementación son altos.	Ovinos	Fernández (1981)
Urea (0.6 y 1.8%)	Incrementó el consumo de paja de cebada en 4.9 y 9.5%. Incrementó DMO* en 2.0 y 5.5%.	Ovinos	Orskov y Grubb (1978)
Harina de pescado (4.5%)	Mejoró el crecimiento y conversión alimenticia en 2.6 y 2.5%, respectivamente, cuando se usó paja de cebada.	Bovinos	Smith <i>et al.</i> (1980)
Harina de pescado (8.5%)	Mejoró el crecimiento y conversión alimenticia en 3.70 y 3.50%, respectivamente, cuando se usó paja de cebada.	Bovinos	
Harina de pescado (5.0%)	Mejoró el crecimiento y la conversión alimenticia en 30.0 y 50.0%, respectivamente, cuando se usó paja de arroz tratada con urea.	Bovinos	Sadullah <i>et al.</i> (1982)
Pasta de oleaginosas (6.2 y 13.6%)	Mejoró el crecimiento entre 42 y 50.5% y la eficiencia alimenticia se mejoró entre 33.3 y 42.9%, cuando se usó paja tratada con urea.	Bovinos	Davis (1982)
Harina de pescado (3.7%)	Mejoró el crecimiento en 15.0% y la eficiencia alimenticia en 13.0 (paja tratada con urea).	Bovinos	
Concentrado (500 g/día)	Incrementó el crecimiento:	Bovinos	Perdok (1982)
Harina de pescado (180 g/d)	3.9% (paja tratada con urea)		
Cascarilla de arroz (1100g/d)	28.0%		
Pasta de coco (540 g/d)	54.0%		
Urea	Incrementó el consumo y ganancia:	Bovinos	Lindsey y Laxton (1981)
Caseína protegida	33.2% y 90 g/día (heno)		
Harinolina protegida	47.8% y 200 g/día "		
Urea + harinolina	64.6% y 520 g/día "		
	96.0% y 630 g/día "		
Harina de pescado (5.4%)	Incrementó en consumo y ganancia:	Bovinos	Naidoo <i>et al.</i> (1977)
Maíz molido (18.2%)	16.3% y 250 g/día (bagazo de caña		
Maíz molido + harina de	37.5% y 330 g/día tratado con vapor)		
pescado	43.8% y 500 g/día		

\* Digestibilidad de la materia orgánica

Modificado de Uribe (1989).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos físicos sobre el consumo de forrajes toscos por rumiantes (g MS/kgPV<sup>.75</sup>).

Consumo de MS	Forraje		
	Entero	Picado	Molido
Número de experimentos	10	12	8
Animales testigo	39.5	52.6	73.7
Animales prueba	57.7	76.4	86.9
Incremento (%)	46.1	45.2	17.6
Ecuaciones (Y=a+bx) <sup>a</sup>	11.04+1.18	41.16+0.67	37.30+0.67
R <sup>2</sup>	0.67	0.64	0.98

Modificado de Uribe (1989).

<sup>a</sup> Ecuaciones que explican los cambios de consumo, donde:

Y= consumo de forraje comprimido (g MS/kg PV<sup>.75</sup>)

X= consumo de forraje entero, picado o molido, según el caso (g MS/kg PV<sup>.75</sup>).

bilidad de 10 a 12 unidades porcentuales y la tasa de pasaje en 54%, con ligeros incrementos en consumo. Parece ser que la tasa de digestión no se modifica.

Los tratamientos químicos más comunes son los alcalinos en seco o húmedo e incluyen compuestos a base de hidróxido de sodio, calcio y potasio, o bien a base de amoníaco. El efecto depende del nivel y tratamiento utilizado, tipo de forraje, especie animal y suplementación.

El tratamiento con amoníaco incrementa de dos a tres veces el contenido de N y en 10% la digestibilidad de los forrajes toscos. El tratamiento con hidróxido de sodio se caracteriza por utilizar grandes volúmenes de agua, generar álcalis residuales y lograr incrementos en digestibilidad de 10 a 24%, dependiendo de la concentración de NaOH que se utilice. Huerta (1993, datos sin publicar) analizó el efecto de los tratamientos a base de NaOH y amoníaco, sobre la digestibilidad in vivo de los forrajes toscos; un resumen de esta información se presenta en los Cuadros 3 y 4.

De esta revisión se puede estimar que consumo, ganancia y eficiencia (ganancia/consumo) fueron mayores en 21.0, 153.0 y 52.0% en ovinos y en 24.5, 105.0 y 40.0 en bovinos, alimentados con dietas a base de forraje tosco tratado con 4% de NaOH, en comparación a animales alimentados con forraje sin tratar, respectivamente. El tratamiento de forrajes toscos con amoníaco incrementó el consumo, ganancia y eficiencia en 20.2, 39.5 y 14%, respectivamente, como valores promedio para bovinos y ovinos.

El rastrojo de maíz parece ser el esquilmo que más responde a los tratamientos químicos ( Benites, 1982; Orcasberro y Fernández, 1982; Flores, 1983; Lamas et al., 1986).

### **3.4. Tratamiento biológico**

El tratamiento biológico se fundamenta en utilizar extracto de celulosa o de microorganismos lignocelulósicos, que sean capaces de degradar lignina. Esta acción depende de la composición química del substrato, del pretratamiento del material, características de los microorganismos que determinan la cantidad y actividad de la celulosa, temperatura, pH y tiempo de incubación, concentración de substrato y tipo de reactor (Romero y Uribe, 1983). Los hongos de la producción blanca son los microorganismos más investigados y que ofrecen mayores perspectivas para incrementar el valor nutritivo de productos lignocelulolíticos. Zadrazil y Reiniger (1988) publicaron una edición especial de investigaciones relacionadas con estos hongos.

### **4. Prácticas agronómicas y su influencia en la calidad del rastrojo**

Los valores reportados en literatura sobre composición química y valor nutritivo del rastrojo de maíz varían en forma consistente. Esta variación puede ser debido a diferencias asociadas a factores genéticos o ambientales (como clima, suelo y prácticas agronómicas). Revisiones completas sobre la importancia de estos factores en la calidad y rendimiento del rastrojo de maíz fueron realizadas por Klopfenstein (1978), McDowell (1986), Fernández (1987), Roth (1987) y Kernan et al. (1989).

Cuadro 3. Efecto del hidróxido de sodio sobre la digestibilidad in vivo (%) de los forrajes toscos.

Variable	No. experimentos	Testigo	4% NaOH	Incremento (%)
Materia seca	29	49.3	58.5	18.7
Materia orgánica	36	53.7	60.3	12.3
Proteína cruda	28	57.1	51.0	-10.5
Fibra detergente ácido	16	40.4	46.1	14.1
Fibra detergente neutro	14	52.3	65.0	24.3

Huerta (1993, datos sin publicar)

Cuadro 4. Efecto del amoníaco sobre la digestibilidad in vivo (%) de los forrajes toscos.

Variable	No. experimento	Testigo	Amoníaco (3%)	Incremento (%)
Materia seca	24	51.4	56.6	10.1
Materia orgánica	21	57.0	60.9	6.8
Proteína cruda	20	65.6	64.7	-1.4
Fibra detergente ácido	10	40.9	45.7	11.7
Fibra detergente neutro	5	50.2	58.5	16.5

Huerta (1993, datos sin publicar)

En estas revisiones quedó de manifiesto variaciones entre especies, entre genotipos dentro de especie y entre componentes de la planta en términos de digestibilidad, contenido de fibra detergente neutro (FDN), ácida (FDA), lignina, proteína cruda, carbohidratos solubles y rendimiento de MS.

#### **4.1. Diferencias debidas a factores genéticos**

Las diferencias en rendimiento y calidad del rastrojo, debidas al factor genético, están asociadas principalmente al origen (criollo o mejorado), rendimiento de grano, características estructurales de la planta, precocidad y prolificidad, así como también a diferencias en las proporciones y grado de lignificación de los componentes botánicos del rastrojo de maíz.

La variación debida a genotipos puede representar una alternativa para mejorar la calidad del rastrojo sin afectar el rendimiento de grano; para lograrlo, es necesario cuantificar dicha variación y la correlación que existe entre la calidad del rastrojo y rendimiento de grano, así como también la que existe entre otras características deseables y no deseables en el cultivo de maíz. Roth et al. (1970) observaron un rango de variación de 9 unidades porcentuales en la digestibilidad de 34 genotipos de maíz. Daynard y Duncan (1969) observaron una variación de 15, 10 y 13 unidades porcentuales en las digestibilidades de tallo, hoja y bráctea, respectivamente. McDonnell (1982) observó variaciones de 6, 4, 5 y 10 unidades en las digestibilidades de la MS de tallo, hoja, bráctea y olote, respectivamente.

## a) Origen y rendimiento de grano

Con relación al origen de los genotipos, McDowell (1986) reportó que la digestibilidad del rastrojo de los maíces criollos varía de 42 a 56% y de las variedades mejoradas de 35 a 45%. La menor digestibilidad en las variedades mejoradas puede ser debido a que fueron seleccionadas para obtener mayores rendimientos de grano, lo cual puede estar asociado fisiológicamente a mayores cantidades de fotosintatos canalizados hacia el jilote para la formación de grano y menor hacia el tallo (Campbell, 1964), y, además, a mayor traslocación de carbohidratos de tallo y hojas hacia el grano para la formación del almidón (Roth, 1987). En consecuencia, en tallo y hojas la proporción de carbohidratos estructurales se incrementa mientras que el contenido celular y la digestibilidad disminuyen. Siendo ambos componentes los de mayor proporción en la planta, es de esperarse que la digestibilidad del rastrojo de genotipos con mayor rendimiento de grano tengan menor digestibilidad. En cambio, en genotipos de bajo rendimiento de grano, la movilización de carbohidratos solubles de tallo y hojas hacia el grano es menor y, por tanto, en estos genotipos la proporción de grano tiende a ser menor y la calidad de tallo y hojas mayor.

Lo anterior sugiere que la digestibilidad del rastrojo está correlacionada negativamente con el rendimiento de grano (Russell, 1986; Barber y Jessop, 1987). Sin embargo, algunos investigadores han reportado que no existe tal correlación (Ramanzin et al., 1986; Russell, 1986; Roth, 1987; Orskov, 1988a,b,c;

Shand et al., 1988) o bien, que ésta es insignificante (Fernández y Klopfenstein, 1989b). Si esto último es cierto, entonces el valor nutritivo del rastrojo de maíz se puede incrementar por selección o mejoramiento genético, sin afectar el rendimiento de grano.

El maíz mutante ha sido la forma más publicitaria para mejorar la calidad del maíz (Barnes et al., 1971). El forraje de este genotipo posee menos lignina por lo que es más digestible. Sin embargo, el cultivo de este genotipo no ha tenido impacto comercial por que tiene menores producciones de grano y forraje y es más susceptible a factores adversos del ambiente (Lee y Brewbaker, 1984).

Roth (1987) evaluó 25 híbridos en Estados Unidos y encontró que las digestibilidades in vitro de la materia seca de tallo y olote fueron diferentes entre híbridos ( $P < .02$ ), pero no así de brácteas. En otro estudio, el mismo autor observó que la digestibilidad in vitro de la FDN estuvo correlacionada con los rendimientos de MS de tallo, bráctea y olote, variando de un año a otro. Russell (1986) observó que la digestibilidad in vitro de la MS de la planta tuvo una correlación de  $r = -.62$  con el rendimiento de grano y de  $r = -.77$  con la relación grano:rastrojo.

#### **b) Características estructurales**

La producción de materia seca es afectada por la arquitectura de la planta y está relacionada directamente con la utilización de la radiación solar. La inclinación de las hojas en la planta afecta la intercepción y distribución de la luz solar

en la cubierta vegetal. De acuerdo a lo anterior y a los conceptos de Mock y Pearce (1975) el maíz "ideal" debería poseer las hojas superiores en forma vertical, por dos razones:

- i) Para reducir la intensidad solar sobre la superficie de la hoja y evitar la saturación por radiación. Efecto que en forma común ocurre en las hojas superiores de forma horizontal, las que resultan ser más eficientes sólo cuando el sol está en el cenit.
- ii) Para que las hojas inferiores puedan recibir mayor cantidad de luz y aumentar el área foliar fotosintéticamente activa.

Las hojas localizadas por debajo de las mazorcas pueden estar orientadas horizontalmente para ayudar al control de malezas. El número de este tipo de hojas y la longitud de las mismas se incrementa al aumentar el fotoperíodo (Struik, 1983). Con ello, se afecta la distribución del área foliar y, por tanto, la distribución de la materia seca.

En general, se ha reportado que los genotipos de maíz con hojas erectas tienen mayores rendimientos de grano que aquellos genotipos con hoja normal u horizontal. En condiciones óptimas de cultivo, esta diferencia tiende a ser más significativa cuando se aumenta la densidad de población (Pendleton *et al.*, 1968; Lumbert, 1972; Castro, 1973).

### **c) Precocidad y prolificidad**

La prolificidad y precocidad del maíz afectan el rendimiento de grano y la calidad del rastrojo; por tanto, ambas características deberán ser consideradas en programas de selección de

genotipos. Al comparar variedades precoces, intermedias y tardías (según días a la floración) se ha reportado que los maíces precoces pueden producir hasta 30% más grano que los tardíos. Sin embargo, los tardíos producen 10% más materia seca digestible total que los precoces (Alessi y Power, 1974; Fairey, 1982; Silva y Hallaver, 1984).

Fairey (1982) observó una influencia determinante de la madurez sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz, encontrando rendimientos de MS digestible de grano (ton/ha) y digestibilidad de la MS y contenido de N (%) de 9.2, 6.3, 62.6 y 1.2 en variedades precoces, de 10.3, 5.6, 64.7 y 1.2 en variedades intermedias y de 10.5, 4.7, 65.0 y 1.3 en variedades tardías, respectivamente. Concluye que maíces precoces producen más grano y menos forraje que los intermedios o tardíos.

Aldelana y Milbourn (1972) observaron que la digestibilidad del rastrojo de variedades de ciclo precoz fue de 5 a 10 unidades porcentuales mayor que el rastrojo de variedades tardías. Bryant y Blaser (1968) observaron mayor proporción de mazorca y menores de tallo y hoja en maíces precoces vs tardíos.

En híbridos de precocidad tardía los órganos principales de almacenamiento de fotosintatos son tallo y hoja (Bunting et al, 1978; Fernández, 1987). Mientras que en maíces precoces el tallo es el órgano principal de almacenamiento y puede perder más del 50% de su peso durante la formación del grano.

Silva y Hallever (1984) observaron que híbridos de precocidad tardía producen mayores cantidades de MS y MS digestible que

los híbridos precoces, aunque éstos poseen mayor proporción relativa de grano y los maíces tardíos de forraje.

Diferencias entre genotipos en términos de relación hoja:tallo son insignificantes en plantas jóvenes, pero al madurar la diferencias se incrementan (Mowat et al., 1965). En consecuencia, cuando se cosecha simultáneamente maíces de diferente precocidad se favorece a los maíces de ciclo precoz, ya que si el muestreo se realiza en el mismo estado de madurez, los maíces precoces pueden tener mejor relación hoja:tallo y por tanto, mejor calidad que los maíces de madurez tardía.

#### **d) Características de los componentes botánicos del rastrojo**

Desde el punto de vista anatómico, el contenido y la pared celular son los componentes principales de la planta (Van Soest, 1967). El contenido celular es 100% disponible para el rumiante y su flora microbiana, por lo que las variaciones en la calidad del forraje están determinadas principalmente por el grado con que se aprovecha la pared celular.

La digestión de la pared celular está influida por la organización y proporción de los polisacáridos y compuestos menores que la constituyen (Bailey, 1973; Akin, 1982; Hatfield, 1989). La pared celular está constituida por polisacáridos de celulosa, hemicelulosa, pectinas y otros componentes menores como taninos, proteínas, minerales y lignina (Van Soest, 1982). Jung (1989) y Akin (1989) discuten detalladamente el papel y acción bioquímica de la lignina sobre la calidad de los forrajes, separando por tejido y componentes botánicos dicha acción.

Concluyen que la digestibilidad y la tasa de degradación de los forrajes están influenciadas, en parte, por las interacciones que se establecen entre los componentes de la pared celular.

En la utilización del maíz como forraje en verde o como rastrojo, es importante considerar el valor nutritivo y rendimiento de los componentes individuales de la planta. Entre éstos normalmente existen diferencias, las cuales están asociadas a diferencias en composición química, estructura física, grado y distribución de la lignina y a diferencias en las proporciones que guardan los componentes del forraje. Por lo general, las brácteas representan la fracción del rastrojo de mayor digestibilidad, mientras que la hoja se caracteriza por ser menos digestible pero más palatable y con mayor contenido de proteína cruda. El tallo es la fracción de la planta de mayor rendimiento de materia seca, pero al igual que el olote, su digestibilidad, contenido de proteína cruda y palatabilidad son bajos (Ayres, 1973; Russell, 1986; Roth, 1987; Klopfenstein et al., 1989).

El valor nutritivo del rastrojo de maíz fue ampliamente evaluado por investigadores de la Universidad de Nebraska, análisis de esta información se encuentran en las revisiones de McDowell (1986), Fernández (1987) y Roth (1987). En Europa, Orskov y colaboradores (1988a,b,c) realizaron una amplia investigación sobre el particular en paja de cebada, avena, trigo, triticale y arroz.

La media, desviación estándar y rango de las proporciones relativas de los componentes aéreos de la planta de maíz reporta-

dos por Leask y Daynard (1973), Vetter (1973), Petrits et al. (1975), Klopfenstein y Owen (1981), Russell (1986), Fernández (1987) y Roth (1987) fueron 44.4, 7.5 y de 35.0 a 51.1% para tallo; 22.4, 2.4 y de 20.1 a 25.3% para hoja; 12.6, 3.8 y de 8.9 a 17.7% para bráctea; 19.6, 3.8 y de 15.0 a 23.4% para olote; 50.3, 5.1 y de 35.6 a 64.3% para rastrojo; 49.7, 5.5 y de 35.0 a 65.0% para grano. El tallo fue el componente del rastrojo que registró la media, desviación estándar y rango más alto.

Con relación a la calidad del rastrojo, Fernández (1987) analizó los resultados de 17 estudios y estimó la media, desviación estándar y rangos siguientes: 4.7, 1.6 y de 2.3 a 8.8% de proteína cruda (N=19); 73.5, 7.0 y de 67.0 a 87.0% de FDN (N=8); 45.7, 7.6 y de 39.0 a 57.5% de FDA (N=6); 7.6, 2.8 y de 3.1 a 11.3% de lignina (N=5) y 49.2, 8.2 y de 29.4 a 62.5% de digestibilidad de la MS (N=16), respectivamente.

La media, desviación estándar y rango del contenido de proteína promedio de las observaciones reportadas por Ayres (1973), Vetter (1973) y Lamn y Ward (1981) fueron los siguientes: 10.4, 1.3 y de 9.6 a 12.6% en grano; 2.7, 2.6 y de 3.6 a 6.6% para tallo; 7.3, 0.1 y de 6.1 a 8.6% para hoja; 4.3, 2.1 y de 2.8 a 7.3% para bráctea y 3.8, 2.1 y de 2.3 a 6.8% para olote, respectivamente.

Vetter (1973) reportó valores de FDN, FDA, celulosa y lignina de 70.8, 47.1, 34.4 y 10.5% para tallo; 61.8, 37.0, 22.0 y 5.1% para hoja; 78.0, 41.6, 32.9 y 6.7% para bráctea y 70.1, 42.8, 29.9 y 8.8% para olote, respectivamente. Las digestibili-

dades de la MS de tallo, hoja, bráctea y olote fueron de 51, 58, 68 y 69% en el primer trabajo de Vetter (1973) y de 51.7, 54.7, 63.2 y 45.2% en un segundo trabajo del mismo autor.

En sorgo, McDowell (1985) evaluó las digestibilidades in vitro de la MS de hoja, tallo y planta de 24 genotipos. El tallo fue el componente con menor digestibilidad, con un rango que varió de 31 a 50%, mientras que la hoja fue el componente de mayor digestibilidad con un rango de 42 a 64%.

Ayres (1973) observó en grano, olote, tallo, hoja y bráctea de maíz contenidos de 9.6, 3.6, 2.9, 6.2 y 3.3% de proteína y 90.0, 45.2, 51.7, 54.1 y 63.2% de digestibilidad in vitro de la MS. La hoja fue el componente del rastrojo con mayor proteína, mientras que la bráctea fue el componente con mayor digestibilidad.

La diferencia en degradación entre los componentes botánicos del rastrojo obliga, en un sistema de utilización integral del cultivo de maíz, a considerar métodos operativos para separar y utilizar las fracciones de mayor calidad (hoja y bráctea) para consumo de rumiantes y los componentes de menor calidad para la industria del papel o de la madera.

#### **e) Correlaciones entre la calidad del forraje y rendimiento de grano**

Las correlaciones entre la calidad y características morfológicas de la planta son variables y dependen de la especie, método de muestreo y edad de la planta (Hacker, 1982).

Phipps y Weller (1976) y McDonnell (1982) no observaron relaciones significativas entre la calidad del forraje y rendimiento de granos. En cambio, Hovin et al. (1976) observaron una correlación negativa cercana a cero, y en condiciones de temporal observaron que en algunos genotipos el rendimiento de grano estuvo negativamente correlacionado con la calidad del forraje, debido principalmente a una disminución en la traslocación de carbohidratos no estructurales del tallo al grano

En Europa, diversos investigadores (Ramanzin et al., 1986; Tuah et al., 1986; Orskov et al., 1988a,b,c; Shand et al., 1988) realizaron una serie de trabajos para cuantificar las variaciones en términos de rendimiento de MS y calidad entre genotipos y componentes de la paja de avena, cebada, trigo, triticale y arroz. Los rangos de variación entre variedades para digestibilidad in situ de la MS fueron de 38 a 60% en cebada, de 39 a 45% en trigo y de 36 a 40% en avena. El tallo fue el componente de mayor proporción y el de menor digestibilidad, mientras que la hoja fue el componente con mayor digestibilidad y contenido de N. En la paja de arroz no observaron diferencias consistentes entre tallo y hoja en términos de digestibilidad de la MS. Al analizar las correlaciones reportadas en estos trabajos se observó que la proporción de hoja está correlacionada positivamente con la calidad de la paja y que no existe ~~correlación significativa entre rendimiento de grano, altura de planta y contenido de N en paja.~~

Estos resultados evidencian la posibilidad de seleccionar genotipos con mayor calidad de paja sin afectar el rendimiento

de grano. También evidencian que el tallo es el componente de menor valor nutritivo pero el de mayor variación.

La digestibilidad y el rendimiento de grano presentan una ligera correlación negativa; sin embargo, ésta es tan cercana a cero y la variación es lo suficientemente grande que existe la posibilidad real de mejorar la calidad del forraje, sin afectar el rendimiento de grano. La digestibilidad del rastrojo depende en mayor grado de las proporciones de hoja y tallo, por tanto en un programa de mejoramiento el interés se debe orientar a obtener mejor relación hoja:tallo, sin afectar el rendimiento de grano.

#### **f) Importancia de la variación genética sobre el comportamiento animal**

Calenbrander et al., citados por Roth (1987) compararon el rastrojo de híbrido gen  $bm_3$  vs híbrido normal. El rastrojo del maíz  $bm_3$  tuvo menores contenidos de lignina y pared celular y mayores digestibilidades de la MS (55.9 vs 49.3%) y pared celular (60.4 vs 52.7%), y también mayores ganancias diarias de peso (1.03 vs 0.53 kg) cuando se ofreció a vaquillas Holstein.

La digestibilidad in vitro de la materia seca del rastrojo de maíz de variedades criollas o precoces es 5 a 10 unidades porcentuales mayor que la digestibilidad del rastrojo de variedades mejoradas o de ciclo tardío (Aldelana y Milbour, 1972; McDowell, 1986). También en la misma magnitud, la digestibilidad del rastrojo de maíces cultivados en temporal es mayor que el rastrojo de maíces de riego (Fernández y Klopfenstein, 1989a).

Al comparar rastrojos de alta vs baja digestibilidad in

vitro de la materia seca, en la alimentación de rumiantes en corral, se ha reportado mayor ( $P < .05$ ) consumo, ganancia diaria de peso y eficiencia de utilización en animales alimentados con rastrojo de alta digestibilidad (Guyer et al., 1983; McDowell, 1986; Roth, 1987).

Irlbeck et al. (1989) no observaron diferencias ( $P > .05$ ) en el comportamiento animal de becerros en pastoreo de residuos de sorgo de alta vs baja digestibilidad. En cambio, cuando estos mismos residuos se ofrecieron molidos en corral, las ganancias de peso fueron mayores en 0.127 kg/animal/día en los animales alimentados con residuos de alta digestibilidad. En pastoreo, el animal consume la parte del rastrojo más palatable y de mayor digestibilidad, mientras que cuando el rastrojo se ofrece molido, el animal no tiene opción de seleccionar, por tanto, la diferencia en calidad se manifiesta mejor.

Roth (1987) alimentó becerros en crecimiento con 84% de rastrojo de alta y baja digestibilidad de la MS (55 y 47%, respectivamente). Los animales alimentados con rastrojo de alta digestibilidad tuvieron mayores ganancias diarias de peso (0.37 vs 0.29 kg), consumos de alimento (4.87 vs 4.47 kg) y menores conversiones (13.1 vs 15.6 kg alimento/kg de ganancia) que los animales alimentados con rastrojo de baja digestibilidad.

El análisis de la información revisada permite concluir que:

i) El rendimiento y calidad del forraje varían significativamente entre genotipos de maíz.

ii) El rendimiento de grano no siempre está asociado a la calidad del forraje.

iii) Se pueden seleccionar genotipos de maíz con altos rendimientos de grano y que produzcan rastrojo de mejor calidad. En la selección de estos materiales se debe considerar que los genotipos difieren en su habilidad por mantener esta calidad a través del tiempo.

iv) Cuando se siembra maíz el objetivo principal es obtener máximos rendimiento de grano, mientras que la producción de residuos se consideran objetivos secundarios. Por tanto, la selección de maíces que produzcan rastrojo de mayor calidad solamente será viable si no se afecta el rendimiento de grano.

#### **4.2. Diferencias debidas a factores ambientales**

##### **a) Factores del clima**

Los factores climáticos influyen en forma consistente sobre la germinación, emergencia, crecimiento morfológico, desarrollo, tiempo a la madurez fisiológica y sobre la calidad del forraje. La influencia de estos factores se puede analizar por el impacto que tienen antes y después de la madurez fisiológica.

Los factores climáticos previos a la madurez fueron revisados ampliamente por Andrieu (1976); Van Soest et al. (1978); Van Soest (1982); Struik (1983); Phipps y Weller (1976); Swan et al. (1987); Tollenaar (1989a,b) e Irlbeck et al. (1991). Mientras la influencia que tienen los factores climáticos después de la

madurez fisiológica sobre la calidad y rendimiento de MS del rastrojo fueron revisados por Fernández (1987) y Roth (1987), entre otros. La temperatura, fotoperíodo y precipitación son los factores climáticos que más determinan el rendimiento y calidad de los forrajes; la humedad atmosférica se reporta de menor importancia.

Tollenaar (1989a,b) observó un comportamiento curvilíneo de la tasa fotosintética foliar y la tasa de acumulación de MS con respecto a la temperatura, con valores máximos de 15 a 31 °C. Victor y Mosgrave (citados por el mismo autor) encontraron que la tasa fotosintética neta fue en promedio 2.3 veces mayor a 30 vs 15 °C. Algunos investigadores han observado que la influencia de la temperatura va a depender de la etapa fisiológica de la planta de maíz. Struik (1983) observó que la máxima producción de MS en maíz se obtiene cuando coinciden bajas temperaturas con las últimas etapas del desarrollo vegetativo y durante la floración. Con relación a la calidad del forraje de maíz las altas temperaturas favorecen la proporción de pared celular, principalmente en hoja y tallo, se acelera el llenado de grano, la distribución de ciertos metabolitos y la madurez de la planta, afectando el desarrollo morfológico de la planta, la madurez y contenido y digestibilidad de la pared celular (Van Soest et al., 1978; Struik, 1983).

Con respecto al fotoperíodo, Struik (1983) observó que al aumentar las horas luz durante el desarrollo vegetativo, se estimuló el tamaño de tallo y hojas; aumentando la altura y el área foliar. Cuando los días largos ocurrieron en las proximida-

des de la floración se estimuló la pared celular en las partes vegetativas del maíz; mientras que los días largos después de la floración, estimularon la proporción de pared celular en jilote. Estos cambios afectaron en forma inconsistente la digestibilidad del forraje, sin embargo el efecto puede ser significativo si se trabaja en áreas tropicales con bajas densidades de población (Van Soest et al., 1978).

De la revisión realizada por Roth (1987) se puede concluir que existen diferencias en la digestibilidad del rastrojo de hasta 10 unidades porcentuales debidas al lugar donde se cultiva el maíz. Esta diferencia se ha asociado más al clima que a otros factores. Las altas temperaturas promueven un rápido crecimiento y elongación del tallo (Wilson et al., 1976). Sin embargo, también ocasionan que la proporción de contenido celular disminuya, se incremente la lignificación y disminuya la digestibilidad de la pared celular.

Acock (1978) encontró diferencias en la digestibilidad de la paja de trigo debidas a genotipos, pero principalmente a localidad, con efecto importante de la interacción genotipo por localidad. Resultados similares en paja de trigo, avena y cebada fueron reportados por White et al. (1981) sin observar correlaciones entre la digestibilidad y rendimiento de grano o resistencia al acame.

#### **b) Densidad de población**

El efecto de la densidad de población sobre el rendimiento y calidad de MS, se ha estudiado más ampliamente en maíz para

grano o ensilado. Estudios que relacionan la densidad de población con el rendimiento y calidad del rastrojo han sido limitados.

La producción de MS está directamente relacionada con la eficiencia de utilización de la radiación solar, la cual está influenciada por el patrón de plantación del cultivo y por la estructura del follaje, lo que en conjunto determina el índice de área foliar (IAF) y por tanto, la actividad fotosintética y crecimiento de la planta (Roth, 1987; Tetio-Kagho y Gardner 1988a; Ottman y Welch, 1989). El patrón de plantación se refiere a la densidad de población y distancia que existe entre surcos y entre matas y número de plantas dentro de matas; mientras que la estructura hace alusión al tipo de hoja, altura de la planta, relación hoja-tallo y tipo de espiga, entre otras características de las plantas (Ottman y Welch, 1989).

La densidad de población es reflejo del grado de competencia que se establece entre y dentro de la planta y tiende a afectar el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta.

Tetio-Kagho y Gardner (1988a) trabajaron con densidades de población de 8,000 a 154,000 plantas/ha y observaron que la intercepción de luz aumenta asintóticamente al aumentar la densidad, logrando la máxima intercepción de luz a 60,000 plantas/ha y entre los 77 a 84 días post-siembra, lo cual coincide con el máximo IAF y tasa de crecimiento, que corresponde al estado lechoso-masoso del grano. Si la densidad afecta la intercepción, entonces también se afecta la fotosíntesis y la acumulación

de MS en hoja, tallo y forraje. Los máximos valores para estas variables se obtuvieron con 63,000 plantas/ha.

Los mismos investigadores observaron una relación de tipo parabólica entre altura de planta y densidad de población, observando mayores alturas a densidades de 60,000 a 100,000 plantas/ha. Con mayores densidades disminuye la altura, debido a limitaciones en la disponibilidad de nutrientes y agua para la planta.

Existen suficientes evidencias que indican que al aumentar la densidad de población el rendimiento de MS por planta disminuye y por superficie aumenta para todo los componentes botánicos de la planta. Este efecto parece ser más pronunciado en los estados iniciales de crecimiento.

Tetio-Kagho y Gardner (1988a,b) observaron que el rendimiento de MS por superficie aumenta asintóticamente al incrementar la densidad hasta un máximo de 125,000 plantas/ha. Andrieu (1976) observó que la densidad óptima para obtener la máxima producción de forraje fue de 15 a 20% mayor que la densidad óptima para obtener la máxima producción de grano. Este mismo autor considera que en genotipos de ciclo precoz se pueden utilizar densidades de población 20% mayores que las utilizadas para genotipos de ciclo intermedio y aún pueden ser mayor si se compara con maíces tardíos, es decir, a mayor tiempo de madurez menor densidad de población. El tiempo a la madurez tiende a ser menor cuando se trabaja con bajas densidades.

Leshem y Wermke (1981) observaron que al incrementar la

densidad de 10,000 a 32,000 y 70,000 plantas/ha la producción de MS se incrementó de 6.0 a 10.3 y 10.5 ton/ha, respectivamente. Estas diferencias fueron significativas sólo hasta el día 100 post emergencia. Andrieu (1976) reportó incrementos en la producción de MS de forraje de maíz en un rango de 0 a 1 ton/ha al incrementar la densidad de población.

El número y peso de los jilotes por planta y de granos por jilote están influidos por la densidad de población. Al aumentar la densidad la proporción de jilote por planta y número de granos por olote disminuye, reflejo de una disminución en la movilización de fotosintatos de las partes vegetativas al jilote (Andrieu, 1976; Phipps y Weller, 1976).

Tetio-Kagho y Gardner (1988b) observaron que el período de acumulación de MS en jilote fue de 35 días con densidades de 19,000 y de 50 días con 150,000 plantas/ha. En lo que se refiere al número de granos observaron una disminución del 79% al aumentar la densidad de 8,000 a 154,000 plantas/ha. Cuando la densidad se incrementó de 10,000 a 32,000 plantas/ha la proporción de jilote, con respecto a la biomasa total, se redujo de 58 a 39%; mientras que la proporción de tallo aumentó de 25 a 40% (Phipps y Weller, 1976; Leshem y Wermke, 1981).

Phipps y Weller (1976) observaron que al incrementar la densidad de 50,000 a 150,000 plantas/ha la proporción de grano, contenido de proteína cruda, carbohidratos totales, contenido de almidón, hemicelulosa y azúcares solubles en la planta entera cambiaron de 50.0, 4.7, 68.9, 31.1, 5.9 y 6.9 a 25.0, 5.6, 63.9,

22.9, 18.7 y 6.5%, respectivamente.

La relación grano:rastrojo disminuye al aumentar la densidad de población y puede ser debido a pérdidas de MS que ocurren en tallo durante la formación del grano ( Aldelana y Milbourn, 1972; Phipps y Weller, 1976; Silva y Hallaver, 1984). En Chapingo, Cabrales y Castellanos (1990) observaron que al aumentar la densidad de 50,000 a 150,000 plantas/ha los rendimientos de MS de bráctea, hoja, olote y rastrojo disminuyeron en 53, 24, 40 y 27%, respectivamente, con reducciones también en la relación hoja:tallo.

El efecto de la densidad de población sobre la calidad del forraje de maíz ha sido inconsistente. Fairey (citado por Fernández, 1987) y Robinson y Murphy (1972) no observaron efecto consistente de la densidad sobre la digestibilidad de la MS de planta. Mientras que Aldelana y Milbourn (1972), Phipps y Weller (1976) y Cummins y Dobson (citados por Fernández, 1987) observaron que la digestibilidad de la MS de la planta, específicamente de tallo, está inversamente relacionada con la densidad de población. Es decir, al aumentar la población disminuye la digestibilidad, presumiblemente como resultado de la reducciones en la proporción de jilotes e incremento en la proporción de tallo y como consecuencia de disminuciones en las digestibilidades de la MS de tallo y en algunos casos de hoja. Sin embargo, Wilkinson y Phipps e Irlbeck (citados por Roth, 1987) observaron que con altas densidades de población se incrementa el contenido celular de forraje debido a reducciones en producción de grano, con posibles aumentos en la digestibilidad de la MS de forraje.

Fairey (1982) observó aumentos de la digestibilidad de MS del rastrojo, pero no en grano al aumentar la densidad.

Ziersel et al. y Zobr et al. (citados por Fernández, 1989a,b) reportaron disminuciones en el contenido de proteína, especialmente de hoja, al aumentar la densidad. Andrieu (1976), al aumentar la densidad, observó reducciones en el contenido de algunos minerales.

Cabrales y Castellanos (1990) observaron que las digestibilidades de la MS de bráctea, hoja y olote no cambiaron ( $P > .05$ ) y la de tallo disminuyó ( $P < .05$ ) al aumentar la densidad. La tasa de disminución de tallo varió entre genotipos posiblemente debido a diferencias estructurales entre variedades. Concluyen que al incrementar la densidad de población el rendimiento de MS de todos los componentes del maíz disminuye, la composición relativa se modifica y la digestibilidad del tallo disminuye.

### **c) Fertilización**

La fertilización afecta el rendimiento y calidad de grano y forraje de maíz, el efecto depende del tipo y nivel de fertilización y del momento en que se aplica, así como también de genotipo, densidad de población, humedad, temperatura y características del suelo. La variación debida a genotipos puede ser explicada a diferencias en la tasa y duración del llenado de grano, tasa de síntesis de la zeína y diferencias en la tasa de absorción de minerales. Estas diferencias están fuertemente relacionadas con el sistema radicular y con los rendimientos de grano, forraje y MS total de cada genotipo (Phipps y Weller, 1976; Kernan et al.,

1989; Mackay y Barber, 1986).

Mackay y Barber (1986) observaron que la fertilización con N afecta la longitud de las raíces y la superficie de la cubierta radicular y está relacionado con el genotipo. La absorción de nutrientes, principalmente de N, P y K está relacionado con el sistema radicular, y con la humedad y temperatura del suelo. El efecto de humedad parece ser más consistente que la temperatura. Bajo contenido de humedad en suelo reduce la tasa de difusión de K, P y N del suelo a la planta, siendo el efecto más severo a medida que disminuye la concentración de nutrientes en el suelo. Shaff y Skogley (citados por Mackay y Barber, 1986) observaron aumentos de 2.8 veces en la tasa de difusión de K cuando la humedad del suelo aumentó de 10 a 28%. En cambio, cuando la temperatura del suelo aumentó de 5°C a 30°C la tasa de difusión del K se incrementó en solo 1.6 veces.

Estos datos sugieren que al aumentar el nivel de fertilización, cuando las condiciones de humedad son óptimas, se puede incrementar la absorción de minerales. Pero si el nivel de agua en suelo no es adecuado, los efectos son inversos. Existe una relación consistente entre la fertilización y el rendimiento y calidad del forraje de maíz, siendo la aplicación de nitrógeno el que más determina esta característica.

~~La fertilización con nitrógeno está asociada a incrementos~~ en el IAF, actividad fotosintética, contenido de N en grano y forraje, disminuciones en el contenido de K, contenido de celulosa, digestibilidad de la MS y días a la floración (Terman y

Noggle, 1973; Perry y Smith, 1984; Fernández, 1987; Wolfe et al., 1988).

El incremento en el contenido de N y por tanto de proteína en respuesta a la fertilización es muy variable (7 a 86%) y resulta principalmente de incrementos en los contenidos de proteína de tallo y hojas (Andrieu, 1976). Cuando se fertilizó maíz con 0, 75 y 150 kg de N/ha la concentración de N en la planta fue de 0.65, 0.87 y 1.04%, respectivamente. Sobre las concentraciones de P y K el efecto fue inconsistente (Remison y Fajemisin, 1982).

Rending y Broadbent (citados por Fernández, 1987) observaron que el contenido de proteína en grano fue de 6% en maíz no fertilizado y de 10% cuando se fertilizó con 180 a 360 kg de N/ha/año. Las concentraciones de triptofano, lisina, glicina, arginina y treonina en la proteína del grano disminuyeron con la fertilización nitrogenada, mientras que los niveles de alanina, fenilalanina, tirosina, ácido glutámico y leucina se incrementaron.

Con fertilización de K, Perry y Olson (citados por Kernan et al., 1989) observaron que el rendimiento, contenido de proteína y la proporción de tallo se incrementaron mientras que la digestibilidad in vitro de la MS disminuyó para maíz y permaneció sin cambio para sorgo. Perry y Smith (1984) observaron valores de proteína de 3.3, 3.7, 4.0 y 4.4% y digestibilidades in vitro de la MS de 55, 54, 52 y 51% en rastrojo de maíz fertilizado con 0, 90, 180 y 270 kg de N/ha, respectivamente. Robinson y Murphy (1972) encontraron que la digestibilidad del forraje de maíz

aumenta al incrementar la fertilización nitrogenada. Este aumento puede estar asociado a incrementos en la proporción de jilotes y contenido de proteína y a disminuciones en el contenido de celulosa en el forraje (Remison y Fajemisin, 1982).

Remison y Fajemisin (1982) observaron que el número de días a la floración en maíz se redujo en 3.1 y 2.7 con la aplicación de 75 y 150 kg N/ha en comparación a 0 kg de N. La fertilización de N incrementó el IAF, la incidencia de acame y número de jilotes. Wolfe et al. (1988) observaron que la senescencia de hojas superiores aumentó en 20 días por la fertilización nitrogenada y tuvo una correlación de  $r = .86$  ( $P < .05$ ) con incrementos en la tasa fotosintética.

La fertilización está asociada a mayores rendimientos de grano, forraje, rastrojo y biomasa (Remison y Fajemisin, 1982; Iversen et al., 1985). En condiciones de riego, Perry y Smith (1984), obtuvieron rendimientos por ha de 5383, 7219, 9150 y 9934 kg de grano y de 4213, 5416, 5985 y 5688 kg de rastrojo de maíz con 0, 90, 180 y 270 kg de N/ha. De la revisión realizada por Fernández (1987) se puede concluir que la concentración de N en rastrojo también se incrementa como resultado de la fertilización nitrogenada. Si la fertilización de N es excesiva, el contenido de nitratos en rastrojo se incrementa sustancialmente.

Los niveles de fertilización utilizados para obtener los máximos rendimientos de grano posiblemente no sean los más adecuados para obtener el máximo rendimiento y calidad en pajas y rastrojo.

#### d) Riego

Reducciones en los rendimientos de grano y forraje están asociadas a condiciones ambientales y de manejo desfavorables. De éstos, el estrés por agua es de los más importantes y muy común que se presente en cultivos bajo condiciones de temporal (Johnson y Geadelmann, 1989). El efecto del estrés por agua sobre el crecimiento, desarrollo y partición de la MS entre los componentes de la planta, se ha estudiado más ampliamente en maíz, para grano o forraje para ensilar (Loren et al., 1987a,b). En estos trabajos se ha reportado que la magnitud del efecto del estrés hídrico depende del estado de crecimiento de la planta al momento de que sucede dicho estrés, de la severidad y duración de las deficiencias y de la susceptibilidad entre genotipos (Jurgens et al., 1978; Harder et al., 1984; Lorens et al., 1987b).

Cuando el estrés hídrico ocurre durante el desarrollo vegetativo se reducen los crecimientos de hoja, tallo y raíz, reduciéndose también la altura de la planta; también se afectaron negativamente el desarrollo de los órganos reproductivos y el potencial de producción de grano y forraje (Classen y Shaw, 1970a; Monteagudo, 1976; Pilar y Johnson, 1981)

Lorens et al. (1987b) observaron que el índice de área foliar, acumulación de biomasa, tasa de crecimiento vegetativo y peso de la semilla se redujeron en 36, 39, 32 y 10%, cuando el maíz se cultivó en condiciones de temporal, y en 36, 27, 32 y 5%, respectivamente, cuando se cultivo en estrés por agua, comparándolos con cultivos de maíz en ambientes hídricos óptimos.

Estos cambios también pueden estar influenciados por el genotipo (Classen y Shaw, 1970a,b).

El efecto más severo del estrés hídrico sobre el rendimiento de grano y forraje de maíz sucede durante la floración (Montea-gudo, 1976) observando mayor vulnerabilidad en el período com-prendido de 5 días antes hasta 5 días después de la floración. Después de esta etapa y hasta el inicio de la formación del grano la vulnerabilidad es menor (Harder et al., 1984).

Cuando el estrés ocurre al inicio de la floración se observa una rápida elongación de los entrenudos del tallo localizados próximos al suelo hasta la parte media del tallo y dependiendo de la severidad del estrés el rendimiento de grano se puede reducir de 33 a 50% y la producción de biomasa en 30%. Cuando el estrés por falta de humedad ocurre de la segunda a la tercera semana después de la floración, se reduce el número de semillas en apro-ximadamente 15% y el rendimiento de grano en 30%. Esta reducción se observa principalmente en la punta de la mazorca. También se observaron incrementos en la acumulación de azúcares en tallo, con incrementos en el peso de éste. Ahora bien, si el estrés ocurre durante la fase inicial del llenado de grano y dependiendo del estrés hídrico en el pasado, la masa del grano se puede reducir en 20% y el rendimiento de grano de 12 a 15%, como conse-cuencia de una reducción en la producción de metabolitos y en el período de llenado. Pero si el estrés ocurre en la fase final del llenado de semilla, los granos del extremo del jilote se caracte-rizaran por un pobre desarrollo, con daños también al olote (Classen y Shaw, 1970a; Harder et al., 1984; Lorens et al., 1987b)

Las reducciones en el peso del grano puede ser consecuencia del efecto del estrés hídrico sobre la actividad fotosintética y sobre la traslocación de nutrientes de las partes vegetativas al grano. Brovedan y Hodger (citados por Jurgen et al., 1978) observaron que la traslocación de nutrientes fue más sensitiva al estrés por falta de agua que la actividad fotosintética. Sin embargo, McPherson y Boyer (citado por los mismos autores) observaron lo contrario.

Quattar et al. (1987) evaluaron el estrés hídrico en forma contigua y por períodos desde la fertilización a la madurez fisiológica del grano. Cuando el estrés por agua es momentáneo (10 días) se redujo la MS acumulada en grano; sin embargo, al restaurar el ambiente hídrico se observó una acumulación compensatoria de MS en grano, de tal forma que el rendimiento de grano no se afectó. Sin embargo, cuando el estrés es contiguo e inicia desde la polinización la tasa de división celular del endospermo y el rendimiento de grano se redujeron en 28 y 50%, respectivamente. Con estrés hídrico contiguo, pero iniciado a los 18 días después de la polinización no se afectó el rendimiento de grano aunque el llenado se adelantó en 8 días con respecto al control. Los resultados de este trabajo sugieren que el llenado de grano no se afecta severamente si el estrés hídrico es de corta duración (10 días), pero sí se prolonga por más tiempo se reduce en forma significativa el rendimiento de grano y se modifica la calidad y rendimiento de forraje.

El efecto del estrés por agua sobre rendimiento y calidad

de grano y forraje de maíz, está relacionado con la densidad de población, fertilización, genotipo y ocasionalmente con la fecha de siembra, madurez y humedad del grano.

Monteagudo (1976) observó con 6 y 8 riegos que los rendimientos de grano, con una densidad de población de 60,000 plantas por ha, fueron 26 y 30% mayores que con 30,000 plantas por ha.

Los genotipos difieren en su susceptibilidad al estrés hídrico y a la severidad de éste. Los genotipos resistentes al estrés por agua se caracterizan por poseer un sistema radicular de mayor longitud y densidad, mantener alto el potencial hídrico foliar y de turgencia foliar y mantener baja resistencia a la diferenciación foliar durante el período que dure el estrés por falta de agua (Lorens et al., 1987b).

Quattar et al. (1987) observaron que el estrés por agua afecta en forma significativa el contenido de agua en hojas, mientras que en grano y tallo el efecto fue inconsistente. Lo anterior implica que existe cierta asociación entre el contenido de humedad de tallo y grano. Si es así, se puede plantear que el tallo cumple con dos funciones importantes: como reservorio de nutrientes, los cuales son transferidos al grano para asegurar el desarrollo del grano junto con los metabolitos que provienen de la fotosíntesis y como amortiguador para mantener las condiciones adecuadas de humedad en grano si la planta se somete a estrés por agua.

El ambiente hídrico al que se somete el cultivo de maíz afecta las calidades de grano y forraje. Harder et al. (1984)

observaron que el estrés hídrico durante la floración ocasionó que el contenido de N en grano se incrementará de 1.7 a 1.8% cuando el estrés fue por una ocasión y de 1.7 a 1.9% cuando la planta se sometió a dos estrés hídricos sucesivos. Sobre los contenidos de P y K en grano no observaron diferencias. Jurgen et al. (1978) observaron que el contenido de proteína cruda en grano aumentó en 32%, cuando la planta se sometió a estrés por falta de humedad por 10 días al inicio de la floración.

Al aumentar la intensidad de riego, Stone y Tucker (citados por Fernández, 1987) observaron reducciones en los contenidos de proteína en grano de sorgo y trigo. Mientras que Nelson et al. (citados por el mismo autor) no observaron efecto del riego sobre el contenido de proteína en rastrojo. En cambio, Guyer et al. (1983) si observaron mayores contenidos de proteína en rastrojo procedente de híbridos cultivados bajo condiciones de temporal vs riego.

Foulkner et al. (citados por Fernández, 1987) cultivaron 4 genotipos de maíz en condiciones de temporal y riego. Encontraron que en ambientes de riego se favorece el rendimiento de grano y se afecta la digestibilidad del forraje. Estos resultados sugieren que en condiciones óptimas y para algunos genotipos, el rendimiento de grano puede estar negativamente correlacionado con la calidad del rastrojo, debido a aumentos en la traslocación de nutrientes de los componentes vegetativos hacia el grano.

McDonnell (1982) observó mayores digestibilidades en tallo,

hoja, bráctea y olote en rastrojo cultivados bajo condiciones de temporal vs riego. Por otro lado, Irlbeck et al. (1991) observaron que el maíz de temporal producen hojas y brácteas en menor cantidad pero de mayor calidad que los maíces cultivados en ambientes bajo riego.

Los resultados anteriores evidencian que el desbalance hídrico en el suelo, afecta más el rendimiento de grano vs rastrojo y eventualmente se puede producir más rastrojo si el estrés hídrico ocurre durante el llenado de grano; sin embargo si ocurre durante el desarrollo vegetativo se afecta tanto los rendimientos de grano como de forraje.

Van Soest et al. (1978) sostienen que el estrés por falta de agua induce menores rendimientos de forraje pero de mayor digestibilidad. Lo anterior ayuda a explicar porque el rastrojo de cultivos de maíz sujetos a estrés hídrico es de mayor calidad que el rastrojo de maíces sujeto a ambientes óptimos de humedad. Esta diferencia puede llegar a ser, en términos de digestibilidad, de hasta 10 unidades porcentuales (Roth, 1987).

#### **f) Madurez fisiológica**

La mayoría de los trabajos que evalúan la importancia de la madurez, en la calidad del forraje del maíz, se han orientado principalmente a determinar el momento óptimo del corte de forraje para ensilar o henificar, lo que implica identificar el momento en el cual se obtiene mayor rendimiento y calidad de MS.

Los fotosintatos acumulados en grano proceden de la actividad fotosintética realizada durante la formación del grano y de la traslocación de nutrientes hacia el grano. La actividad fotosintética contribuye con niveles variables, pero normalmente menores al 50% de los fotosintatos acumulados en grano. De este porcentaje, el 75% procede de la fotosíntesis realizada en la hoja y el resto es resultado de la fotosíntesis realizada en bráctea y tallo. El valor asignado a hojas se distribuye de la siguiente manera: las hojas superiores (situadas arriba del jilote) participan con 40%, le siguen las hojas intermedias y las inferiores con 35 y 25%, respectivamente. Dentro de hoja, la lámina participa con 80% y la vaina con 20% (Allison y Watson, 1966).

La traslocación de nutrientes, durante la madurez fisiológica de la planta, principalmente de tallo y en menor proporción de hojas, determina de 20 a 50% la formación del grano (Quatter et al., 1987).

Durante el desarrollo vegetativo, el tallo de la planta de maíz acumula gran proporción de carbohidratos solubles, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa. Estos carbohidratos representan el 50% del peso del tallo, el cual llega a ser máximo pocos días después de la floración (Hume y Campbell, 1975; Giardini et al., 1976). A partir de estos momentos, el peso del tallo normalmente se reduce, reducción que resulta significativa durante las 3 semanas después de la mitad de la floración y presumiblemente es reflejo de la disminución en el contenido de carbohidratos solubles por traslocación de los mismos del tallo

hacia grano.

Desde el inicio de la formación del grano hasta la madurez fisiológica de la planta, las pérdidas de tallo pueden llegar a ser de 900 (Hume y Campbell, 1972) a 1,039 kg de MS/ha (Perry y Campton, 1977), representando pérdidas promedio de 16.7 kg/día/ha. El tallo al inicio de la floración representa el 50% de la biomasa total y se reduce a 25% a la madurez. Sin embargo, el rendimiento total de forraje aumentó de 10.2, al inicio de la floración, a 21.5 ton de MS/ha a la madurez. El 84% de este aumento ( $P < .05$ ) se atribuyó al avance de la madurez (Perry y Campton, 1977).

Cummins (1970) observó que las proporciones relativas de jilote, hoja y tallo cambiaron de 36, 23 y 41% a 56, 14 y 30%, respectivamente, de un mes antes a un mes después de la madurez del grano.

La traslocación de nutrientes también ocasiona disminución en la calidad del forraje, principalmente de tallos y hojas que son los componentes que más participan en este evento fisiológico. A nivel de planta no se observa cambio sustancial en la calidad porque el grano formado compensa las pérdidas de azúcares en tallo, de proteína cruda en hoja e incrementos en la proporción de carbohidratos estructurales en tallo y de extracto libre de nitrógeno (ELN) en hoja y jilote. En la planta entera el cambio más importante es un incremento en ELN y reducciones de azúcares y minerales con una ligera disminución de proteína (Cummins, 1970; Giardini et al., 1976; Perry y Campton, 1977;

Weaver et al., 1978; Phipps y McAllen, 1984; Don Clanton, 1989).

Campbell (1964), Allison y Watson (1966), Daynard y Duncan (1969) y Giardini et al. (1976) estimaron una correlación de  $r = -.65$  entre la acumulación de MS en jilote y contenido de sólidos solubles en tallo y observaron que esta relación se hace más evidente a medida que la formación del grano avanza. Cuando por infertilidad (Phipps McAllen, 1984) o cuando se previene la polinización (Allison y Watson, 1966; Hume y Campbell, 1972) la planta no produce grano, por lo que los fotosintatos que deberían haberse trasladado a grano, se acumulan en tallo, brácteas y muy poco en hojas. En estos casos, el peso y la calidad del tallo permanecen constantes durante la madurez.

Las digestibilidades de tallo y hoja disminuyen al avanzar la madurez, mientras que la digestibilidad de la planta entera tiende a incrementarse, principalmente en los genotipos de ciclo tardío. A la madurez fisiológica, el jilote contribuye con 60% de la digestibilidad total de la planta. De manera tal, que antes de la madurez la calidad del tallo es comparable al de hoja, pero después tiende a ser inferior, dependiendo de la pérdida que manifiesta por la traslocación de nutrientes.

La traslocación de nutrientes de tallo y hoja hacia jilote varía entre genotipos y depende del clima, rendimiento de grano y actividad fotosintética de la planta durante el llenado del grano y está asociado a prácticas culturales, principalmente densidad de población, fertilización y riego (Daynard y Duncan, 1969). La traslocación de nutrientes en ambientes cálidos es mayor en

maíces precoces o maíces altos rendidores de grano y se estimula por todos aquellos factores que limitan la actividad fotosintética durante el llenado de grano, como la defoliación y el estrés por falta de agua y es menor con genotipos tardíos, maíces de bajo rendimiento de grano, cultivos con bajas densidades de población y cuando la fotosíntesis es alta y capaz por sí sola de cubrir los fotosintatos que demanda la formación de grano (Allison y Watson, 1966; Daynard y Duncan, 1969; McDonnell, 1982).

El contenido de humedad en grano varía fuertemente a medida que avanza la madurez fisiológica. Se incrementa al inicio de la formación del grano y disminuye gradualmente, de tal forma que a la madurez posee de 30 a 40% de humedad y a la cosecha de 15 a 16% (Westgate y Boyer, 1986). Dicha variación está ( $P < .05$ ) asociada a genotipo, año de cultivo y formación de la línea negra en grano. El rendimiento de grano se incrementa en forma signoidal alcanzando el máximo punto de los 7 a 10 días antes de que se forme completamente la línea negra en grano y cuando el contenido de humedad en éste es de 30 a 35%.

#### **g) Estado de cosecha**

La máxima calidad en la planta de maíz se obtiene 20 días después de la floración cuando la planta posee aproximadamente 22% de MS. Sin embargo, la máxima producción de MS se obtiene cuando la planta ha llegado a la madurez fisiológica que coincide con contenidos de MS de 60 a 62% en grano y de 40% en la planta (Giardini et al., 1976). Después de obtenida la máxima calidad en planta, la calidad del forraje empieza a disminuir y continua

aún después de la madurez fisiológica. Antes de la madurez la disminución se debe a la traslocación de nutrientes de los componentes de la planta al grano, y después de la madurez se puede deber a la influencia de otros factores como la traslocación de nutrientes de las partes vegetativas hacia el suelo, por respiración no compensada por fotosíntesis y principalmente se deben a pérdidas mecánicas y métodos de cosecha del grano (Russell, 1986)

Al transcurrir el tiempo entre la madurez fisiológica y corte o aprovechamiento del rastrojo, se observan reducciones en el rendimiento de MS del rastrojo, principalmente de hoja, con cambios en la proporción relativa de los componentes de la planta.

Por un período de 105 días después de la madurez fisiológica, Perry y Smith (1984) estimaron pérdidas de 15.4 kg MS/ha/día de rastrojo de maíz; mientras que Weaver *et al.* (1978) registraron pérdidas de 29.5 kg MS/día/ha de hoja, para bráctea y tallo las pérdidas fueron inconsistentes. En Chapin-go, Toledo y Sánchez (1989) reportaron pérdida de 1.5, 4.1, 2.8, 0.5 y 6.1 kg MS/ha/día de tallo, hoja, lámina, bráctea y rastrojo, respectivamente, después de 60 días de la madurez fisiológica en una asociación maíz-veza común.

A partir de la cosecha del grano, Alibes *et al.* (1982) observaron pérdidas de rastrojo de 28 kg MS/ha/día, disminuciones en la digestibilidad del rastrojo de 2.4 unidades porcentuales por semana y sin cambios consistentes en el contenido de proteína.

Toledo y Sánchez (1989) observaron cambios en las composiciones relativas de hoja, tallo, lámina, vaina, bráctea y espiga de 42.8, 47.0, 20.8, 22.1, 7.4 y 2.6% en el día de la madurez fisiológica a 35.0, 51.6, 9.1, 26.7, 10.0 y 2.5% 60 días después, respectivamente. Las disminuciones más significativas se observaron en hoja y lámina, mientras que los cambios en tallo, vaina y bráctea se reportaron como inconsistentes.

Al aumentar el intervalo entre la cosecha de grano y la madurez fisiológica de la planta se incrementan las concentraciones de FDN, FDA y lignina y se reducen los contenidos de proteína cruda y carbohidratos no-estructurales (Klopfenstein y Owen, 1981). Por componente botánico, las pérdidas de azúcar en tallos es quizá el efecto más pronunciado (Klopfenstein et al., 1989) y el menos importante tal vez sea sobre brácteas (Roth, 1987), consecuentemente la digestibilidad de la MS, principalmente de tallo y hoja se reducen (Ayres, 1973; Roth, 1987). Esta reducción está asociada en mayor medida al incremento en la concentración de fibra detergente neutro, que al incremento en la lignificación de la pared celular o de FDA (Russell, 1986).

Weaver et al. (1978) estimaron reducciones en las digestibilidades de la MS de 1.67, 1.61, 1.04, 1.73 y 0.22 unidades porcentuales por semana después de la madurez fisiológica y durante un período de 105 días en tallo, hoja, bráctea, olote y grano, respectivamente.

Paterson et al. (1981) observaron reducciones de 1.25 unidades porcentuales por semana en la digestibilidad de la MS del

rastrojo cultivado en condiciones de riego y de 2.0 en el rastrojo cultivado en temporal. McDonnell (1982) determinó que la digestibilidad de MS después de la madurez fisiológica disminuyó en 1.5 a 2.0 unidades porcentuales por semana en hoja, tallo, olote y rastrojo, mientras que en bráctea la disminución solamente fue de 0.6 unidades porcentuales por semana. Berger et al. (1979) y Leask Daynard (1973) observaron que la digestibilidad del rastrojo disminuyó en 1.9 y 1.5 unidades porcentuales por semana, respectivamente, después de la madurez fisiológica.

En general, parece que al aumentar el tiempo después de la madurez fisiológica del grano, la digestibilidad se reduce en todos los componentes de la planta de maíz; esta reducción es significativa en tallo, hoja y olote e inconsistente en bráctea y grano.

Roth (1987) evaluó el efecto de dos momentos de cosecha del grano según la humedad del mismo (25 y 20% de humedad) en la calidad del rastrojo de tres genotipos de maíz. Observó que cuando el grano se cosechó con más de 25% de humedad el rastrojo tuvo menores contenidos de lignina, fibra detergente neutro y ácido y mayor digestibilidad in vitro de la MS, que cuando se cosechó con menos de 20% de humedad. El mismo autor, en otro trabajo (Roth, 1987) observó incrementos en los contenidos de FDN, FDA y lignina y reducciones en las digestibilidades de MS de 2.5, 2.1, 0.6 y 3.2 unidades porcentuales por semana, respectivamente, en genotipos identificadas previamente por poseer rastrojo de alta digestibilidad (55%) y de 1.5, 1.9, 0.6 y 1 unidades porcentuales por semana, respectivamente en genotipos identifica-

dos por producir rastrojo de baja digestibilidad ( 47%).

Phipps y Weller (1976) observaron disminuciones en las digestibilidades de la MS de hoja, tallo, jilote y rastrojo de 0.6, 1.2, 0.4 y 1.1 unidades porcentuales por semana. La digestibilidad juega, sobre todo en alimentos voluminosos, un papel determinante en la relaciones que se establecen entre el consumo, reducción del tamaño de la partícula y tasa de pasaje en rumiantes. Berger et al. (1979) compararon dos tipos de rastrojo en becerros en crecimiento y observaron que los animales alimentados con rastrojo del cultivo cuyo grano se cosechó tempranamente (>26% de humedad) tuvieron mayores ( $P < .05$ ) ganancias de peso (0.65 vs 0.48 kg/día) y fueron 19% más eficientes que los becerros que recibieron rastrojo del cultivo donde el grano se cosechó tardíamente (< 20% de humedad). Paterson et al. (1981) observaron ganancias de peso 100% mayores (0.27 vs 0.14 kg/día) y mejor eficiencia, en becerros alimentados con rastrojo procedente de cultivos donde el grano se cosechó a la madurez fisiológica, en comparación al rastrojo de maíz cosechado tardíamente. Johnson et al. (1984) reportaron consumos 39% mayores con rastrojo de cultivos donde el grano se cosechó a la madurez, en comparación a rastrojo de cultivos donde el grano se cosechó con 14% de humedad.

Roth (1987) alimentó becerros en crecimiento con 84% de rastrojo cosechado a la madurez vs dos semanas después, observando que los animales alimentados con rastrojo a la madurez tuvieron mayores ganancias de peso (0.37 vs 0.23 kg/día), consumos de alimento (4.87 vs 4.10 kg/día) y menor conversión alimenticia

(13.1 vs 18.2 kg alimento/ganancia) que los animales alimentados con rastrojo cosechado después de la madurez.

Perry y Smith (1984) reportaron valores de proteína cruda, pared celular y digestibilidad in vitro de la MS del rastrojo de 6, 73 y 46% en el día de madurez y de 6, 80 y 39% en el día 105 después de la madurez. Paterson et al. (1981) reportaron valores en contenido de FDN y digestibilidad de la FDN del rastrojo de 68.7 y 59.2% a la madurez y de 78.7 y 51.8%, respectivamente, a los 105 días después de la madurez, en condiciones de riego y de 63.5 y 60.1 a 80.2 y 56.6% bajo condiciones de temporal, respectivamente.

Con el tiempo, el contenido de proteína cruda disminuye más severamente en hojas, mientras que en el resto de los componentes el efecto es inconsistente. El contenido de carbohidratos estructurales se incrementa en todos los componentes, excepto en grano.

Estas pérdidas se pueden reducir si se cosecha el grano a la madurez fisiológica de la planta; y se corta o aprovecha inmediatamente el rastrojo. Cuando el grano se cosecha con alto contenido de humedad se debe utilizar inmediatamente, de lo contrario es necesario secarlo para disminuir la humedad hasta 14 o 16%.

Una condición importante para aprovechar el rastrojo cuando su calidad es mayor, sin afectar el rendimiento de grano, consiste en determinar el momento en que la planta alcanza su madurez fisiológica. Los métodos que existen son los siguientes:

a) Días acumulados después de la emergencia o floración. Este método puede resultar erróneo por diferencias en la precocidad de los genotipos.

b) Humedad del grano. La madurez coincide con 25-35% de humedad en el grano, Este método presenta la desventaja de la variación y el costo involucrado para la medición.

c) La línea negra (Black layer). Es una capa oscura que aparece entre la testa y el pericarpio del grano (Daynard y Duncan, 1969). Su aparición depende de muchos factores y coincide con una humedad en el grano de 15 hasta 45%. Se utiliza como un método práctico, efectivo y económico para determinar madurez fisiológica.

Croorston y Afurwa (1983) sugieren que aditivamente al método de Black layer, también se utilice la técnica de la línea de algodón (Milkline) por ellos desarrollada, para estimar con mayor precisión la madurez fisiológica de la planta. La línea Milkline se puede observar, al cortar verticalmente el jilote en dos partes iguales, como una línea divisoria entre la porción sólida y líquida y que queda como vestigio de la disminución del contenido lechoso del grano al madurar.

## **5. Sistemas de utilización del rastrojo**

Los principales criterios a considerar para definir los sistemas de utilización de los subproductos lignocelulósicos en la alimentación animal pueden ser: región del país, especie animal, estado fisiológico del animal, aprovechamiento en pastoreo o confinamiento, tipo de subproducto y objetivo de la utili-

zación del subproducto (sobrevivencia, mantenimiento, producción moderada, máxima utilización del subproducto o máxima producción animal)

De acuerdo a estos criterios, el rastrojo se puede utilizar en la alimentación de rumiantes bajo condiciones de pastoreo o confinamiento. Cuando los animales están a nivel de mantenimiento o en los dos primeros tercios de la gestación el rastrojo se puede utilizar como ingrediente base de la dieta ó como alimento de sobrevivencia en períodos críticos de alimentación. También el rastrojo se puede incluir a niveles no mayores del 30% en dietas a base de grano, donde sirve como amortiguador para controlar problemas metabólicos.

En México, Huerta (1993, datos sin publicar) recopiló información sobre el comportamiento de bovinos y ovinos alimentados con forrajes toscos; resumen de esta información se presenta en los Cuadros 5 y 6. Los bovinos y ovinos alimentados con dietas a base de forrajes toscos requieren, de acuerdo a la información de estos cuadros, 20 y 35 kg de alimento para ganar un kilogramo de peso, respectivamente. Esta cantidad de alimento está constituida por 14 kg de forraje y 6 kg de suplemento en bovinos y 20 kg de forraje y 15 kg de suplemento en ovinos. Estos valores asociados a los períodos de engorda tan amplios, ponen en evidencia que alimentar bovinos y ovinos en crecimiento y engorda con dietas a base de forrajes toscos, resulta económicamente incosteables. Si se utilizara únicamente el suplemento y se eliminara o redujera el forraje en la dieta, se obtendría la misma ganancia de peso o inclusive podrían ser mayores, con la

diferencia que en este caso el período de engorda, los costos por concepto de alimentación y los costos de producción en general se reducirían significativamente.

Por especie animal, los bovinos aprovechan con mayor eficiencia los forrajes toscos en comparación con los ovinos (5.2 vs 2.8%). Diferencias de esta naturaleza, aunque en menor magnitud, se pueden observar también entre razas dentro de especies. Estas diferencias están asociadas con hábitos de consumo y cinética de digestión; esta última relacionada genéticamente con la capacidad volumétrica del retículo-rumen, de acuerdo al peso corporal del animal (Orskov et al., 1988b; Conrad et al., 1964) y determinada por el volumen, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS de los forrajes toscos. Por lo anterior, genéticamente se pueden seleccionar animales que tengan mayor habilidad para digerir y utilizar dietas a base de forrajes toscos, lo cual puede ser de importancia en países donde la disponibilidad de residuos de cosecha representa la principal fuente alimenticia para rumiantes. Si se reduce el volumen del forraje por procesamiento físico o se aumenta la digestibilidad de la MS por tratamientos químicos o prácticas de manejo es posible aumentar el consumo de alimento y ganancia de peso, mejorando la eficiencia de utilización del forraje.

Aprovechar los forrajes toscos en el lugar donde se producen, representa el sistema más económico, siendo el pastoreo la forma más económica y la más común en México y en Estados Unidos, particularmente durante el invierno y en la alimentación de vacas preñadas. La desventaja principal que se tiene en pastoreo

es que únicamente se utiliza del 10 al 30% del material originalmente disponible y que todo el material y el de mayor calidad está disponible al inicio del pastoreo, por lo que el animal tiene la posibilidad de seleccionar los componentes de mayor calidad, ocasionando que después de un tiempo, solamente quede en campo material de pobre valor nutritivo. Revisiones completas sobre estos sistemas fueron realizadas en Estados Unidos por Ward (1971, 1978 y 1980) en vacas en gestación y con novillos en crecimiento por Klopfenstein et al. (1989), Fernández y Klopfenstein (1989ab), Roth (1987), Irlbeck et al. (1991) y en México por Sánchez (1989).

La utilización de los forrajes toscos resulta más eficiente en vacas en los primeros dos tercios de la gestación y en ganado pie de cría que se alimenta a nivel de mantenimiento, aunque también en ellos es necesaria la suplementación de proteína, minerales y vitaminas ( Vetter et al., 1973; Lamm y Ward, 1981). En pastoreo, Ward (1978, 1980) estimó que la mejor carga fue de 3 a 5 UA/ha/mes con ganancia de 0.23 a 0.40 kg/animal/día.

Fernández y Klopfenstein (1989a,b) evaluaron el comportamiento de becerros en crecimiento alimentados con rastrojo en pastoreo con 0.45 kg de suplemento proteico. Observaron que el grado de utilización del rastrojo, depende de la carga animal, tiempo de pastoreo, tipo de rastrojo (temporal vs riego) y suplementación. Con 2.47 UA/ha de carga animal estimaron porcentajes de utilización del 18% para rastrojo de riego y de 47% para rastrojo de temporal. Las ganancias de peso (kg/animal/día) fueron, en los primeros 28 días de pastoreo de 0.43, 0.70

Cuadro 5. Comportamiento de bovinos alimentados con subproductos lignocelulolíticos

Subproducto	Número de reportes	Porcentaje en la dieta (%)	Peso vivo inicial (kg)	Consumo MS (g/PV <sup>.75</sup> )	Consumo MS (kg/d)	Ganancia de peso (g/a/d)	Conversión (Alim/gan)
Paja de trigo	13	77.5	303	88.2	6.4	311	20.6
Paja de arroz	1	72.0	255	119.0	8.1	229	35.2
Olote de maíz	3	71.4	205	87.5	5.2	400	13.1
Tallos de maíz	4	60.6	-	95.1	5.5	205	26.6
Rastrojo de maíz	7	69.7	245	98.1	6.4	584	10.9
Pasta de sorgo	1	60.0	204	112.6	6.9	627	11.0
Promedio		68.5	242	100.1	6.4	393	19.6
Desviación estándar		6.9	40.9	12.9	1.0	179	9.8

Modificado de Huerta (1993, datos sin publicar)

Cuadro 6. Comportamiento de ovinos alimentados con subproductos lignocelulolíticos

Subproducto	Número de reportes	Porcentaje en la dieta (%)	Peso vivo inicial (kg)	Consumo MS (g/PV <sup>75</sup> )	Ganancia de peso (g/d)	Conversión (alim/gan) (g)
Paja avena	7	65.8	22.3	54.6	560.0	17.6 31.9
Olote de maíz	7	65.7	23.6	66.0	706.4	55.2 12.8
Cascarilla arroz	1	50.0	24.0	80.2	870.0	-71.0 -
Rastrojo de maíz	18	70.7	23.7	91.9	987.2	60.5 16.3
Paja de cebada	3	60.7	23.0	45.7	480.0	-3.0 -
Paja de centeno	1	26.0	22.0	75.8	770.0	10.7 71.9
Paja de trigo	11	61.5	28.7	85.9	1069.8	41.1 25.9
Paja de arroz	6	60.6	24.0	153.9	1668.3	88.0 18.9
Promedio		57.6	23.9	81.7	888.3	24.9 35.7
Desviación estándar		14.1	2.1	33.0	372.5	48.8 -

Modificado de Huerta (1993, datos sin publicar)

y 0.79 en condiciones de riego, temporal y temporal con 2.47, 2.47 y 2.54 UA/ha de carga animal. Concluyeron que la proteína es el primer nutrientes limitante en el pastoreo de rastrojo en ganado en crecimiento, de manera tal que el suplemento con altos contenidos de proteína muestra una respuesta positiva al aumentar la utilización de la hoja y brácteas disponible.

Lamm y Ward (1981) estimaron que el grano residual representa el 9.3% del grano producido, del cual el 85% es consumido por el ganado cuando el rastrojo se aprovecha por pastoreo. Klopfenstein et al. (1989) e Irlbeck et al. (1991) observaron que al inicio del pastoreo de rastrojo el animal prefiere el consumo de grano residual y hoja, y le sigue en preferencia la bráctea, mientras que el tallo y olote lo consumen hasta que la disponibilidad de los anteriores se reduce severamente.

Sánchez (1989) observó ganancias diarias de peso, consumos de rastrojo y suplemento (g/día/kgPV<sup>0.75</sup>) y conversión alimenticia de 0.92, 76.3, 51.5 y 10.6, respectivamente, en toretes en engorda en pastoreo de rastrojo de maíz, con 2.2 UA/ha de carga animal. Estimó 38.3% de material desaparecido durante el período experimental.

A pesar de que el pastoreo es la forma más económica de aprovechar el rastrojo, bajo ciertas situaciones es mejor cortarlo, molerlo y almacenarlo para utilizarlo cuando la disponibilidad de otros forrajes es baja.

Revisiones completas sobre diversos sistemas de utilización de paja de cereales en Europa fueron descritos por Orskov y colaboradores (1988a,b).

Orskov et al. (1988a), observaron ganancias de peso de 116, 299 y 273 g/animal/día y consumos de 3.5, 4.8 y 4.6 kg/animal/día en cebada de invierno y primavera y trigo de invierno, respectivamente. La concentración de energía metabolizable en la paja tuvo una correlación de  $r=.74$  con consumo y de  $0.67$  con tasa de crecimiento, mientras que la digestibilidad potencial in situ y la digestibilidad in vivo tuvieron una correlación con consumo de MS de  $0.81$  y  $0.71$ , respectivamente. La degradación in situ a 48 h tuvo una correlación de  $r=0.91$  con consumo.

Reid et al. (1988) evaluaron el comportamiento de novillos de 360 kg PV alimentados con paja de cebada más 1.5 kg de concentrado. Los novillos alimentados con paja de cebada cultivada en primavera tuvieron más consumo de MS (5.40 vs 4.70 kg) y ganancia diaria de peso (.60 vs .35 kg) que los animales alimentados con paja de cebada de la misma variedad cultivada en invierno. Entre variedades las diferencias fueron inconsistentes. Reportaron correlaciones ( $P<.01$ ) de la FDN, FDA, lignina y digestibilidad de MS in vitro de  $-0.79$ ,  $-0.86$ ,  $-0.75$  y  $0.89\%$  con consumo de MS y de  $-0.31$ ,  $-0.45$ ,  $-0.69$  y  $.90\%$  con la digestibilidad in vivo de la MS.

Guyer et al. (1983) alimentaron becerros de 235 kg de PV con rastrojo proveniente de maíz cultivado en temporal o en condiciones de riego. La ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia fueron de  $0.638$ ,  $5.94$  y de  $9.85$  kg de alimento por kg de ganancia con rastrojo de temporal y de  $0.522$ ,  $5.36$  y de  $11.21$  kg, con rastrojo de riego, respectivamente.

### III. HIPOTESIS

Los rendimientos de grano y rastrojo y calidad del rastrojo serán afectados por el genotipo de maíz y días a la floración de éstos, lugar donde se cultiva, nivel de humedad del suelo y fecha de cosecha después de la madurez fisiológica de la planta. La influencia de estos factores será diferente entre genotipos y entre los componentes aéreos de la planta.

En el experimento 1 los maíces de ciclo precoz producirán mayor rendimiento de grano, y rastrojo de mayor digestibilidad. En cambio, los maíces de ciclo tardío producirán mayor rendimiento de rastrojo pero de menor calidad. Los maíces criollos producirán rastrojo con menor contenido de fibra detergente neutro y mayor digestibilidad que las variedades mejoradas.

En el experimento 2 los rendimientos de grano y rastrojo serán mayores en la comunidad donde la cantidad y distribución de la precipitación sean más adecuados a las necesidades de la planta. De acuerdo a registros de años anteriores se espera que esta comunidad sea San Pedro. La digestibilidad de la materia seca del rastrojo será mayor en la comunidad de San Juan.

En el experimento 3 los rendimientos de grano y rastrojo y contenidos de fibra detergente neutro del rastrojo serán mayores con el nivel más alto de humedad del suelo. La digestibilidad del rastrojo será mayor con el nivel más bajo de humedad del suelo.

En el experimento 4 los rendimientos de grano y rastrojo y digestibilidad del rastrojo disminuirán al aumentar el intervalo entre la madurez fisiológica y fecha de cosecha. En este caso el contenido de fibra detergente neutro aumentará.

### *III. EXPERIMENTOS*

*EXPERIMENTO 1*

*RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAICES  
DE DIFERENTE GENOTIPO*

RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAICES  
DE DIFERENTE GENOTIPO

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia del genotipo sobre el rendimiento en base seca (RMS), proporción relativa (PR), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad in vitro de la MS (DIGMS) del tallo, hoja, bráctea, olote, grano y rastrojo se cultivaron en Michoacán, bajo condiciones de riego, 25 genotipos de maíz, 10 fueron criollos de colectas viejas, 7 criollos de colectas nuevas y el resto, variedades mejoradas. Los datos se analizaron mediante un diseño en bloques al azar y las medias de los genotipos agrupados por origen y días a la floración se compararon por contrastes ortogonales. Los rendimientos de tallo, hoja, bráctea y rastrojo variaron por genotipos y fueron mayores ( $P < .05$ ) en los maíces criollos y en los de ciclo tardío y menores ( $P < .05$ ) en las variedades mejoradas y en las de ciclo precoz. Las PR de tallo, hoja, olote, grano y rastrojo fueron menores ( $P < .05$ ) en las colectas nuevas. Por días a la floración, las PR de hoja y bráctea fueron mayores ( $P < .05$ ) en los maíces precoces, mientras que la PR de tallo fue mayor en los tardíos. Los contenidos de FDN de hoja, tallo y rastrojo variaron ( $P < .05$ ) entre genotipos. Por origen, las brácteas de los criollos de colectas nuevas y el olote de colectas viejas fueron los componentes con mayores contenidos de FDN. Por días a la floración no se observaron ( $P > .05$ ) diferencias de FDN entre genotipos. Las DIGMS de tallo, bráctea y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en 12, 15 y 4% en los criollos de colectas nuevas que en las variedades mejoradas. Por días a la floración, las más altas ( $P < .05$ ) DIGMS se encontraron en los maíces intermedios. Los anteriores resultados sugieren la posibilidad de cultivar maíces que produzcan mayor rendimiento de grano y rastrojo de mejor calidad.

## 1. INTRODUCCION

Los valores reportados en literatura sobre composición química y valor nutritivo del rastrojo de maíz, varían en forma significativa. Estas variaciones pueden ser debidas a diferencias asociadas a factores genéticos o ambientales. Las diferencias en rendimiento y calidad del rastrojo debidas al factor genético, están asociadas principalmente al origen del maíz (criollo o variedades mejoradas), rendimiento de grano, características estructurales de la planta, precocidad y prolificidad, así como a diferencias en las proporciones y grado de lignificación de los componentes aéreos del rastrojo.

La variación debida a genotipos puede representar una alternativa para mejorar la calidad del rastrojo; sin embargo, para que resulte positiva debe seleccionarse material que, además de producir rastrojo de buena calidad, produzca altos rendimientos de grano. Para lograrlo, es necesario cuantificar la magnitud de dicha variación y la correlación que existe entre la calidad del rastrojo, con el rendimiento de grano y con otras características que puedan o no ser deseables en el cultivo de maíz.

Los objetivos específicos del presente experimento fueron determinar la variación entre genotipos de maíz y la influencia del origen y días a la floración de los genotipos sobre el rendimiento y la calidad del rastrojo.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Localización

La fase de campo se realizó en el área de riego del ejido Pungarabato, en Ciudad Altamirano, Guerrero. El clima de la región, de acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García (1981), corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación y temperatura media anual de 750 mm y 27.5 °C, respectivamente. Ciudad Altamirano se encuentra localizada entre las coordenadas 18° 20'30'' latitud Norte y 100° 39' 18'' longitud Oeste, con una altitud de 226 msnm. La zona de estudio se caracteriza por tener suelos profundos, planos, del tipo cambisol cálcico.

### 2.2. Tratamientos

Se evaluaron 25 genotipos de maíz de diferente lugar de procedencia (origen), diez y siete criollos (diez de colectas viejas y siete de colectas nuevas) y los ocho restantes fueron variedades mejoradas (Cuadro 7). Como tratamiento se consideró a cada uno de los genotipos estudiados.

Los criollos de colectas viejas fueron los maíces 1789, 1791, 1793, 1796, 1801 y 1803, procedentes de la región de Ciudad Altamirano-Tlapeguala, Guerrero y las colecciones 1829, 1830, 1833 y 1853 de la región de Huetamo, Michoacán. Los criollos de colectas nuevas fueron los materiales 3103, 3104, 3105, 3106, 3107, 3108 y 3109 de la región de Ciudad Altamirano.

Las variedades mejoradas fueron las sintéticas CP-560, CP-561 y CP-562 liberadas por el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados para el área temporalera de la costa de Veracruz y la V-424, V-425, V-455 y V-529 y H-507 liberadas por el INIFAP para el trópico seco.

### **2.3. Diseño experimental**

Los genotipos de maíz se distribuyeron aleatoriamente en un diseño en bloques completamente al azar, con dos repeticiones por tratamiento. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 2 surcos de 5 m de largo y una separación entre surcos de 0.8 m.

### **2.4. Prácticas culturales**

#### a) Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en barbecho, dos pasos de rastra cruzada y surcado para siembra.

#### b) Siembra

La siembra se realizó a "tapa pie" el 29 de diciembre de 1990 a una densidad de 55,000 plantas por hectárea. Se tuvieron dos plantas por mata, con una separación entre matas de 0.45 m.

#### c) Fertilización

Se fertilizó según la fórmula 120-60-00, la cual se distribuyó en partes iguales en tres aplicaciones: a la siembra, al aporque y al inicio de la floración.

Cuadro 7. Lugar de procedencia (origen) y días a la floración (ciclo) de los genotipos de maíz.

Lugar de procedencia	Ciclo		
	Precoz	Intermedio	Tardío
Días a la floración	71 a 78	79 a 82	83 a 88
Criollo			
Colectas viejas			
Altamirano		Col-1789	
(Guerrero)		Col-1791	
		Col-1793	
		Col-1796	
		Col-1801	
		Col-1803	
Huetamo			
(Michoacán)		Col-1829	Col-1823
		Col-1830	
		Col-1853	
Colectas nuevas			
Altamirano		Col-3103	Col-3104
(Guerrero)		Col-3108	Col-3105
		Col-3109	Col-3106
			Col-3107
Variedades mejoradas			
CP <sup>1</sup>		CP-560	
		CP-561	
		CP-562	
INIFAP <sup>2</sup>	V-424		
	V-425		
	V-455		
	V-529		
			H-507

<sup>1</sup> Seleccionadas para el temporal de la costa de Veracruz.

<sup>2</sup> Seleccionadas para regiones del trópico seco.

#### d) Control de malezas y plagas

Las malezas se controlaron con labores de cultivo a base de escardas y con aplicación de herbicidas selectivos. Las plagas se controlaron con aplicación de insecticidas.

#### e) Riego

Durante todo el ciclo vegetativo se dieron nueve riegos a intervalos variables, durante la etapa de floración femenina y hasta la madurez fisiológica los riegos se aplicaron a intervalos de ocho días.

#### f) Cosecha

Las cosechas de grano y rastrojo se realizaron el mismo día para todos los genotipos, cuando el contenido de humedad en el grano de todos ellos fue menor de 18%.

### 2.5. Obtención y procesamiento de las muestras de campo

De cada unidad experimental se tomaron 6 plantas completas y contiguas, tres de un surco y tres de otro. Posteriormente se procedió a separar, pesar y colocar en bolsas de polietileno con su respectiva identificación los siguientes componentes aéreos de la planta: hojas inferiores, hojas superiores, tallos inferiores, tallos superiores, brácteas, espigas, olotes y granos. Para hojas y tallos inferiores o superiores se tomo como referencia el punto de inserción del primer jilote.

### 2.6. Determinaciones en laboratorio

En laboratorio, a las muestras de campo de cada componente aéreo, se les determinó contenido de materia seca (MS) mediante

secado en estufa a aire forzado a 55 °C durante 72 horas (Harris, 1970). Posteriormente, se estimaron los rendimientos y proporciones de cada componente aéreo de las plantas por repetición y tratamiento.

Después se procedió a moler las muestras por componente usando molino con criba de 1 mm de diámetro. Hecho lo anterior, se procedió a determinar por triplicado fibra detergente neutro (FDN) (Goering y Van Soest, 1970) y la primera fase de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIGMS) por la técnica propuesta por Tilley y Terry (1963) modificada por Barnes (1969).

## **2.7. Variables de respuesta**

Las variables de respuesta evaluadas en el experimento fueron: Rendimiento en base seca (kg MS/ha) y proporción relativa (g/kg MS) de hoja inferior, hoja superior, hoja, tallo inferior, tallo superior, tallo, bráctea, espiga, rastrojo, grano y olote. Además, contenido de fibra detergente neutro (FDN, g/kg MS) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIGMS, g MS degradable/kg de MS) de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo. Los valores de hoja corresponden al promedio ponderado de hoja inferior y superior, de tallo al promedio ponderado de tallo inferior y superior y de rastrojo al promedio ponderado de hoja, tallo y bráctea.

## **2.8. Análisis estadístico**

Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1982) de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + V_j + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Cada una de las variables de respuesta.

$\mu$  = Media común a todas las observaciones.

$\beta_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.  
( $i = 1, 2$ )

$V_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo genotipo.  
( $j = 1, 2, 3, \dots, 24, 25$ )

$E_{ij}$  = Error experimental,  $\approx (0, \sigma^2)$ .

Las medias de genotipos se compararon por el procedimiento de Tukey. Para comparar genotipos por origen y días a la floración, se realizaron los contrastes que se indican a continuación (Steel y Torrie, 1985):

Número de contraste	Grupos	
	Origen	Ciclo
1	Cr vs Cn	
2	Cr vs Vm	
3	Cn vs Vm	
4		T vs I
5		T vs P
6		I vs P

Cr = Criollos colectas viejas  
 Cn = Criollos colectas nuevas  
 Vm = Variedades mejoradas  
 P = Precoz  
 I = Intermedio  
 T = Tardío

También se estimaron los coeficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca con altura de la planta, días a la floración, fibra detergente neutro y digestibilidad in vitro de la MS de cada componente aéreo de la planta de maíz.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Rendimiento en base seca

El análisis de varianza para rendimiento mostró diferencias ( $P < .05$ ) entre genotipos para todos los componentes aéreos de la planta, con excepción de las hojas superiores y brácteas. Los rendimientos promedios de tallo, hoja, bráctea, olote, rastrojo y grano fueron de 2544, 2700, 1209, 1113, 6450 y 5553 kg MS/ha, respectivamente (Cuadros 8 y 9). Los mayores rendimientos de tallo, hoja y rastrojo se observaron en el maíz C-3104, y de bráctea, olote y grano en el maíz C-3108, ambos maíces fueron criollos de colectas nuevas. Los menores rendimientos de tallo, hoja, bráctea y rastrojo fueron en el maíz V-424, de olote en el maíz C-1853 y de grano en el maíz C-3106.

El rendimiento de grano está asociado a los fotosintatos procedentes de la fotosíntesis y de la traslocación del tallo y hojas durante la madurez (Campbell, 1964). Por lo anterior, se esperaría que en genotipos con alto rendimiento de grano, los rendimientos de hoja, tallo y rastrojo fueran menores. Aunque pueden existir, como se observó en este experimento, genotipos como el C-3108, que se caracterizan por producir rendimientos aceptables de grano y de rastrojo.

Roth (1987) observó diferencias entre genotipos en rendimientos de grano y bráctea, pero no para tallo u olote. En trabajos realizados en Chapingo con diferentes genotipos de maíz, Cabrales y Castellanos (1990) y Flores (1990) encontraron una

marcada relación entre la arquitectura del genotipo con el rendimiento de rastrojo. Los genotipos con hoja normal produjeron mayores cantidades de hoja y bráctea y menor cantidad de tallo que los maíces con hoja tipo mock y erecta. También observaron una influencia consistente de la forma de la espiga en los rendimientos de hoja, bráctea y olote.

No se observaron ( $P > .05$ ) diferencias en rendimiento entre los maíces criollos de colectas viejas vs nuevas, pero sí ( $P < .05$ ) entre éstos y las variedades mejoradas, con excepción de la hoja superior, espiga y grano, observando los menores ( $P < .05$ ) rendimientos en las variedades mejoradas (Cuadro 10).

Se debe considerar que cuando se comparan genotipos criollos vs variedades mejoradas se está, indirectamente, favoreciendo a los criollos, porque éstos fueron seleccionados a través del tiempo para cultivarse en ambientes adversos, por tanto, estos maíces deberían expresar su actitud genética para producción de grano y forraje, mientras que, las variedades mejoradas, al cultivarse en un lugar diferente para el que fueron seleccionadas y por limitaciones ambientales, no serán capaces de expresar el potencial genético que poseen para producción de grano y forraje. Lo anterior ayuda a explicar porque el rendimiento de forraje fue mayor en los maíces criollos, mientras que el rendimiento de grano fue similar entre los diferentes genotipos.

Los mayores ( $P < .05$ ) rendimientos se observaron en los maíces de ciclo tardío y los menores ( $P < .05$ ) en los maíces precoces, con excepción de grano y olote (Cuadro 11). Los rendimien-

Cuadro 8. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Tallo inferior	Tallo superior	Tallo Hoja inferior	Hoja superior	Hoja	Bráctea	Espiga	Rastrojo	Grano	Olote	
Kg MS/ha											
C-1789	2245.8	582.1	2827.9	2016.7	870.8	2887.5	1324.6	220.0	7040.0	6847.5	983.1
C-1791	1801.2	462.9	2264.2	1787.5	834.2	2621.7	1067.9	206.3	5953.8	6352.5	1038.1
C-1793	2452.1	756.2	3208.3	1727.9	829.6	2557.5	1416.2	449.2	7182.1	5211.3	1072.5
C-1796	2585.0	664.6	3249.6	2154.2	843.3	2997.5	1737.1	293.3	7984.2	5878.1	1120.6
C-1801	2525.4	490.4	3015.8	2369.6	825.0	3194.6	1182.5	160.4	7392.9	6050.0	1168.7
C-1803	2750.0	710.4	3460.4	2062.5	990.0	3052.5	1471.2	284.2	7984.2	5795.6	1320.0
C-1823	2282.5	682.9	2965.4	1847.1	811.2	2658.7	1237.5	279.6	6861.3	5541.3	1024.4
C-1829	1686.7	476.7	2163.3	1925.0	637.1	2562.1	962.5	183.3	5687.9	4798.8	831.9
C-1830	2456.7	568.3	3025.0	1947.9	829.6	2777.5	1113.7	233.7	6916.3	4998.1	976.2
C-1853	1970.8	517.9	2488.8	1824.2	792.9	2617.1	1200.8	201.7	6306.7	4853.8	653.1
C-3103	2488.8	490.4	2979.2	2227.5	802.1	3029.6	1347.5	178.7	7356.3	5616.9	1203.1
C-3104	2951.7	898.3	3850.0	2255.0	1191.7	3446.7	1498.7	320.8	8795.4	5417.5	1168.7
C-3105	2305.4	568.3	2873.8	1847.1	811.2	2658.3	1219.2	252.0	6751.3	5005.0	831.9
C-3106	2122.1	453.8	2575.8	1792.1	728.7	2520.8	1118.3	247.5	6215.0	3698.8	749.4
C-3107	2287.1	563.7	2850.8	2044.2	921.2	2965.4	1452.9	160.4	7269.2	6730.6	1189.4
C-3108	2754.6	623.3	3377.9	2296.3	1132.1	3428.3	1796.7	293.3	8602.9	7404.4	1725.6
C-3109	1993.7	513.3	2507.1	1892.9	825.0	2717.9	1232.9	151.3	6457.9	5403.8	1017.5
CP-560	1127.5	421.7	1549.2	1540.0	857.1	2397.1	939.6	197.1	4885.8	5417.5	1210.0
CP-561	1269.6	371.3	1640.8	1659.2	783.7	2442.9	806.7	183.3	4890.4	5506.9	1216.9
CP-562	1874.6	458.3	2332.9	1870.0	829.6	2699.6	935.0	132.9	5967.5	6551.9	1663.7
V -424	655.4	316.3	971.7	916.7	815.8	1732.5	797.5	165.0	3501.7	4427.5	962.5
V -425	1026.7	398.8	1425.4	1352.1	737.9	2090.0	1109.2	192.5	4624.6	5176.9	1175.6
V -455	1026.7	371.3	1397.7	1352.1	696.7	2048.8	838.7	151.3	4285.4	4956.9	1313.1
V -529	1187.1	421.7	1608.7	1498.7	893.7	2392.5	1035.8	229.2	5037.1	6139.4	1072.5
H -507	2530.0	462.9	2992.9	2131.3	829.6	2960.8	1265.0	201.7	7218.8	5087.5	1134.4
Media	2014.1	529.9	2544.4	1853.4	844.7	2699.9	1208.8	222.7	6449.5	5553.1	1112.9
C.V. <sup>1</sup>	20.7	22.1	18.4	14.8	18.6	13.7	20.7	31.8	15.1	12.2	17.1

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

Nota: La prueba de comparación de medias se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de los rendimientos en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Tallo inferior	Tallo superior	Tallo	Hoja inferior	Hoja superior	Hoja	Bráctea	Espiga	Rastrojo	Grano	Olote
C-1789	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	ab	ab
C-1791	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
C-1793	abc	ab	abc	ba	a	ab	a	a	abcd	abc	ab
C-1796	abcd	ab	abc	a	a	ab	a	ab	abc	abc	ab
C-1801	abcd	ab	abc	a	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
C-1803	ab	ab	ab	a	a	ab	a	ab	abc	abc	ab
C-1823	abcd	ab	abc	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
C-1829	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	b
C-1830	abc	ab	abc	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
C-1853	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	b
C-3103	abc	ab	abc	a	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
C-3104	a	a	a	a	a	a	a	ab	a	abc	ab
C-3105	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	b
C-3106	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	c	b
C-3107	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	ab	ab
C-3108	ab	a	ab	a	a	a	a	ab	ab	a	a
C-3109	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	b	abcd	abc	ab
CP-560	bcd	ab	bcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
CP-561	abcd	b	bcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
CP-562	abcd	ab	abcd	ba	a	ab	a	b	abcd	ab	a
V -424	c	b	d	b	a	b	a	ab	d	bc	ab
V -425	cd	b	cd	ba	a	ab	a	ab	bcd	abc	ab
V -455	cd	b	cd	ba	a	ab	a	b	cd	abc	ab
V -529	bcd	ab	bcd	ba	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab
H -507	abc	ab	abc	a	a	ab	a	ab	abcd	abc	ab

abcd Genotipos dentro de columnas con distinta letra son diferentes ( $P < .05$ ).

Cuadro 10. Rendimiento en base seca de los componentes de la planta de

25 genotipos de maíz por grupos de origen.

Componente	Origen			E. E. M. <sup>1</sup>
	Colectas	Colectas	Variedades	
	viejas (Cr)	nuevas (Cn)	mejoradas (Vm)	
n =	10	7	8	
-----kg MS/ha -----				
Tallo inferior	2414.76 <sup>c</sup>	2275.63 <sup>b</sup>	1337.19 <sup>a</sup>	295.66
Tallo superior	587.32 <sup>b</sup>	591.25 <sup>a</sup>	402.76 <sup>a</sup>	82.55
Tallo	3002.08 <sup>c</sup>	2866.87 <sup>b</sup>	1739.95 <sup>a</sup>	330.86
Hoja inferior	2050.71 <sup>b</sup>	1966.25 <sup>a</sup>	1540.00 <sup>a</sup>	194.48
Hoja superior	916.01 <sup>a</sup>	826.37 <sup>a</sup>	805.52 <sup>a</sup>	111.58
Hoja	2966.73 <sup>b</sup>	2792.63 <sup>a</sup>	2345.52 <sup>a</sup>	262.12
Bráctea	1380.89 <sup>b</sup>	1271.42 <sup>a</sup>	965.93 <sup>a</sup>	177.02
Espiga	229.16 <sup>a</sup>	251.16 <sup>a</sup>	181.61 <sup>a</sup>	50.20
Rastrojo	7349.70 <sup>b</sup>	6930.92 <sup>a</sup>	5051.41 <sup>a</sup>	688.18
Grano	5610.98 <sup>b</sup>	5632.69 <sup>a</sup>	5408.05 <sup>b</sup>	477.08
Olote	1126.52 <sup>b</sup>	1018.87 <sup>a</sup>	1218.59 <sup>b</sup>	134.09

abc Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

n = Número de genotipos involucrados

Cuadro 11. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz según días a la floración (ciclo).

Componente	Ciclo			E. S. M. <sup>1</sup>
	Precoz	Intermedio	Tardío	
	(P)	(I)	(T)	
	n = 4	15	6	
	----- kg MS/ha -----			
Tallo inferior	956.38 <sup>a</sup>	2063.07 <sup>a</sup>	2413.25 <sup>b</sup>	295.66
Tallo superior	378.89 <sup>a</sup>	529.94 <sup>a</sup>	605.00 <sup>b</sup>	82.55
Tallo	1335.28 <sup>a</sup>	2593.02 <sup>a</sup>	3018.25 <sup>b</sup>	330.86
Hoja inferior	1255.83 <sup>a</sup>	1915.83 <sup>a</sup>	1986.11 <sup>b</sup>	194.49
Hoja superior	815.83 <sup>a</sup>	836.17 <sup>a</sup>	882.29 <sup>a</sup>	111.58
Hoja	2071.67 <sup>a</sup>	2752.01 <sup>a</sup>	2868.40 <sup>b</sup>	262.12
Bráctea	980.83 <sup>a</sup>	1210.86 <sup>a</sup>	1298.61 <sup>b</sup>	177.02
Espiga	195.55 <sup>a</sup>	220.00 <sup>a</sup>	243.68 <sup>a</sup>	50.12
Rastrojo	4387.98 <sup>a</sup>	6555.89 <sup>a</sup>	7185.14 <sup>b</sup>	688.18
Grano	5247.92 <sup>a</sup>	5727.73 <sup>a</sup>	5246.77 <sup>a</sup>	477.08
Olote	1070.21 <sup>b</sup>	1157.15 <sup>b</sup>	1016.35 <sup>a</sup>	134.09

<sup>ab</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

n = Número de genotipos involucrados

tos de hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron 38, 125, 32 y 50% mayores en los maíces de ciclo tardío vs ciclo precoz, respectivamente (Cuadro 11). Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Alessi y Power (1974), Fairey (1982) y Silva y Hallaver (1984) en el sentido de que el rendimiento de forraje es mayor en maíces de ciclo tardío y menor en maíces de ciclo precoz. Sin embargo, difieren en lo relacionado al rendimiento de grano, ya que en este trabajo el mayor rendimiento de grano se observó también en los maíces tardíos mientras que ellos observaron el mayor rendimiento de grano en los maíces precoces.

### 3.2. Proporción relativa

La proporción relativa fue diferente ( $P < .05$ ) entre genotipos con excepción de bráctea, espiga y olote y estuvo influida ( $P < .05$ ) por el origen y días a la floración de los genotipos. En promedio, el tallo, hoja y bráctea representaron el 38, 43 y 19% del rendimiento de rastrojo, respectivamente. Del rendimiento aéreo total, el rastrojo representó el 48%, el grano el 42% y la espiga y olote el 10% restante (Cuadros 12 y 13). La mayor proporción de rastrojo y menor de grano se observaron en el maíz C-3106, mientras que la menor proporción de rastrojo y mayor de grano fueron en el maíz V-424.

Las proporciones promedios de hoja y bráctea fueron mayores, la de tallo menor y las de rastrojo y grano similares a las proporciones reportadas por Leask y Daynard (1973), Vetter (1973), Petrits et al (1975), Klopfenstein y Owen (1981), Russell (1986) y Roth (1987).

No se observaron diferencias ( $P > .05$ ) en las proporciones relativas de los componentes entre los maíces criollos de colectas viejas vs colectas nuevas. Las proporciones de tallo y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) y las de hoja, grano y olote menores ( $P < .05$ ) en los genotipos criollos vs variedades mejoradas (Cuadro 14).

Como componentes del rastrojo o del rendimiento aéreo total las mayores proporciones de hoja, bráctea, grano y olote fueron en los maíces de ciclo precoz y de tallo y rastrojo en maíces de ciclo tardío (Cuadro 15). Lo anterior puede estar asociado al mayor rendimiento de tallo y mayor altura de las plantas de los maíces tardíos.

### 3.3. Fibra detergente neutro

Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) de brácteas y olote fueron similares ( $P > .05$ ); mientras que de hoja, tallo y rastrojo fueron diferentes ( $P < .05$ ) entre genotipos. Los contenidos promedios de FDN de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo fueron de 658, 723, 790, 858 y 708 g/kg MS, respectivamente (Cuadro 16). Estos promedios son mayores que los contenidos de FDN reportados por Vetter (1973) y similares al contenido promedio de FDN de rastrojo de los 17 estudios revisados por Fernández (1987).

Los mayores contenidos de FDN de hoja, tallo y rastrojo fueron en el maíz C-3107, de bráctea en el CP-562 y de olote en el C-1829. Mientras que los menores contenidos de FDN de hoja y

Cuadro 12. Proporción de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Tallo <sup>1</sup>	Tallo <sup>1</sup>	Hoja <sup>2</sup>	Hoja <sup>2</sup>	Tallo <sup>3</sup>	Hoja <sup>3</sup>	Bráctea <sup>3</sup>	Rastrojo <sup>4</sup>	Espiga <sup>4</sup>	Grano <sup>4</sup>	Olote <sup>4</sup>
	inferior	superior	inferior	superior	g/kg MS						
C-1789	794.1	205.9	698.1	301.9	399.8	410.5	189.7	465.9	14.7	454.2	65.2
C-1791	794.5	205.4	681.2	318.8	379.9	440.4	179.7	439.5	15.2	468.4	76.8
C-1793	764.3	235.7	676.3	323.7	445.5	359.1	195.4	517.4	32.0	373.8	76.7
C-1796	795.5	204.5	719.6	280.4	406.5	376.1	217.4	522.8	19.2	384.7	73.2
C-1801	819.4	180.6	734.2	265.8	398.9	442.2	158.8	493.6	11.4	414.2	80.7
C-1803	794.0	206.0	676.8	323.2	432.8	385.7	181.4	516.1	18.3	379.1	86.5
C-1823	769.1	230.9	693.9	306.0	432.1	387.4	180.5	500.8	20.4	404.3	74.5
C-1829	779.7	220.3	752.1	247.9	380.9	450.8	168.2	494.4	15.9	417.2	72.4
C-1830	812.3	187.7	701.0	299.0	438.6	401.6	159.8	526.6	17.8	381.2	74.4
C-1853	785.9	214.1	696.7	303.3	393.1	416.5	190.4	524.1	16.7	404.5	54.7
C-3103	837.2	162.8	732.5	267.5	404.3	411.5	184.2	513.1	12.7	390.4	83.8
C-3104	766.6	233.4	654.4	345.6	437.7	391.8	170.4	560.2	20.4	344.9	74.4
C-3105	806.5	193.5	696.4	303.6	425.0	393.7	181.2	532.7	19.8	383.5	64.0
C-3106	824.1	175.9	711.6	288.4	414.4	405.6	179.9	570.4	22.6	338.1	68.9
C-3107	802.3	197.7	690.1	309.9	391.7	409.2	199.0	474.3	10.4	438.1	77.1
C-3108	815.3	184.6	668.9	331.1	394.1	398.5	207.4	476.8	16.2	411.5	95.6
C-3109	794.0	205.9	703.3	296.7	387.4	420.7	191.89	488.1	11.3	420.9	79.7
CP-560	725.6	274.4	645.9	354.0	316.5	492.3	191.2	418.3	16.8	461.8	103.0
CP-561	775.6	224.4	677.7	322.3	337.7	496.8	165.5	414.2	15.4	467.2	103.2
CP-562	802.6	197.4	693.7	306.3	391.3	452.1	156.6	416.8	9.4	457.5	116.4
V -424	673.8	326.2	526.8	473.1	276.2	495.1	228.7	381.5	21.7	489.7	111.1
V -425	722.6	277.4	652.7	347.3	306.2	450.8	243.0	412.8	17.3	464.2	105.7
V -455	738.2	261.8	658.2	341.8	324.2	478.5	197.3	403.4	14.8	460.9	120.7
V -529	731.9	268.2	624.2	375.9	316.9	476.9	206.1	403.3	18.3	492.3	85.9
H -507	844.6	155.4	720.1	279.9	414.2	410.4	175.4	529.1	14.9	373.1	82.9
Media	783.4	217.2	683.9	315.8	386.1	426.6	187.9	479.9	16.8	418.8	84.4
C.V. <sup>5</sup>	4.8	17.5	5.6	12.1	6.2	6.3	11.9	9.1	29.3	8.1	17.8

- 1 Como componente del tallo
- 2 Como componente de la hoja
- 3 Como componente del rastrojo
- 4 Como componente del rastrojo+olote+grano+espiga
- 5 Coeficiente de variación

Nota: La prueba de comparación de medias se presenta en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Prueba de comparación de medias para la proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Ti <sup>1</sup>	Ts <sup>1</sup>	Hi <sup>2</sup>	Hs <sup>2</sup>	Tallo <sup>3</sup>	Hoja <sup>3</sup>	Bráctea <sup>3</sup>	Rastrojo <sup>4</sup>	Espiga <sup>4</sup>	Grano <sup>4</sup>	olote <sup>4</sup>
C-1789	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1791	ab	ab	ab	ab	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1793	ab	ab	ab	ab	a	d	a	ab	a	ab	ab
C-1796	ab	ab	a	b	abc	cd	a	ab	ab	ab	ab
C-1801	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	b	ab	ab
C-1803	ab	ab	ab	ab	ab	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1823	ab	ab	a	b	ab	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1829	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1830	ab	ab	a	b	a	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-1853	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	b
C-3103	a	b	a	b	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-3104	ab	ab	ab	ab	a	abcd	a	ab	ab	b	ab
C-3105	ab	ab	a	b	abc	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-3106	ab	ab	a	b	ab	abcd	a	a	ab	b	ab
C-3107	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	b	ab	ab
C-3108	ab	ab	ab	ab	abcd	abcd	a	ab	ab	ab	ab
C-3109	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	b	ab	ab
CP-560	ab	ab	ab	ab	cde	ab	a	ab	ab	ab	ab
CP-561	ab	ab	ab	ab	abcd	a	a	ab	ab	ab	ab
CP-562	ab	ab	a	b	abcd	abcd	a	ab	b	ab	a
V -424	b	a	b	a	be	ab	a	b	ab	a	ab
V -425	ab	ab	ab	ab	be	abcd	a	ab	ab	ab	ab
V -455	ab	ab	ab	ab	cde	abc	a	ab	ab	ab	a
V -529	ab	ab	ab	ab	cde	abc	a	ab	ab	a	ab
H -507	a	b	a	b	abc	abcd	a	ab	ab	ab	ab

abcde Genotipos dentro de columnas con distinta letra son diferentes (P<.05).

1 Como componente del tallo

2 Como componente de la hoja

3 Como componente del rastrojo

4 Como componente del rastrojo+olote+grano+espiga

Cuadro 14. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de  
25 genotipos de maíz por grupos de origen.

Componente	Origen			E. B. M. <sup>5</sup>
	Colectas viejas (Cr) n = 10	Colectas nuevas (Cn) 7	Variedades mejoradas (Vm) 8	
	----- g/kg MS -----			
Tallo inferior <sup>1</sup>	790.87 <sup>a</sup>	806.59 <sup>a</sup>	751.85 <sup>b</sup>	26.92
Tallo superior <sup>1</sup>	209.13 <sup>b</sup>	193.40 <sup>b</sup>	248.14 <sup>a</sup>	26.92
Hoja inferior <sup>2</sup>	703.00 <sup>a</sup>	693.89 <sup>a</sup>	649.93 <sup>b</sup>	26.88
Hoja superior <sup>2</sup>	296.99 <sup>b</sup>	306.11 <sup>b</sup>	350.06 <sup>a</sup>	26.88
Tallo <sup>3</sup>	410.81 <sup>a</sup>	407.80 <sup>a</sup>	335.39 <sup>b</sup>	17.00
Hoja <sup>3</sup>	407.03 <sup>b</sup>	404.46 <sup>b</sup>	469.11 <sup>a</sup>	19.09
Bráctea <sup>3</sup>	182.15 <sup>a</sup>	187.73 <sup>a</sup>	195.49 <sup>a</sup>	15.83
Rastrojo <sup>4</sup>	500.14 <sup>b</sup>	516.50 <sup>a</sup>	422.41 <sup>b</sup>	30.85
Espiga <sup>4</sup>	18.17 <sup>a</sup>	16.20 <sup>a</sup>	15.59 <sup>a</sup>	3.48
Grano <sup>4</sup>	408.15 <sup>b</sup>	389.63 <sup>b</sup>	458.35 <sup>a</sup>	24.11
Olote <sup>4</sup>	73.53 <sup>b</sup>	77.67 <sup>b</sup>	103.63 <sup>a</sup>	10.62

<sup>ab</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Como componente del tallo

<sup>2</sup> Como componente de la hoja

<sup>3</sup> Como componente del rastrojo

<sup>4</sup> Como componente del rastrojo + olote + grano + espiga

<sup>5</sup> Error estándar de la media

Cuadro 15. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de

25 genotipos de maíz según días a la floración (ciclo)

Componente	Ciclo			E. S. M. <sup>5</sup>
	Precoz	Intermedio	Tardío	
	(P)	(I)	(T)	
	n = 4	15	6	
	----- g/kg MS -----			
Tallo inferior <sup>1</sup>	709.42 <sup>b</sup>	789.25 <sup>a</sup>	802.21 <sup>a</sup>	26.92
Tallo superior <sup>1</sup>	290.57 <sup>a</sup>	210.74 <sup>b</sup>	197.79 <sup>b</sup>	26.92
Hoja inferior <sup>2</sup>	601.25 <sup>b</sup>	694.77 <sup>a</sup>	694.43 <sup>a</sup>	26.88
Hoja superior <sup>2</sup>	398.75 <sup>a</sup>	305.22 <sup>b</sup>	305.57 <sup>b</sup>	26.88
Tallo <sup>3</sup>	299.75 <sup>c</sup>	389.47 <sup>b</sup>	419.19 <sup>a</sup>	17.00
Hoja <sup>3</sup>	474.30 <sup>a</sup>	427.08 <sup>b</sup>	399.71 <sup>c</sup>	19.09
Bráctea <sup>3</sup>	225.95 <sup>a</sup>	183.45 <sup>b</sup>	181.09 <sup>b</sup>	15.83
Rastrojo <sup>4</sup>	399.20 <sup>c</sup>	476.95 <sup>b</sup>	527.93 <sup>a</sup>	30.85
Espiga <sup>4</sup>	17.76 <sup>a</sup>	16.12 <sup>a</sup>	18.10 <sup>a</sup>	3.48
Grano <sup>4</sup>	482.11 <sup>a</sup>	421.72 <sup>b</sup>	380.32 <sup>c</sup>	24.11
Olote <sup>4</sup>	100.93 <sup>a</sup>	85.21 <sup>b</sup>	73.65 <sup>c</sup>	10.62

abc Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Como componente del tallo

<sup>2</sup> Como componente de la hoja

<sup>3</sup> Como componente del rastrojo

<sup>4</sup> Como componente del rastrojo + olote + grano + espiga

<sup>5</sup> error estándar de la media

bráctea fueron en el maíz C-3104 y de tallo y rastrojo fueron en el maíz C-1853.

El contenido de FDN en bráctea fue mayor ( $P < .05$ ) en las variedades mejoradas y de olote en los maíces criollos. Para el resto de los componentes no se observaron diferencias ( $P > .05$ , Cuadro 17).

No se observó influencia ( $P > .05$ ) de los días a la floración sobre los contenidos de FDN para ningún componente aéreo del rastrojo de maíz (Cuadro 18).

#### 3.4. Digestibilidad in vitro de la materia seca

El análisis de varianza para digestibilidad de la MS in vitro mostró diferencias ( $P < .05$ ) entre genotipos para todos los componentes aéreos de la planta. Las DIGMS promedio para hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo fueron de 522, 448, 487, 378 y 488 g/kg MS, respectivamente (Cuadro 19). Las mayores ( $P < .05$ ) DIGMS de hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron en los maíces CP-560, CP-561, C-1801, C-3103 y C-1829 y las menores ( $P < .05$ ) fueron para el C-1789, C-3107, C-3107, CP-562 y C-3107, respectivamente.

La variación en las DIGMS de los componentes del rastrojo puede representar una herramienta útil para mejorar la calidad del rastrojo sin afectar el rendimiento de grano, seleccionando genotipos de mayor calidad de rastrojo y mayor rendimiento de grano. En este estudio se observaron variaciones de 20, 21, 23 y 18 unidades porcentuales en las DIGMS de la hoja, tallo, bráctea

Cuadro 16. Contenido de fibra detergente neutro en los componentes

aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo
----- g/kg MS -----					
C-1789	640.02 <sup>ab</sup>	710.90 <sup>abc</sup>	773.47 <sup>a</sup>	843.69 <sup>a</sup>	692.56 <sup>cb</sup>
C-1791	671.10 <sup>ab</sup>	733.27 <sup>abc</sup>	780.27 <sup>a</sup>	854.88 <sup>a</sup>	713.37 <sup>abc</sup>
C-1793	660.33 <sup>ab</sup>	638.04 <sup>c</sup>	747.09 <sup>a</sup>	857.98 <sup>a</sup>	666.56 <sup>cb</sup>
C-1796	713.47 <sup>a</sup>	770.55 <sup>abc</sup>	818.00 <sup>a</sup>	882.41 <sup>a</sup>	761.75 <sup>ab</sup>
C-1801	638.35 <sup>ab</sup>	704.75 <sup>abc</sup>	768.43 <sup>a</sup>	853.66 <sup>a</sup>	686.84 <sup>cb</sup>
C-1803	657.72 <sup>ab</sup>	714.47 <sup>abc</sup>	784.77 <sup>a</sup>	878.98 <sup>a</sup>	705.62 <sup>abc</sup>
C-1823	626.38 <sup>ab</sup>	776.26 <sup>abc</sup>	811.25 <sup>a</sup>	903.07 <sup>a</sup>	724.51 <sup>abc</sup>
C-1829	670.67 <sup>ab</sup>	692.60 <sup>bc</sup>	767.95 <sup>a</sup>	908.43 <sup>a</sup>	695.81 <sup>cb</sup>
C-1830	674.36 <sup>ab</sup>	775.14 <sup>abc</sup>	793.88 <sup>a</sup>	869.31 <sup>a</sup>	738.78 <sup>abc</sup>
C-1853	618.76 <sup>ab</sup>	636.58 <sup>c</sup>	780.42 <sup>a</sup>	807.54 <sup>a</sup>	656.50 <sup>c</sup>
C-3103	706.24 <sup>ab</sup>	766.25 <sup>abc</sup>	771.41 <sup>a</sup>	806.25 <sup>a</sup>	742.03 <sup>abc</sup>
C-3104	591.24 <sup>b</sup>	761.84 <sup>abc</sup>	721.25 <sup>a</sup>	834.18 <sup>a</sup>	688.00 <sup>cb</sup>
C-3105	645.10 <sup>ab</sup>	668.65 <sup>bc</sup>	747.60 <sup>a</sup>	842.41 <sup>a</sup>	679.13 <sup>cb</sup>
C-3106	669.17 <sup>ab</sup>	684.45 <sup>bc</sup>	789.78 <sup>a</sup>	809.69 <sup>a</sup>	691.67 <sup>cb</sup>
C-3107	715.11 <sup>a</sup>	871.26 <sup>a</sup>	836.23 <sup>a</sup>	883.85 <sup>a</sup>	800.65 <sup>a</sup>
C-3108	621.90 <sup>ab</sup>	701.30 <sup>abc</sup>	792.91 <sup>a</sup>	863.13 <sup>a</sup>	688.87 <sup>cb</sup>
C-3109	693.43 <sup>ab</sup>	719.54 <sup>abc</sup>	820.28 <sup>a</sup>	871.24 <sup>a</sup>	727.79 <sup>abc</sup>
CP-560	681.52 <sup>ab</sup>	686.24 <sup>bc</sup>	789.57 <sup>a</sup>	841.44 <sup>a</sup>	703.33 <sup>abc</sup>
CP-561	619.88 <sup>ab</sup>	711.08 <sup>abc</sup>	826.27 <sup>a</sup>	823.72 <sup>a</sup>	687.00 <sup>cb</sup>
CP-562	637.43 <sup>ab</sup>	762.11 <sup>abc</sup>	857.79 <sup>a</sup>	888.25 <sup>a</sup>	720.90 <sup>abc</sup>
V -424	612.98 <sup>ab</sup>	821.01 <sup>ab</sup>	781.24 <sup>a</sup>	881.24 <sup>a</sup>	708.85 <sup>abc</sup>
V -425	691.25 <sup>ab</sup>	666.27 <sup>bc</sup>	801.25 <sup>a</sup>	821.25 <sup>a</sup>	709.37 <sup>abc</sup>
V -455	649.41 <sup>ab</sup>	742.90 <sup>abc</sup>	856.21 <sup>a</sup>	867.88 <sup>a</sup>	720.50 <sup>abc</sup>
V -529	653.07 <sup>ab</sup>	679.58 <sup>bc</sup>	802.91 <sup>a</sup>	896.25 <sup>a</sup>	692.99 <sup>cb</sup>
H -507	699.72 <sup>ab</sup>	687.90 <sup>bc</sup>	741.25 <sup>a</sup>	867.90 <sup>a</sup>	702.16 <sup>cb</sup>
Media	658.34	723.31	790.46	858.35	708.22
C. V. <sup>1</sup>	5.01	7.50	4.20	3.38	4.22

abc Medias dentro de columna con distinta letra son diferentes (P<.05)

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

Cuadro 17. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos

del rastrojo de 25 genotipos de maíz por grupos de origen.

Componente	Origen			E. E. M. <sup>1</sup>
	Colectas viejas (Cr) n = 10	Colectas nuevas (Cn) 7	Variedades mejoradas (Vm) 8	
	----- g/kg MS -----			
Hoja	657.12 <sup>a</sup>	663.17 <sup>a</sup>	655.66 <sup>a</sup>	20.38
Tallo	715.25 <sup>a</sup>	739.04 <sup>a</sup>	719.64 <sup>a</sup>	28.95
Bráctea	782.55 <sup>b</sup>	782.78 <sup>b</sup>	807.06 <sup>a</sup>	24.30
Olote	865.99 <sup>a</sup>	844.39 <sup>b</sup>	860.99 <sup>a</sup>	20.25
Rastrojo	704.23 <sup>a</sup>	716.87 <sup>a</sup>	705.64 <sup>a</sup>	16.91

<sup>ab</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Error estándar de la media

Cuadro 18. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz según días a la floración.

Componente	Ciclo			B. B. M. <sup>1</sup>
	Precoz (P)	Intermedio (I)	Tardío (T)	
	n = 4	15	6	
	----- g /kg MS -----			
Hoja	652.43 <sup>a</sup>	659.66 <sup>a</sup>	657.78 <sup>a</sup>	20.38
Tallo	722.28 <sup>a</sup>	716.61 <sup>a</sup>	741.73 <sup>a</sup>	28.95
Bráctea	795.13 <sup>a</sup>	795.54 <sup>a</sup>	774.56 <sup>a</sup>	24.30
Olote	866.25 <sup>a</sup>	857.43 <sup>a</sup>	856.85 <sup>a</sup>	20.25
Rastrojo	703.74 <sup>a</sup>	706.76 <sup>a</sup>	714.35 <sup>a</sup>	16.91

<sup>a</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Error estándar de la media

y rastrojo, respectivamente. Mientras que Daynard y Duncan (1969) reportaron variaciones de 10, 15 y 13; y Mc Donnell (1982) de 4, 6 y 5 unidades porcentuales para hoja, tallo y bráctea, respectivamente. Roth et al (1970) observaron variaciones de 9 unidades porcentuales para rastrojo de 34 genotipos de maíz.

Las DIGMS del tallo y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en los maíces criollos que en las variedades mejoradas, mientras que para hoja y olote no se observaron diferencias ( $P > .05$ , Cuadro 20). En este estudio la DIGMS del rastrojo de maíces criollos varió de 42 a 54% y de las variedades mejoradas de 44 a 50%. Mc Dowell (1986) reportó variaciones de 42 a 56% en la DIGMS del rastrojo de maíces criollos y de 35 a 45% en las variedades mejoradas.

La menor digestibilidad del rastrojo en las variedades mejoradas puede ser debido a que fueron seleccionadas para mayores rendimientos de grano, lo cual puede estar asociado fisiológicamente a mayores cantidades de fotosintatos (Campbell, 1964) y mayor traslocación de carbohidratos del tallo y hojas hacia el jilote para la formación del almidón en los granos (Roth, 1987). En consecuencia, en tallo y hojas, y por tanto en rastrojo, la proporción de carbohidratos estructurales es mayor y el contenido celular y la digestibilidad menores en las variedades mejoradas.

Las DIGMS de la hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron menores ( $P < .05$ ) en los genotipos de ciclo precoz y mayores ( $P < .05$ ) en los maíces de ciclo intermedio, con excepción de la digestibilidad de la hoja que fue mayor en los maíces de ciclo

tardío (Cuadro 21).

Aldelana y Milbourn (1972) observaron que las DIGMS del rastrojo de maíces de ciclo precoz son mayores en 5 a 10 unidades porcentuales que los rastrojo de maíces de ciclo tardío, no coincidiendo con los resultados de este estudio. La diferencia se puede deber a que en este estudio todos los genotipos se cosecharon simultáneamente, permitiendo que el tiempo transcurrido entre la madurez y la cosecha del forraje fuera mayor en los maíces precoces y menor en los tardíos, favoreciendo con ello a los tardíos, ya que la DIGMS del rastrojo disminuye en promedio en 2.5 unidades porcentuales por semana y el rendimiento de rastrojo de 20 a 30 kg por día transcurrido después de la madurez (Roth, 1987; Fernández y Klopfenstein, 1989a,b).

### 3.5. Correlaciones

Los rendimientos de tallo, hoja, bráctea y rastrojo sólo se correlacionaron ( $P < .05$ ) positivamente con días a la floración y con altura de la planta (Cuadro 22). Lo anterior confirma los resultados de este estudio y los reportados por Alessi y Power (1974), Fairey (1982) y Silva y Hallever (1984) en el sentido de que los maíces de ciclo tardío producen más rastrojo que los de ciclo precoz.

El rendimiento de grano se correlacionó ( $P < .05$ ) negativamente con las DIGMS del tallo, bráctea y rastrojo, coincidiendo con los resultados reportados por Russell (1986), Barber y Jessop (1987). En lo que se refiere a tallo y rastrojo estas correla-

Cuadro 19. Digestibilidad in vitro de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz.

Genotipo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo
-----g/kg MS-----					
C-1789	451.4 <sup>e</sup>	403.4 <sup>ab</sup>	427.3 <sup>ab</sup>	411.3 <sup>ab</sup>	429.2 <sup>b</sup>
C-1791	475.7 <sup>de</sup>	405.7 <sup>abc</sup>	545.4 <sup>ab</sup>	397.9 <sup>ab</sup>	461.6 <sup>ab</sup>
C-1793	543.0 <sup>abcde</sup>	528.2 <sup>ab</sup>	559.7 <sup>a</sup>	405.7 <sup>ab</sup>	539.9 <sup>a</sup>
C-1796	485.8 <sup>cde</sup>	513.8 <sup>ab</sup>	500.2 <sup>ab</sup>	417.9 <sup>ab</sup>	500.1 <sup>ab</sup>
C-1801	504.3 <sup>bcde</sup>	460.6 <sup>abc</sup>	600.9 <sup>a</sup>	370.7 <sup>ab</sup>	498.5 <sup>ab</sup>
C-1803	536.4 <sup>bcde</sup>	509.9 <sup>ab</sup>	515.2 <sup>ab</sup>	321.9 <sup>ab</sup>	520.6 <sup>ab</sup>
C-1823	589.1 <sup>abc</sup>	365.5 <sup>abc</sup>	374.8 <sup>b</sup>	353.6 <sup>ab</sup>	453.4 <sup>ab</sup>
C-1829	546.8 <sup>abcde</sup>	512.1 <sup>ab</sup>	591.4 <sup>a</sup>	341.7 <sup>ab</sup>	542.5 <sup>a</sup>
C-1830	511.9 <sup>bcde</sup>	440.6 <sup>abc</sup>	570.9 <sup>a</sup>	321.9 <sup>ab</sup>	490.1 <sup>ab</sup>
C-1853	510.4 <sup>bcde</sup>	501.4 <sup>ab</sup>	552.9 <sup>ab</sup>	378.4 <sup>ab</sup>	515.5 <sup>ab</sup>
C-3103	511.3 <sup>bcde</sup>	443.1 <sup>abc</sup>	467.0 <sup>ab</sup>	472.8 <sup>a</sup>	475.6 <sup>ab</sup>
C-3104	610.9 <sup>ab</sup>	431.9 <sup>abc</sup>	458.4 <sup>ab</sup>	405.5 <sup>ab</sup>	505.8 <sup>ab</sup>
C-3105	485.8 <sup>cde</sup>	520.3 <sup>ab</sup>	544.2 <sup>ab</sup>	397.7 <sup>ab</sup>	510.7 <sup>ab</sup>
C-3106	487.9 <sup>cde</sup>	519.4 <sup>ab</sup>	580.4 <sup>a</sup>	439.8 <sup>ab</sup>	517.7 <sup>ab</sup>
C-3107	582.9 <sup>abcd</sup>	278.5 <sup>c</sup>	372.4 <sup>b</sup>	399.5 <sup>ab</sup>	422.0 <sup>b</sup>
C-3108	531.2 <sup>bcde</sup>	520.9 <sup>ab</sup>	434.1 <sup>ab</sup>	337.6 <sup>ab</sup>	505.2 <sup>ab</sup>
C-3109	490.6 <sup>cde</sup>	529.2 <sup>ab</sup>	464.8 <sup>ab</sup>	312.9 <sup>ab</sup>	500.8 <sup>ab</sup>
CP-560	654.9 <sup>a</sup>	326.2 <sup>bc</sup>	372.1 <sup>b</sup>	326.4 <sup>ab</sup>	496.4 <sup>ab</sup>
CP-561	510.1 <sup>bcde</sup>	532.5 <sup>a</sup>	455.5 <sup>ab</sup>	353.1 <sup>ab</sup>	508.6 <sup>ab</sup>
CP-562	480.3 <sup>cde</sup>	417.8 <sup>abc</sup>	492.1 <sup>ab</sup>	271.4 <sup>b</sup>	457.7 <sup>ab</sup>
V -424	495.0 <sup>cde</sup>	381.8 <sup>abc</sup>	501.5 <sup>ab</sup>	448.5 <sup>a</sup>	465.6 <sup>ab</sup>
V -425	464.1 <sup>e</sup>	417.8 <sup>abc</sup>	458.7 <sup>ab</sup>	410.8 <sup>ab</sup>	448.7 <sup>ab</sup>
V -455	542.1 <sup>abcde</sup>	355.9 <sup>abc</sup>	487.2 <sup>ab</sup>	419.9 <sup>ab</sup>	471.1 <sup>ab</sup>
V -529	552.8 <sup>abcde</sup>	444.1 <sup>abc</sup>	419.3 <sup>ab</sup>	389.6 <sup>ab</sup>	490.4 <sup>ab</sup>
H -507	487.3 <sup>cde</sup>	440.1 <sup>abc</sup>	446.2 <sup>ab</sup>	334.6 <sup>ab</sup>	460.7 <sup>ab</sup>
Media	522.5	448.1	487.8	377.8	487.5
C. V. <sup>1</sup>	5.3	11.2	9.1	11.3	5.2

abcde Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Coeficiente de variación

Cuadro 20. Digestibilidad in vitro de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz por grupos de origen.

Componente	Origen			E. E. M. <sup>1</sup>
	Colectas viejas	Colectas nuevas	Variedades mejoradas	
	(Cr)	(Cn)	(Vm)	
n =	10	7	8	
	-----g/kg MS -----			
Hoja	515.49 <sup>a</sup>	528.66 <sup>a</sup>	523.33 <sup>a</sup>	19.47
Tallo	464.11 <sup>a</sup>	463.33 <sup>a</sup>	414.52 <sup>b</sup>	35.29
Bráctea	523.89 <sup>a</sup>	474.46 <sup>b</sup>	454.06 <sup>b</sup>	31.49
Olote	372.11 <sup>a</sup>	395.12 <sup>a</sup>	369.29 <sup>a</sup>	30.13
Rastrojo	495.10 <sup>a</sup>	491.15 <sup>a</sup>	474.90 <sup>b</sup>	18.03

<sup>ab</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Error estándar de la media

Cuadro 21. Digestibilidad in vitro de la materia seca de los componentes del rastrojo de 25 genotipos de maíz según días a la floración (ciclo).

Componente	Ciclo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Precoz	Intermedio	Tardío	
	(P)	(I)	(T)	
	n = 4	15	6	
	----- g/kg MS -----			
Hoja	503.98 <sup>b</sup>	517.89 <sup>b</sup>	540.66 <sup>a</sup>	19.47
Tallo	414.60 <sup>b</sup>	462.57 <sup>a</sup>	425.93 <sup>b</sup>	35.29
Bráctea	459.82 <sup>b</sup>	502.30 <sup>a</sup>	462.73 <sup>b</sup>	31.49
Olote	416.31 <sup>b</sup>	366.35 <sup>a</sup>	388.45 <sup>a</sup>	30.13
Rastrojo	468.25 <sup>b</sup>	494.57 <sup>a</sup>	478.41 <sup>b</sup>	18.03

<sup>ab</sup> Medias dentro de hilera con distinta letra son diferentes (P<.05).

n = Número de genotipos involucrados

<sup>1</sup> Error estándar de la media

ciones evidencian que durante la madurez y formación del grano puede existir traslocación de carbohidratos del tallo hacia el grano, por lo que en tallo la proporción de carbohidratos estructurales se incrementa y el contenido celular y la digestibilidad de la MS disminuyen, confirmando con ésto las observaciones de Campbell (1964) y de Roth (1987).

La correlación negativa entre rendimiento de grano y digestibilidad del rastrojo se deberá tener en cuenta en programas para mejorar la calidad del rastrojo de maíz, para no afectar el rendimiento de grano. En este caso, la calidad del rastrojo se puede incrementar aprovechando la variación que en digestibilidad se tiene entre genotipos y componentes aéreos de la planta.

Cuadro 22. Coeficientes de correlación simple entre días a la floración, altura de la planta, rendimientos, fibra detergente neutro y digestibilidades de los componentes aéreos del rastrojo de maíz de 25 genotipos.

VARIABLE	Rendimiento en base seca (RMS)											Fibra detergente neutro (FDN)					Digestibilidad de MS (DIGMS)					
	Altura	Ti	Ts	Tallo	Hi	Hs	Hoja	Bráctea	Espiga	Rastrojo	Grano	Olote	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo
Floración(d)	.7473**	.6492**	.5199**	.6560**	.5562**	.2354NS	.5298**	.3602*	.2579NS	.5985**	-.0319NS	-.0439NS	-.0282NS	.0497NS	-.3382*	-.1600NS	-.0059NS	.2145NS	.1164NS	.0309NS	-.0458NS	.1475NS
Altura	-	.7824**	.5662**	.7796**	.7158**	.2741NS	.6686**	.5788**	.2812*	.7515**	.2636NS	.0481NS	.1681NS	.1308NS	-.1310NS	.0665NS	.2253NS	.0958NS	.1976NS	-.0388NS	-.1586NS	.0763NS
RMS Ti	-	-	.6907**	.9901**	.8813**	.4313**	.8595**	.7858**	.3589*	.9726**	.2701*	.0642NS	.0071NS	-.0006NS	-.2082NS	.0154NS	.0354NS	.0646NS	.2453NS	.0421NS	-.0950NS	.1253NS
Ts	-	-	-	.7852**	.5001**	.5008**	.5777**	.5771**	.4784**	.7290**	.2715NS	.0538NS	-.1645NS	.0491NS	-.2367NS	-.0860NS	-.0232NS	.2619NS	.1651NS	-.0129NS	.0280NS	.1810NS
Tallo	-	-	-	-	.8515**	.4679**	.8746**	.7845**	.4001**	.9741**	.2840**	.0654NS	-.0253NS	.0090NS	-.2242NS	.0035NS	.0258NS	.1060NS	.2420NS	.0335NS	-.0773NS	.1422NS
Hi	-	-	-	-	-	.4158**	.9507**	.6634**	.2142**	.9011**	.4124**	.1980NS	.1035NS	-.0275NS	-.1233NS	-.0148NS	.0709NS	.0557NS	.2270NS	-.0327NS	-.1442NS	.0902NS
Hs	-	-	-	-	-	-	.6793**	.5090**	.3848**	.5750**	.4435**	.2954NS	-.0864NS	.1068NS	-.0835NS	.0465NS	.0360NS	.2634NS	.0954NS	-.2198NS	.0233NS	.1037NS
Hoja	-	-	-	-	-	-	-	.7097**	.3056*	.9242**	.4846**	.2613NS	.0542NS	.0141NS	-.1280NS	.0039NS	.0678NS	.1347NS	.2161NS	-.1018NS	-.1097NS	.1082NS
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	.4055**	.8588**	.3067*	.0806NS	.0937NS	.0003NS	-.0983NS	.0787NS	.1259NS	.0697NS	.1978NS	-.1508NS	.0534NS	.0535NS
Espiga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.3983**	.0469NS	.0204NS	-.0681NS	-.1143NS	-.1719NS	-.0464NS	-.1049NS	.1582NS	.3465*	.0720NS	.1396NS	.3587*
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.3715**	.1351NS	.0230NS	.0095NS	-.1826NS	.0157NS	.0618NS	.1147NS	.2408NS	-.0456NS	-.0652NS	.1224NS
Grano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.6401NS	-.0598NS	.1742NS	.2403NS	.1381NS	.2256NS	.0320NS	-.1761*	-.3643**	-.1823NS	-.3120*
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.0054NS	.2080NS	.2570NS	.1275NS	.1925NS	.1241NS	-.1244NS	-.2937*	-.2925*	-.1380NS
FDN Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0532NS	.1794NS	.1045NS	.5810**	-.1094NS	-.1106NS	-.0013NS	.0483NS	-.1411NS
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.3768**	.2411NS	.8006**	.0871NS	-.4849**	-.2747*	-.0215NS	-.4691**
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2066NS	.5634**	-.0238NS	-.2598NS	-.2527NS	-.2383NS	-.3125*
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2662NS	.1617NS	-.1658NS	-.1322NS	-.2977*	-.0824NS
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0274NS	-.4396**	-.2866*	-.0226NS	-.4708**
DIGMS Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.2856*	.3745**	-.0466NS	.2372**
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.4934**	.0065NS	.7941**
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0640NS	.5380**
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0235NS

\* Correlación significativa (P<.05).

\*\* Correlación altamente significativa (P<.01).

NS Correlación no significativa (P>.05).

Ti = Tallo inferior

Ts = Tallo superior

Hi = Hoja inferior

Hs = Hoja superior

#### 4. CONCLUSIONES

Los rendimientos de tallo, hoja y rastrojo variaron por genotipos y fueron mayores en los maíces criollos y en los de ciclo tardío y menores en las variedades mejoradas y en los de ciclo precoz. El rendimiento de grano varió por genotipo y días a la floración, siendo mayor en los maíces de ciclo intermedio.

Los contenidos de fibra detergente neutro de tallo, hoja y rastrojo variaron por genotipos sin influencia del origen y días a la floración de éstos.

Las digestibilidades de tallo, hoja, bráctea y rastrojo variaron por genotipos, presentándose las mayores digestibilidades de tallo y rastrojo en los maíces criollos y en los maíces de ciclo intermedio.

Las variaciones en rendimiento de grano y rendimiento y calidad de rastrojo por genotipos permite la posibilidad de cultivar maíces que produzcan mayor rendimiento de grano y rastrojo de mejor calidad. En la región donde se llevó a cabo el estudio, los maíces C-3108 y C-3104 ofrecen estas posibilidades, mientras que el maíz V-424 es el genotipo que ofrece las menores perspectivas.

*EXPERIMENTO 2*

*RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ EN TRES COMUNIDADES*

*DE LA CORDILLERA DEL TENTZO, PUEBLA*

RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ EN TRES COMUNIDADES  
DE LA CORDILLERA DEL TENTZO, PUEBLA

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el rendimiento en base seca (RMS), proporción relativa (PR), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad in vitro de la MS (DIGMS) de hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano se cultivaron los maíces H-30, Col-1394, Col-1452 y Criollo en tres comunidades de la Cordillera del tentzo, Puebla. Las comunidades fueron San Juan, La Torija y San Pedro con 327, 506 y 467 mm de precipitación, respectivamente. Los datos fueron analizados mediante un diseño en bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas en el espacio, asignando comunidades a parcelas mayores y genotipos a parcelas menores. Los rendimientos de hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano fueron 1.5, 2.8, 1.9, 2.0, 4.7 y 2.4 veces mayores ( $P < .05$ ) en San Pedro vs San Juan, respectivamente. Entre genotipos no se observaron diferencias ( $P > .05$ ) en rendimiento. La PR de hoja fue mayor ( $P < .05$ ) en San Juan, de tallo en la Torija y de bráctea en San Pedro. Los contenidos de FDN de hoja, tallo, bráctea, rastrojo y olote fueron de 717, 571, 766, 732 y 670 g/kg MS, respectivamente, sin efecto ( $P > .05$ ) de comunidad ni genotipo. Las DIGMS de bráctea y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en San Juan y por genotipo fueron menores ( $P < .05$ ) en el maíz Criollo. La bráctea fue el componente aéreo de la planta de mayor DIGMS con 709 g/kg MS y la hoja con 566 g/kg MS fue el componente de menor DIGMS. Las diferencias en rendimiento y calidad de los componentes aéreos de la planta de maíz se pueden explicar, en parte, a diferencias debidas a genotipos, lugar, cantidad y distribución de la precipitación de las comunidades donde se cultivó el maíz.

## 1. INTRODUCCION

El valor nutritivo del rastrojo de maíz varía por la influencia de factores genéticos y ambientales. El clima, características del suelo y prácticas agronómicas se consideran los factores ambientales más significativos; siendo la precipitación, temperatura y fotoperíodo las variables del clima que más determinan los rendimientos de grano y rastrojo, así como la calidad de éste. La cantidad y distribución de la precipitación se consideran las variables climáticas más importantes que determinan los rendimientos que se registran en maíces cultivados bajo condiciones de temporal.

La repercusión del estrés hídrico comúnmente observado en cultivos de temporal depende del estado de crecimiento de la planta cuando sucede el estrés, de la severidad y duración de las deficiencias y de la susceptibilidad de los genotipos, observándose reducciones en el crecimiento de los componentes aéreos, en la altura de la planta, órganos reproductivos y en el potencial de producción de grano y rendimiento y calidad del forraje.

El objetivo específico del presente experimento fue evaluar los rendimientos de grano y rastrojo y calidad de rastrojo de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades con diferente cantidad y distribución de la precipitación.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1. Localización**

El trabajo de campo se realizó en tres comunidades localizadas en la Cordillera del Tentzo, Puebla. Las comunidades fueron San Juan Tzicatlacoyan, San Baltazar la Torija y San Pedro Alpatlahua. La Cordillera del Tentzo se ubica al sureste de la ciudad de Puebla y abarca 28 comunidades en una superficie de 19,350 ha. Posee un clima templado seco, con lluvias en verano, temperaturas mínima de  $-3^{\circ}\text{C}$  y máxima de  $22^{\circ}\text{C}$  (García, 1981). San Juan, La Torija y San Pedro se localizan a una altitud de 1980, 2100 y 2020 msnm y poseen suelos de tipo Xerosol, Vertisol y Fluvisol, respectivamente.

### **2.2. Tratamientos**

Se evaluaron dos factores de estudio con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. Los factores fueron comunidad y genotipo de maíz. En el primer factor se incluyeron tres niveles que correspondieron a las comunidades donde se cultivó el maíz, que fueron San Juan, La Torija y San Pedro. En el factor genotipo se evaluaron los maíces identificados como Col-1394, Col-1452, H-30 y Criollo de las comunidades. Los cuatro genotipos son considerados de ciclo intermedio, según días a la floración.

### **2.3. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas en el espacio (Steel y Torrie, 1985), asignando comunidades a parcelas mayores y genotipos de maíz a parcelas menores. En cada

comunidad los genotipos se cultivaron en tres bloques. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 8 surcos de 25 m de largo y una separación entre surcos de 0.88 m, orientados de norte a sur.

#### **2.4. Precipitación en las comunidades de estudio**

Durante la fase de campo, la precipitación que se registró en San Juan fue de 327.2 mm distribuida en 10 eventos lluviosos del 28 de junio al 20 de noviembre; en La Torija la precipitación fue de 506.5 mm distribuida en 11 eventos lluviosos del 5 de julio al 18 de noviembre y en San Pedro la precipitación fue de 467.3 mm distribuida en 13 eventos lluviosos del 5 de julio al 8 de noviembre (Cuadro 23)

#### **2.5. Prácticas culturales**

El experimento se estableció en parcelas de productores participantes, siguiendo las prácticas culturales de la región.

##### **a) Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en barbecho, paso de rastra y surcado para siembra.

##### **b) Siembra**

La siembra se efectuó manualmente el 17, 29 y 13 de mayo de 1991 en San Juan, La Torija y San Pedro, respectivamente. En las tres comunidades se emplearon densidades de 45,000 plantas por ha, manejando dos plantas por mata, con una separación entre éstas de 0.5 m.

iro 23. Cantidad y distribución de la precipitación por comunidad

durante la fase de campo del experimento.

Juan Tzicatlacoyan		San Baltazar la Torija		San Pedro Alpatlahua	
Fecha <sup>1</sup>	Pp <sup>2</sup>	Fecha <sup>1</sup>	Pp <sup>2</sup>	Fecha <sup>1</sup>	Pp <sup>2</sup>
06	75.0	05 - 7	82.0	05 - 7	67.0
07	38.0	12 - 7	64.0	14 - 7	50.0
07	11.0	16 - 8	30.0	19 - 7	4.0
09	65.0	04 - 9	62.5	23 - 8	38.0
09	40.3	10 - 9	40.0	04 - 9	67.0
09	20.7	16 - 9	48.9	10 - 9	20.5
10	49.5	03 - 10	47.5	20 - 9	37.5
10	15.0	07 - 10	14.5	27 - 9	32.0
11	9.8	24 - 10	17.5	02 - 10	40.5
11	6.2	08 - 11	35.0	03 - 10	38.5
		18 - 11	15.0	07 - 10	18.8
				24 - 10	27.0
				08 - 11	26.5
Total	327.2		506.5		467.3
Anulada					

1991.

precipitación en mm.

### c) Fertilización

En las tres comunidades se fertilizó con la fórmula 100-40-00, utilizando urea y superfosfato de calcio triple, a la siembra se aplicó 40-40-00 a chorrillo y el resto se aplicó en forma mateada en la segunda labor de cultivo.

### d) Control de malezas y plagas

Las malezas se controlaron con dos labores de cultivo, realizadas 25 y 45 días después de la siembra. Las plagas se controlaron con aplicación de insecticidas.

### e) Cosecha

Las cosechas de grano y rastrojo se realizaron del 17 al 20 de noviembre de 1991 en las tres comunidades.

## **2.6. Obtención y procesamiento de muestras de campo**

De los dos surcos centrales de cada parcela se tomaron muestras al azar de 10 plantas completas y contiguas, cinco de un surco y cinco de otro. Posteriormente se procedió a separar, pesar y colocar en bolsas de polietileno con su respectiva identificación los siguientes componentes aéreos de la planta: hoja, tallo, bráctea, olote y grano.

Las técnicas para las determinaciones de laboratorio fueron similares a las descritas en el experimento 1.

## **2.7. Variables de respuesta**

Se evaluaron las siguientes variables de respuesta: rendimiento en base seca y proporción relativa de hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano. Además, altura de la planta, conte-

nido de fibra detergente neutro y digestibilidad in vitro de la materia seca de hoja, tallo, bráctea, rastrojo y olote. Los valores de rastrojo correspondieron al promedio ponderado de hoja, tallo y bráctea.

## 2.8. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1982), según el modelo:

$$Y_{ij}(k) = \mu + \beta_i + L_j + (\beta L)_{ij} + V_k + LV_j(k) + E_{ij}(k)$$

donde:

$Y_{ij}(k)$  = Cada una de las variables de respuesta.

$\mu$  = Media común a todas las observaciones.

$\beta_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.  
( $i = 1, 2, 3$ )

$L_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima comunidad.  
( $j = 1, 2, 3$ )

$\beta L_{ij}$  = Interacción del  $i$ -ésimo bloque con la  $j$ -ésima comunidad para evaluar efecto de comunidad.

$V_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo genotipo.  
( $k = 1, 2, 3, 4$ )

$LV_j(k)$  = Efecto de la interacción de la  $j$ -ésima comunidad con el  $k$ -ésimo genotipo

$E_{ij}(k)$  = Error experimental,  $\approx$  NID  $(0, \sigma^2)$ .

Las medias de tratamientos se compararon por el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

También se estimaron los coeficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca con altura de la planta, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS de cada componente aéreo de la planta de maíz.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Rendimiento en base seca

Los rendimientos en base seca de los componentes aéreos de la planta fueron diferentes ( $P < .05$ ) entre comunidades, siendo mayores ( $P < .05$ ) en San Pedro y menores ( $P < .05$ ) en San Juan. Los rendimientos de hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano fueron 51, 180, 187, 98, 106 y 372% mayores en San Pedro que en San Juan, respectivamente. Entre las comunidades La Torija y San Pedro los rendimientos fueron similares ( $P > .05$ , Cuadro 24).

Los menores rendimientos observados en San Juan pueden ser debidos a la menor precipitación registrada en esta comunidad (327 mm) o bien, a la irregular distribución de la precipitación en relación al estado fenológico de la planta, ya que en San Juan no se observó precipitación al inicio de la floración. Mientras que en la Torija y San Pedro las precipitaciones fueron mayores (506 y 467 mm, respectivamente), con lluvias al inicio de la floración y durante el llenado de grano (Cuadro 23).

La diferencia en los rendimientos entre comunidades también puede estar asociado al tipo de suelo. San Juan posee suelos del tipo Xerasol, que se caracterizan por poseer menor capacidad de retención de agua, mientras que los suelos Vertisoles presentes en La Torija, y los Fluvisoles presentes en San Pedro poseen mayor capacidad de retención de agua.

Además de la cantidad y distribución de la precipitación y el tipo de suelo, existen otros factores ambientales que no

fueron evaluados en el presente experimento y que pueden afectar los rendimientos de los componentes aéreos del maíz ( Phipps y Weller, 1976; Van Soest, 1982; Struik, 1983; Swan et al., 1987; Tollenaar, 1989a,b).

Los rendimientos de los componentes aéreos del maíz fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos dentro de comunidades (Cuadro 25). La actitud genética de las variedades mejoradas sólo se expresará cuando se tengan condiciones óptimas de cultivo; cuando no, estos materiales no expresaran su potencial genético, por que son más sensibles a factores adversos del ambiente. En estos casos, los rendimientos de grano de variedades mejoradas serán similares o inclusive menores que los maíces criollos.

La interacción entre comunidad y genotipo efecto ( $P < .05$ ) sólo los rendimientos de bráctea y grano. En San Juan, los mayores rendimientos de estos componentes se observaron en el maíz Criollo y los menores en el maíz H-30. En La Torija, los genotipos con mayores rendimientos de bráctea y grano fueron los maíces Col-1452 y Col-1394, respectivamente; y en San Pedro, los mayores rendimientos de bráctea y grano fueron en el maíz H-30, seguido del maíz Col-1452.

### **3.2. Proporción relativa**

Como componentes del rastrojo las proporciones relativas de hoja, tallo y bráctea fueron diferentes ( $P < .05$ ) entre comunidades, presentándose las mayores proporciones de hoja en San Juan, de tallo en La Torija y de bráctea en San Pedro. Las proporciones de rastrojo, olote y grano fueron similares ( $P > .05$ ) en las tres

Cuadro 24. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Comunidad			E. E. M. <sup>1</sup>
	San Juan	La Torija	San Pedro	
	-----kg MS/ha -----			
Hoja	1385.45 <sup>a</sup>	1854.48 <sup>a</sup>	2096.54 <sup>a</sup>	392.94
Tallo	602.55 <sup>b</sup>	1674.29 <sup>a</sup>	1690.90 <sup>a</sup>	257.74
Bráctea	154.41 <sup>b</sup>	309.56 <sup>ab</sup>	443.45 <sup>a</sup>	51.45
Rastrojo	2142.41 <sup>b</sup>	3838.33 <sup>a</sup>	4230.90 <sup>a</sup>	601.93
Olote	130.78 <sup>b</sup>	169.48 <sup>ab</sup>	269.68 <sup>a</sup>	34.48
Grano	402.21 <sup>b</sup>	879.48 <sup>ab</sup>	1899.96 <sup>a</sup>	208.00

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 25. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de cuatro genotipos de maíz, promedio de tres comunidades.

Componente	Genotipo				E. E. M. <sup>1</sup>
	H-30	Col-1394	Col-1452	Criollo	
	----- kg MS/ha -----				
Hoja	1971.21 <sup>a</sup>	1677.79 <sup>a</sup>	1543.39 <sup>a</sup>	1836.11 <sup>a</sup>	392.94
Tallo	1186.00 <sup>a</sup>	1304.99 <sup>a</sup>	1361.15 <sup>a</sup>	1311.84 <sup>a</sup>	257.74
Bráctea	277.43 <sup>a</sup>	293.25 <sup>a</sup>	322.37 <sup>a</sup>	253.54 <sup>a</sup>	51.45
Rastrojo	3434.63 <sup>a</sup>	3276.03 <sup>a</sup>	3226.90 <sup>a</sup>	3401.48 <sup>a</sup>	601.93
Olote	164.58 <sup>a</sup>	171.59 <sup>a</sup>	206.84 <sup>a</sup>	190.52 <sup>a</sup>	34.48
Grano	928.87 <sup>a</sup>	880.96 <sup>a</sup>	1284.21 <sup>a</sup>	772.25 <sup>a</sup>	208.00

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

comunidades; del rendimiento aéreo total, en promedio, el rastrojo representó el 75.6%, el grano el 20.1% y el olote el 4.3% (Cuadro 26).

En regiones donde la precipitación es menor a la que demanda la planta y cuando su distribución no coincide con las mayores necesidades de agua por parte de la planta se afecta principalmente el rendimiento de grano y en menor grado de rastrojo, afectandose también las proporciones de estos componentes.

La mayor ( $P < .05$ ) proporción de rastrojo fue en el maíz H-30 y de grano en el Col-1452. Fue en estos mismos genotipos donde también se observaron los mayores rendimientos de rastrojo y grano, respectivamente. Para el resto de los componentes, las proporciones fueron similares entre genotipos ( $P > .05$ , Cuadro 27).

### 3.3. Altura de la planta

Las alturas de las plantas fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos dentro de comunidad, pero entre comunidades variaron significativamente ( $P < .05$ , Cuadro 28). Las plantas con menor ( $P < .05$ ) altura se observaron en San Juan y las de mayor ( $P < .05$ ) en San Pedro.

La altura de la planta esta determinada por la actitud genética de la planta y por la influencia de factores ambientales. De éstos, la cantidad y distribución de la precipitación se consideran las variables climáticas más importantes que determinan la altura de la planta y el rendimiento de grano y rastrojo de maíz. Lo anterior ayuda a explicar la mayor altura de las

Cuadro 26. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Comunidad			E. E. M. <sup>3</sup>
	San Juan	La Torija	San Pedro	
	----- g/kg MS -----			
Hoja <sup>1</sup>	651.45 <sup>a</sup>	465.43 <sup>b</sup>	491.11 <sup>b</sup>	52.69
Tallo <sup>1</sup>	279.35 <sup>b</sup>	450.03 <sup>a</sup>	395.50 <sup>a</sup>	49.29
Bráctea <sup>1</sup>	69.20 <sup>b</sup>	84.54 <sup>b</sup>	113.39 <sup>a</sup>	20.13
Rastrojo <sup>2</sup>	815.10 <sup>a</sup>	787.03 <sup>a</sup>	666.48 <sup>a</sup>	29.31
Olote <sup>2</sup>	48.20 <sup>a</sup>	35.46 <sup>a</sup>	44.50 <sup>a</sup>	9.67
Grano <sup>2</sup>	136.74 <sup>a</sup>	177.51 <sup>a</sup>	289.02 <sup>a</sup>	26.77

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Como componente del rastrojo

<sup>2</sup>Como componente del rendimiento aéreo total

<sup>3</sup>Error estándar de la media

Cuadro 27. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de cuatro genotipos de maíz, promedio de tres comunidades.

Componente	Genotipo				E. E. M. <sup>3</sup>
	H-30	Col-1394	Col-1452	Criollo	
	----- g/kg MS -----				
Hoja <sup>1</sup>	609.59 <sup>a</sup>	515.48 <sup>a</sup>	495.55 <sup>a</sup>	539.48 <sup>a</sup>	52.69
Tallo <sup>1</sup>	314.39 <sup>a</sup>	394.73 <sup>a</sup>	404.01 <sup>a</sup>	382.33 <sup>a</sup>	49.29
Bráctea <sup>1</sup>	76.02 <sup>a</sup>	89.79 <sup>a</sup>	100.44 <sup>a</sup>	78.19 <sup>a</sup>	20.13
Rastrojo <sup>2</sup>	805.22 <sup>a</sup>	784.35 <sup>a</sup>	697.38 <sup>b</sup>	773.46 <sup>ab</sup>	29.31
Olote <sup>2</sup>	39.85 <sup>a</sup>	39.80 <sup>a</sup>	46.79 <sup>a</sup>	44.41 <sup>a</sup>	9.67
Grano <sup>2</sup>	154.93 <sup>b</sup>	175.85 <sup>b</sup>	255.83 <sup>a</sup>	182.14 <sup>b</sup>	26.77

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Como componente del rastrojo

<sup>2</sup>Como componente del rendimiento aéreo total

<sup>3</sup>Error estándar de la media

Cuadro 28. Altura de la planta de cuatro genotipos de maíz cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Comunidad	Genotipo			
	H-30	Col-1394	Col-1452	Criollo
San Juan	0.66 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup> <sup>m</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>
La Torija	1.36 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>	1.21 <sup>b</sup>	1.23 <sup>b</sup>
San Pedro	1.57 <sup>b</sup>	1.77 <sup>b</sup>	1.49 <sup>b</sup>	- <sup>1</sup>

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras o columnas con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Genotipo no cultivado en esta comunidad

plantas en la comunidad donde la precipitación fue más adecuada en cantidad y distribución.

#### 3.4. Fibra detergente neutro

Los contenidos de fibra detergente neutro de hoja, tallo, rastrojo y olote fueron similares ( $P > .05$ ) entre comunidades (Cuadro 29). Mientras que el contenido de FDN de bráctea fue mayor ( $P < .05$ ) en San Pedro que en San Juan y La Torija (787 vs 770 y 761, respectivamente)

El mayor contenido de FDN en San Pedro puede estar asociado a los mayores rendimientos de grano de los maíces en esta comunidad, lo que a su vez está relacionado con mayor traslocación de carbohidratos solubles de las partes vegetativas para la formación del grano, por lo que era de esperarse que la proporción de carbohidratos estructurales y por consiguiente el contenido de FDN de los componentes del rastrojo fueran mayores en la comunidad donde se observaron los mayores rendimientos de grano.

Los contenidos de FDN de hoja, tallo, bráctea, rastrojo y olote fueron de 717, 570, 773, 733 y 670 g/kg MS, respectivamente, sin diferencias ( $P > .05$ ) entre genotipos (Cuadro 30).

#### 3.5. Digestibilidad in vitro de la materia seca

Las digestibilidades de la MS de hoja, tallo y olote fueron similares ( $P > .05$ ) entre comunidades, mientras que las DIGMS de bráctea y rastrojo fueron diferentes ( $P < .05$ ). La DIGMS de bráctea fue menor ( $P < .05$ ) y la de rastrojo mayor ( $P < .05$ ) en la comunidad

Cuadro 29. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Comunidad			E. E. M. <sup>1</sup>
	San Juan	La Torija	San Pedro	
	----- g/kg MS -----			
Hoja	733.41 <sup>a</sup>	694.34 <sup>a</sup>	724.99 <sup>a</sup>	17.43
Tallo	567.93 <sup>a</sup>	558.21 <sup>a</sup>	589.84 <sup>a</sup>	31.64
Bráctea	769.66 <sup>ab</sup>	761.30 <sup>b</sup>	786.54 <sup>a</sup>	21.34
Rastrojo	725.86 <sup>a</sup>	732.20 <sup>a</sup>	737.88 <sup>a</sup>	17.88
Olote	689.40 <sup>a</sup>	642.31 <sup>a</sup>	679.48 <sup>a</sup>	19.74

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 30. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maíz, promedio de tres comunidades.

Componente	Genotipo				E. E. M. <sup>1</sup>
	H-30	Col-1394	Col-1452	Criollo	
	----- g/kg MS -----				
Hoja	715.24 <sup>a</sup>	725.89 <sup>a</sup>	704.95 <sup>a</sup>	723.88 <sup>a</sup>	17.43
Tallo	572.34 <sup>a</sup>	545.79 <sup>a</sup>	590.10 <sup>a</sup>	574.69 <sup>a</sup>	31.64
Bráctea	752.48 <sup>a</sup>	783.99 <sup>a</sup>	764.04 <sup>a</sup>	790.97 <sup>a</sup>	21.34
Rastrojo	720.85 <sup>a</sup>	740.14 <sup>a</sup>	719.61 <sup>a</sup>	752.06 <sup>a</sup>	17.88
Olote	671.31 <sup>a</sup>	664.90 <sup>a</sup>	668.14 <sup>a</sup>	676.12 <sup>a</sup>	19.74

<sup>a</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

de San Juan. LA DIGMS del rastrojo en San Juan fue aproximadamente 10% mayor que la observada en La Torija y 20% que la de San Pedro (Cuadro 31).

La mayor DIGMS del rastrojo en San Juan puede estar relacionado a que esta comunidad fue donde se observaron los menores rendimientos de grano, por tanto, es de suponerse menor tasa de traslocación de carbohidratos solubles de las partes vegetativas hacia el grano y en consecuencia mayor DIGMS en el rastrojo en comparación a genotipos o comunidades donde el rendimiento de grano es mayor.

Estos resultados coinciden con la conclusión de la revisión realizada por Roth (1987) en el sentido que la DIGMS es mayor en rastrojo procedente de maíces cultivados en lugares donde la precipitación en cantidad y distribución no son adecuadas para satisfacer las necesidades de la planta. También coinciden con los resultados reportados en maíz por White et al. (1981) y en paja de trigo por Acock (1978).

Las DIGMS de hoja, tallo y olote también fueron similares entre genotipos, y sólo se observaron diferencias ( $P < .05$ ) entre éstos en las DIGMS de bráctea y rastrojo (Cuadro 32).

Dado que los rendimientos de grano y rastrojo entre genotipos fueron similares, se esperaría que la traslocación de carbohidratos no-estructurales fuera también similar entre genotipos, por tanto el contenido de FDN y la DIGMS también serían similares, como sucedió en este estudio y que pone de manifiesto cierta relación entre calidad del rastrojo y rendimiento de grano.

Las DIGMS de bráctea y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en el maíz H-30 y menores ( $P < .05$ ) en el maíz Criollo y de rastrojo en el maíz Col-1452. Estos resultados difieren de los reportados en la literatura, ya que son numerosos los estudios donde se ha observado que los maíces criollos producen rastrojo de mayor digestibilidad (McDowell, 1986; Fernández y Klopfenstein, 1989a,b).

La interacción comunidad con genotipo afectó ( $P < .05$ ) sólo las DIGMS de hoja y rastrojo. La mayor DIGMS de la hoja fue en los genotipos H-30 en San Juan, Criollo en La Torija y Col-1394 en San Pedro. Mientras que la mayor DIGMS de rastrojo fue en el maíz Col-1452 en San Juan y La Torija y del Col-1394 en San Pedro.

### 3.6. Correlaciones

El rendimiento en base seca de grano se correlaciono ( $P < .05$ ) negativamente con las digestibilidades in vitro de la MS de hoja, tallo, olote y rastrojo (Cuadro 33). Estas correlaciones pueden estar asociadas fisiológicamente a mayores cantidades de fotosintatos canalizados hacia el jilote para la formación del grano y menor hacia hojas y tallo (Campbell, 1964), y a la traslocación significativa de carbohidratos no-estructurales de hojas y tallo hacia grano para la formación del almidón (Roth, 1987). En consecuencia, en hojas y tallo la proporción de carbohidratos estructurales se incrementa, mientras que el contenido celular y la digestibilidad disminuyen. Siendo ambos componentes los de mayor

Cuadro 31. Digestibilidad in vitro de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Comunidad			E. E. M. <sup>1</sup>
	San Juan	La Torija	San Pedro	
	----- g/kg MS -----			
Hoja	552.68 <sup>a</sup>	604.86 <sup>a</sup>	523.88 <sup>a</sup>	22.68
Tallo	635.97 <sup>a</sup>	644.15 <sup>a</sup>	599.21 <sup>a</sup>	22.32
Bráctea	729.22 <sup>a</sup>	687.93 <sup>b</sup>	734.64 <sup>a</sup>	31.83
Rastrojo	653.73 <sup>a</sup>	551.99 <sup>b</sup>	455.73 <sup>c</sup>	33.39
Olote	589.01 <sup>a</sup>	631.76 <sup>a</sup>	578.28 <sup>a</sup>	20.28

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 32. Digestibilidad in vitro de la materia seca de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maíz, promedio de tres comunidades.

Componente	Genotipo				E. E. M. <sup>1</sup>
	H-30	Col-1394	Col-1452	Criollo	
	----- g/kg MS -----				
Hoja	562.27 <sup>a</sup>	559.25 <sup>a</sup>	550.13 <sup>a</sup>	593.44 <sup>a</sup>	22.68
Tallo	625.28 <sup>a</sup>	630.01 <sup>a</sup>	631.14 <sup>a</sup>	629.41 <sup>a</sup>	28.32
Bráctea	746.90 <sup>a</sup>	733.95 <sup>a</sup>	712.57 <sup>ab</sup>	646.14 <sup>b</sup>	31.82
Rastrojo	654.39 <sup>a</sup>	658.54 <sup>a</sup>	450.81 <sup>c</sup>	584.44 <sup>b</sup>	33.39
Olote	598.39 <sup>a</sup>	602.85 <sup>a</sup>	598.99 <sup>a</sup>	608.70 <sup>a</sup>	20.28

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

proporción en el rastrojo se esperaría, como así fue, que la digestibilidad sea menor en rastrojo de maíces con mayor rendimiento de grano.

Lo anterior confirma que la digestibilidad del rastrojo esta correlacionada negativamente con el rendimiento de grano como fue reportado por Russell (1986) y Barber y Jossop (1987). Sin embargo, no coincide con las observaciones de Tuah et al. (1986), Roth (1987), Orskov (1988 a,b,c) y Shand et al. (1988).

Cuadro 33. Coeficientes de correlación simple entre altura de la planta, rendimiento, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de los componentes aéreos de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tetzco, Puebla.

Variable	Rendimiento de MS (RMS)						Fibra detergente neutro (FDN)					Digestibilidad de la MS (DIGMS)				
	Hoja	Tallo	Bráctea	Rastrojo	Olote	Grano	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo
Altura	.4677**	.7106**	.9360**	.7051**	.6127**	.6226**	-.2052NS	-.0419NS	.1561NS	.1284NS	-.2911NS	-.1011NS	-.0903NS	-.0514NS	-.6422**	.0624NS
RMS Hoja	-	.5464**	.4113*	.8743**	.3254*	.3446*	.0341NS	-.2212NS	.0641NS	.1976NS	-.1057NS	.1697NS	-.3409*	-.0092NS	-.1774NS	-.1137NS
Tallo	-	-	.5943**	.8753**	.5445**	.5896**	-.2409NS	.0285NS	.0915NS	.0066NS	-.3897*	.1307NS	-.1696NS	-.3001NS	-.4782**	.1358NS
Bráctea	-	-	-	.6491**	.7288**	.7982**	-.1937NS	-.1119NS	.0505NS	.3460*	-.2392NS	-.1565NS	-.1550NS	-.0644NS	-.6056**	-.0287NS
Rastrojo	-	-	-	-	.5429**	.5848**	-.1262NS	-.1213NS	.0874NS	.1551NS	-.2832NS	.1389NS	-.2915NS	-.1633NS	-.4130*	.0019NS
Olote	-	-	-	-	-	.8007**	.0857NS	.1843NS	.2228NS	.1980NS	.0494NS	-.2099NS	-.4454**	.0613NS	-.6237**	-.2475NS
Grano	-	-	-	-	-	-	.0787NS	.3176NS	.1912NS	.2980NS	.0826NS	-.3369*	-.4165*	.0175NS	-.6163**	.3085**
FDN Hoja	-	-	-	-	-	-	-	.0838NS	.2710NS	.0265NS	.7293**	-.2242NS	-.4155*	.1551NS	.1297NS	-.4534**
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	.2407NS	.1073NS	.6297**	-.2471NS	-.3681*	.1155NS	.1418NS	-.2858NS
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0212NS	.3621*	-.0430NS	.3362NS	-.0344NS	-.2237NS	-.1890NS
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.1504NS	.1635NS	-.1255NS	.0858NS	-.2207NS	.0642NS
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.3567*	-.5648**	.2615NS	.0566NS	-.6052**
DIGMS Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2380NS	-.2404NS	.0217NS	.7709**
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0609NS	.1836NS	.7176**
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.2177NS	-.0455NS	
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.0226NS

\* Correlación significativa (P<.05).

\*\* Correlación altamente significativa (P<.01).

NS Correlación no significativa (P>.05).

#### 4. CONCLUSIONES

Los rendimientos en base seca de tallo, rastrojo , olote y grano, y altura de la planta de maíz fueron mayores en San Pedro y menores en San Juan, evidenciando que estas variables están relacionadas con la cantidad y distribución de la precipitación y tipo de suelo.

Las digestibilidades de bráctea y rastrojo de maíz fueron mayores en San Juan y menores de bráctea en La Torija y de rastrojo en San Pedro.

Los rendimientos en base seca y contenidos de fibra detergente neutro de los componentes aéreos de la planta fueron similares entre genotipos; mientras que las digestibilidades de bráctea y rastrojo fueron mayores en los maíces H-30 y menores en el Criollo y Col-1452.

Por la influencia de la interacción comunidad por genotipo sobre rendimiento de grano se sugiere cultivar el maíz Criollo en San Juan, el Col-1394 en La Torija y H-30 en San Pedro.

El rendimiento en base seca de grano se correlaciono negativamente con las digestibilidades de la materia seca de hoja, tallo, olote y rastrojo, evidenciando que a mayor rendimiento de grano menor digestibilidad del rastrojo

*EXPERIMENTO 3*

*INFLUENCIA DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO*

*Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ*

# INFLUENCIA DEL NIVEL DE HUMEDAD DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO

## Y CALIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ

### RESUMEN

Con objetivo de evaluar la influencia de tres niveles de humedad del suelo en el rendimiento en base seca (RMS), proporción relativa (PR), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad in vitro de la MS (DIGMS) de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea, rastrojo, espiga, olote y grano, se cultivaron los maíces V-415, V-412, H-219, A-781 y Criollo Olote Colorado. Los niveles de humedad del suelo fueron bajo, intermedio y alto con 388, 638, 978 mm de agua, respectivamente. Los datos se analizaron con un diseño en bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, asignando niveles de humedad a parcelas mayores y genotipos a parcelas menores. Los mayores ( $P < .05$ ) RMS para todos los componentes aéreos de la planta fueron con el nivel alto de humedad y en el maíz A-781, y los menores ( $P < .05$ ) con el nivel bajo de humedad y en el maíz V-415, con excepción de los rendimientos de olote y grano. El nivel de humedad solo afectó ( $P < .05$ ) las PR de hoja y tallo; la PR de hoja fue mayor con el nivel bajo de humedad y menor con el nivel alto, con tallo fue lo contrario. El genotipo afectó ( $P < .05$ ) la PR de todos los componentes, la mayor ( $P < .05$ ) PR de rastrojo fue de 621 g/kg MS en el genotipo A-781 y la menor fue de 500 en el genotipo V-415; la PR de grano representó el 33% del rendimiento aéreo total. Los contenidos de FDN y DIGMS solo fueron afectados ( $P < .05$ ) por el nivel de humedad. Los mayores ( $P < .05$ ) valores de FDN fueron con el nivel alto de humedad y fue el tallo el componente con mayor FDN. Las DIGMS de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron 7.1, 5.9, 5.7, 5.2, 10.0 y 6.2% mayores con el nivel bajo respecto al nivel alto de humedad, respectivamente. La humedad estimuló los rendimientos de los componentes aéreos, incrementando en éstos el contenido de fibra detergente neutro y disminuyendo la digestibilidad, ocasionando, en consecuencia, que se produzca rastrojo de menor calidad.

## 1. INTRODUCCION

Reducciones en los rendimientos de grano y forraje de maíz están asociados a condiciones ambientales y de manejo desfavorables. El estrés por agua es de los factores ambientales más importantes y su influencia sobre el crecimiento, desarrollo y partición de nutrientes se ha estudiado más ampliamente en maíz para producción de grano o de forraje para ensilar y son escasos los estudios que evalúen el efecto del estrés hídrico sobre la calidad del rastrojo.

Niveles de humedad del suelo favorables estimulan el rendimiento de grano, a costa de una reducción en la calidad del rastrojo que se genera, evidenciando que bajo condiciones óptimas y para algunos genotipos, el rendimiento de grano puede tener una correlación negativa con la calidad del rastrojo, debido a mayor traslocación de nutrientes de los componentes vegetativos hacia el grano. En cambio, bajo estrés por agua el rendimiento de forraje y sobre todo de grano se reducen, aunque el rastrojo que se genera tiende a ser de mejor calidad

El presente experimento se realizó con el objetivo de evaluar la influencia del nivel de humedad del suelo sobre los rendimientos de grano y rastrojo y calidad de éste en cinco genotipos de maíz.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Localización

El cultivo experimental se estableció en el área experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Bermejillo, Durango a  $25^{\circ}55'45''$  latitud Norte y  $105^{\circ}36'00''$  longitud Oeste, a una altitud de 1115 msnm. El clima de esta región se clasifica como desértico con lluvias en verano y precipitación media anual de 217 mm. El mes más caliente es julio con temperatura media de  $37.4^{\circ}\text{C}$  y el mes más frío es enero con temperatura mínima promedio de  $4^{\circ}\text{C}$  (García, 1981).

### 2.2. Tratamientos

Se evaluaron dos factores de estudio: humedad del suelo y genotipo de maíz. En el factor humedad se incluyeron los niveles bajo, intermedio y alto de humedad con 388, 638 y 978 mm de aporte de humedad, respectivamente. En el factor genotipo los niveles fueron los maíces V-415, H-412, H-219, A-781 y Criollo "Olote colorado", todos ellos se cultivan normalmente en La Laguna.

### 2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, asignando los niveles del factor humedad a parcelas mayores y genotipos a parcelas

menores. Cada tratamiento se incluyó en tres bloques. La unidad experimental se constituyó de una parcela de 6 surcos, cada uno de 3.6 m de largo, con una separación entre surcos de 0.8 m, orientados de oeste a este.

#### **2.4. Prácticas culturales**

El maíz se cultivó bajo condiciones de temporal con apoyo de riego, utilizando láminas de acuerdo a los niveles de humedad fijados para cada tratamiento.

##### **a) Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en barbecho, dos pasos de rastra cruzada y surcado para siembra.

##### **b) Siembra**

La siembra se realizó en forma manual el 6 de julio de 1989, a una densidad de 50 000 plantas por ha. Se manejó una planta por mata, con una separación entre matas de 0.25 m.

##### **c) Fertilización**

Se fertilizó según la fórmula 120-60-00, utilizando urea y superfosfato de calcio triple. Todo el fertilizante se aplicó al momento de la siembra.

##### **d) Control de malezas y plagas**

Las malezas se combatieron en forma manual durante todo el ciclo vegetativo. Las plagas se controlaron con insecticidas.

#### e) Riego

Independientemente de los niveles del factor humedad, todos los tratamientos recibieron una semana antes de la siembra un riego de apoyo de 259 mm de lámina. Este riego fue el único que recibieron las plantas de los tratamientos del nivel bajo de humedad. Los del nivel intermedio de humedad también recibieron, 35 días después de la siembra, un segundo riego de 250 mm de lámina, mientras que las plantas de los tratamientos del nivel alto de humedad, además de recibir los dos riegos anteriores, se les aplicó a los 55 y 75 días después de la siembra otros dos riegos de 160 y 180 mm de lámina, respectivamente (Cuadro 34). Las láminas y fechas de riego se efectuaron conforme las recomendaciones del CIAN para la Comarca Lagunera y estimadas para humedecer hasta una profundidad de 40 cm el suelo a capacidad de campo.

Además de los riegos, todos los tratamientos recibieron por igual el agua de lluvia. En el transcurso del experimento se presentaron cinco eventos lluviosos, cuya magnitud total fue de 129 mm de precipitación, estimada tomando como promedio los datos registrados en las estaciones meteorológicas de Mapimi y Tlahualilo, Durango (Cuadro 34).

#### f) Cosecha

Las cosechas de grano y rastrojo se realizaron manualmente el 20 de noviembre de 1989.

Cuadro 34. Láminas de riego y eventos lluviosos que sucedieron durante la fase experimental de campo.

Aporte de humedad	Fecha	Nivel de humedad del suelo		
		Bajo	Intermedio	Alto
		----- mm -----		
Por riego				
Presiembra	28/06/89	259.00	259.00	259.00
2 <sup>do</sup> riego	10/08/89	-	250.00	250.00
3 <sup>er</sup> riego	30/08/89	-	-	160.00
4 <sup>to</sup> riego	19/09/89	-	-	180.00
Por lluvia				
1 <sup>er</sup>	15/07/89	15.25	15.25	15.25
2 <sup>do</sup>	8/08/89	2.25	2.25	2.25
3 <sup>ro</sup>	22/08/89	22.75	22.75	22.75
4 <sup>to</sup>	10/09/89	22.75	22.75	22.75
5 <sup>to</sup>	6/10/89	66.00	66.00	66.00
Riego		259.00	509.00	849.00
Lluvia		129.00	129.00	129.00
Total		388.00	638.00	978.00

## 2.5. Obtención y procesamiento de muestras de campo

De los dos surcos centrales de cada parcela se tomaron muestras al azar de 6 plantas completas y contiguas, tres de un surco y tres de otro. Posteriormente, se procedió a separar, pesar y colocar en bolsas de polietileno, con su respectiva identificación los siguientes componentes aéreos de la planta: vaina, lámina, tallo, bráctea, espiga, olote y grano. Las técnicas para la determinaciones de laboratorio fueron similares a las descritas en el experimento 1.

## 2.6. Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron: rendimiento en base seca, proporción relativa y contenido de materia seca de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea, rastrojo, espiga, olote y grano. Contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad in vitro de la MS de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo. Los valores de hoja correspondieron al promedio ponderado de vaina y lámina, y de rastrojo al promedio ponderado de hoja, tallo y bráctea.

## 2.7. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1982), según el modelo:

$$Y_{ij}(k) = \mu + \beta_i + R_j + (\beta R)_{ij} + V_k + RV_j(k) + E_{ij}(k)$$

donde:

$Y_{ij}(k)$  = Cada una de las variables de respuesta.

$\mu$  = Media general.

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque;  $i = 1, 2, 3$ .

$R_j$  = Efecto del j-ésimo nivel de humedad;  $j = 1, 2, 3$ .

$\beta R_{ij}$  = Interacción del i-ésimo bloque con el j-ésimo nivel de humedad para evaluar efecto de humedad.

$V_k$  = Efecto del k-ésimo genotipo;  $k = 1, 2, 3, 4, 5$ .

$RV_j(k)$  = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel de humedad con la k-ésimo genotipo.

$E_{ij}(k)$  = Error experimental,  $\approx (0, \sigma^2)$ .

Las medias de tratamientos se compararon por el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

También se estimaron los coeficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca con contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS de cada componente aéreo de la planta de maíz.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Rendimiento de materia seca

Con excepción de los rendimientos de vaina y espiga, los rendimientos en base seca de los demás componentes aéreos de la planta fueron influenciados ( $P < .05$ ) por los niveles de humedad del suelo, siendo mayores con el nivel alto y menores con el nivel bajo de humedad del suelo (Cuadro 35).

Los rendimientos en base seca de lámina, hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano fueron 28, 24, 47, 40, 36, 48 y 58% mayores ( $P < .05$ ) con el nivel alto respecto al nivel bajo de humedad del suelo, respectivamente.

La magnitud del efecto del estrés por agua sobre el rendimiento depende del estado de crecimiento de la planta al momento en que ocurre el estrés, de la severidad y duración de éste y de la susceptibilidad de los genotipos (Classen y Shaw, 1970a; Jurgen *et al.*, 1978; Harder *et al.*, 1984; Lorens *et al.*, 1987b; Quattar *et al.*, 1987). En este experimento, quizá a menor humedad se afectaron los rendimientos de hoja y tallo y altura de la planta, órganos reproductivos y potencial de producción de grano. Las reducciones en el rendimiento de grano pueden ser consecuencia del efecto del estrés hídrico sobre la actividad fotosintética y traslocación de nutrientes de las partes vegetativas al grano, como lo señalan Jurgen *et al.* (1978).

Con excepción de los rendimientos de olote y grano, los rendimientos de los demás componentes aéreos de la planta fueron

diferentes ( $P < .05$ ) entre genotipos, siendo mayores en el maíz A-781 y menores en el maíz V-415 (Cuadro 36). Los genotipos difieren en su susceptibilidad al estrés hídrico, los más resistentes se caracterizan, según Lorens *et al.* (1987a), por poseer un sistema radicular de mayor longitud y densidad, alto potencial hídrico foliar y baja resistencia a la diferenciación foliar durante el tiempo del estrés por agua.

La interacción nivel de humedad con genotipo fue significativa ( $P < .05$ ) para los rendimientos de vaina, bráctea, espiga y rastrojo. Los mayores rendimientos en los niveles bajo, intermedio y alto de vaina fueron en los maíces A-781, A-781 y Criollo; de bráctea en los maíces A-781, H-219 y Criollo; de espiga en los maíces H-219, H-412 y Criollo, y de rastrojo en los maíces A-781, A-781 y Criollo, respectivamente.

### 3.2. Proporción relativa

El nivel de humedad del suelo afectó ( $P < .05$ ) sólo las proporciones relativas de hoja y tallo. En los niveles bajo, intermedio y alto de humedad la hoja representó el 50, 47 y 43%, y el tallo el 31, 31 y 37% del rastrojo producido, respectivamente (Cuadro 37). Con el nivel bajo de humedad se estimuló la proporción de hoja y se limitó la de tallo, coincidiendo con las observaciones de Classen y Shaw (1970a), Monteagudo (1976) y Pilar y Johnson (1981).

Con excepción de olote, las proporciones relativas de los demás componentes aéreos de la planta fueron diferentes ( $P < .05$ )

Cuadro 35. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.

Componente	Nivel de humedad del suelo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Bajo	Intermedio	Alto	
	kg MS/ha			
Vaina	1306.10 <sup>a</sup>	1347.30 <sup>a</sup>	1604.30 <sup>a</sup>	113.294
Lámina	1739.00 <sup>b</sup>	1832.00 <sup>b</sup>	2417.00 <sup>a</sup>	184.063
Hoja	3045.10 <sup>b</sup>	3179.30 <sup>b</sup>	4021.40 <sup>a</sup>	263.694
Tallo	1871.50 <sup>b</sup>	2203.20 <sup>b</sup>	3512.30 <sup>a</sup>	333.258
Bráctea	1146.00 <sup>b</sup>	1466.50 <sup>ab</sup>	1918.40 <sup>a</sup>	208.339
Rastrojo	6062.60 <sup>b</sup>	6849.00 <sup>b</sup>	9452.10 <sup>a</sup>	706.511
Espiga	323.89 <sup>a</sup>	307.22 <sup>a</sup>	346.11 <sup>a</sup>	25.720
Olote	697.20 <sup>b</sup>	1059.50 <sup>ab</sup>	1352.20 <sup>a</sup>	186.280
Grano	2638.90 <sup>b</sup>	4517.20 <sup>ab</sup>	6300.00 <sup>a</sup>	727.330

<sup>ab</sup> Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes ( $P < .05$ ).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 36. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Genotipo					E. E. M. <sup>1</sup>
	V-415	H-412	H-219	A-781	Criollo	
	kg MS/ha					
Vaina	1051.52 <sup>b</sup>	1565.04 <sup>a</sup>	1477.27 <sup>a</sup>	1634.61 <sup>a</sup>	1367.72 <sup>a</sup>	113.294
Lámina	1331.40 <sup>c</sup>	2220.10 <sup>ab</sup>	1940.00 <sup>b</sup>	2560.20 <sup>a</sup>	1928.20 <sup>b</sup>	184.063
Hoja	2383.00 <sup>c</sup>	3785.20 <sup>ab</sup>	3417.30 <sup>b</sup>	4194.80 <sup>a</sup>	3296.00 <sup>b</sup>	263.694
Tallo	1625.40 <sup>b</sup>	2893.50 <sup>a</sup>	2296.10 <sup>ab</sup>	3054.90 <sup>a</sup>	2775.00 <sup>a</sup>	333.258
Bráctea	1219.50 <sup>b</sup>	1361.40 <sup>ab</sup>	1549.10 <sup>ab</sup>	1808.20 <sup>a</sup>	1613.40 <sup>ab</sup>	208.339
Rastrojo	5227.90 <sup>c</sup>	8040.20 <sup>ab</sup>	7262.50 <sup>b</sup>	9057.90 <sup>a</sup>	7684.30 <sup>ab</sup>	706.511
Espiga	235.19 <sup>b</sup>	361.11 <sup>a</sup>	354.63 <sup>a</sup>	327.78 <sup>a</sup>	350.00 <sup>a</sup>	25.720
Olote	879.60 <sup>a</sup>	1073.20 <sup>a</sup>	1160.20 <sup>a</sup>	1156.50 <sup>a</sup>	912.00 <sup>a</sup>	186.280
Grano	4302.80 <sup>a</sup>	5077.80 <sup>a</sup>	4675.00 <sup>a</sup>	4464.80 <sup>a</sup>	3906.50 <sup>a</sup>	727.330

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

entre genotipos. Las mayores proporciones de hoja, tallo, bráctea, grano y rastrojo fueron en los maíces H-219, Criollo, V-415, V-415 y A-781, respectivamente (Cuadro 38).

No se observó efecto ( $P > .05$ ) de la interacción entre nivel de humedad con genotipo.

### 3.3. Contenido de materia seca

El nivel de humedad afectó ( $P < .05$ ) los contenidos de MS de vaina, lámina, hoja, bráctea y rastrojo. Los mayores ( $P < .05$ ) contenidos de MS fueron con el nivel bajo y los menores ( $P < .05$ ) con el nivel alto de humedad del suelo (Cuadro 39). Los mayores contenidos de MS observados con el mínimo nivel de humedad pudieron estar asociados a una madurez prematura como un mecanismo fisiológico natural de sobrevivencia de la planta.

Quattar et al. (1987) observaron que el estrés hídrico afecta el contenido de MS de hojas, mientras que en tallo el efecto fue inconsistente, lo que implica que puede existir cierta asociación entre los contenidos de humedad del tallo y grano. En este estudio, sí el contenido de MS del grano no fue afectado por el nivel de humedad se confirmaría lo planteado por Quattar et al. (1987) en el sentido de que el tallo puede funcionar como reservorio para mantener los niveles adecuados de humedad durante la formación del grano cuando la planta se expone a estrés hídrico.

Los contenidos de MS de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron diferentes ( $P < .05$ ) entre genotipos, resultando

Cuadro 37. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.

Componente	Nivel de humedad del suelo			E. E. M. <sup>4</sup>
	Bajo	Intermedio	Alto	
	g/kg MS			
Vaina <sup>1</sup>	431.25 <sup>a</sup>	428.11 <sup>a</sup>	402.62 <sup>a</sup>	17.582
Lámina <sup>1</sup>	568.75 <sup>a</sup>	571.89 <sup>a</sup>	597.38 <sup>a</sup>	17.578
Hoja <sup>2</sup>	503.93 <sup>a</sup>	469.95 <sup>b</sup>	426.84 <sup>c</sup>	19.171
Tallo <sup>2</sup>	305.98 <sup>b</sup>	315.90 <sup>ab</sup>	368.29 <sup>a</sup>	16.189
Bráctea <sup>2</sup>	190.09 <sup>a</sup>	214.15 <sup>a</sup>	204.87 <sup>a</sup>	15.579
Rastrojo <sup>3</sup>	624.49 <sup>a</sup>	534.39 <sup>a</sup>	544.12 <sup>a</sup>	26.186
Espiga <sup>3</sup>	33.72 <sup>a</sup>	24.60 <sup>b</sup>	20.25 <sup>b</sup>	2.259
Olote <sup>3</sup>	71.82 <sup>a</sup>	83.93 <sup>a</sup>	75.89 <sup>a</sup>	8.966
Grano <sup>3</sup>	269.98 <sup>a</sup>	357.07 <sup>a</sup>	359.75 <sup>a</sup>	23.541

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Como componentes de la hoja

<sup>2</sup>Como componentes del rastrojo

<sup>3</sup>Como componente del rendimiento aéreo total

<sup>4</sup>Error estándar de la media

Cuadro 38. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Genotipo					E. E. M. <sup>4</sup>
	V-415	H-412	H-219	A-781	Criollo	
	g /kg MS					
Vaina <sup>1</sup>	438.75 <sup>a</sup>	419.00 <sup>ab</sup>	440.41 <sup>a</sup>	389.79 <sup>b</sup>	415.33 <sup>ab</sup>	17.582
Lámina <sup>1</sup>	561.25 <sup>b</sup>	581.00 <sup>ab</sup>	559.59 <sup>b</sup>	610.21 <sup>a</sup>	584.67 <sup>ab</sup>	17.578
Hoja <sup>2</sup>	461.58 <sup>ab</sup>	476.95 <sup>ab</sup>	485.20 <sup>a</sup>	476.43 <sup>ab</sup>	434.38 <sup>b</sup>	19.171
Tallo <sup>2</sup>	306.30 <sup>b</sup>	352.13 <sup>a</sup>	307.40 <sup>b</sup>	328.17 <sup>ab</sup>	356.29 <sup>a</sup>	16.189
Bráctea <sup>2</sup>	232.12 <sup>a</sup>	170.92 <sup>b</sup>	207.40 <sup>ab</sup>	195.40 <sup>ab</sup>	209.33 <sup>a</sup>	15.579
Rastrojo <sup>3</sup>	500.12 <sup>c</sup>	553.80 <sup>bc</sup>	556.58 <sup>bc</sup>	621.06 <sup>a</sup>	606.76 <sup>ab</sup>	26.186
Espiga <sup>3</sup>	24.27 <sup>ab</sup>	26.02 <sup>ab</sup>	29.06 <sup>a</sup>	23.39 <sup>b</sup>	28.21 <sup>ab</sup>	2.259
Olote <sup>3</sup>	82.13 <sup>a</sup>	73.58 <sup>a</sup>	82.69 <sup>a</sup>	76.51 <sup>a</sup>	71.15 <sup>a</sup>	8.966
Grano <sup>3</sup>	393.49 <sup>a</sup>	346.60 <sup>ab</sup>	331.66 <sup>bc</sup>	279.04 <sup>c</sup>	293.87 <sup>bc</sup>	23.541

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Como componentes de la hoja

<sup>2</sup>Como componentes del rastrojo

<sup>3</sup>Como componente del rendimiento aéreo total

<sup>4</sup>Error estándar de la media

mayores ( $P < .05$ ) en el maíz V-415 y menores ( $P < .05$ ) en el maíz A-781 (Cuadro 40). Las diferencias en contenidos de MS entre genotipos pudo estar asociada a la precocidad de éstos. Cuando la fecha de cosecha es la misma entre los maíces de ciclo precoz y tardío se favorece a los tardíos por que se encuentran en un estado de madurez menor a los de ciclo precoz.

No se observó efecto ( $P > .05$ ) de la interacción nivel de humedad con genotipo.

#### **3.4. Contenido de fibra detergente neutro**

El nivel de humedad del suelo influyó ( $P < .05$ ) los contenidos de fibra detergente neutro de vaina, hoja, bráctea y rastrojo, resultando 7.1, 6.3, 8.5 y 6.5% mayores ( $P < .05$ ) con el nivel alto de humedad en comparación al nivel bajo, respectivamente (Cuadro 41). Estos resultados coinciden con los reportados por Van Soest et al. (1978), McDonnell (1982), Roth (1987) y Irlbeck et al. (1991) y se pudieron deber a que con el nivel alto de humedad se estimula la movilización de carbohidratos no estructurales de hojas y tallo al grano, incrementándose el rendimiento de grano y el contenido de carbohidratos estructurales en hojas y tallo.

Los contenidos de fibra detergente neutro de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos con valores promedios de 647, 639, 642, 641, 677 y 633 g/kg MS, respectivamente (Cuadro 42).

No se observó efecto ( $P > .05$ ) de la interacción nivel de humedad con genotipo.

Cuadro 39. Contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.

Componente	Nivel de humedad del suelo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Bajo	Intermedio	Alto	
	g/kg MS			
Vaina	807.11 <sup>a</sup>	675.33 <sup>b</sup>	527.42 <sup>c</sup>	74.801
Lámina	877.64 <sup>a</sup>	704.18 <sup>b</sup>	535.07 <sup>c</sup>	77.771
Hoja	845.36 <sup>a</sup>	692.52 <sup>b</sup>	532.21 <sup>c</sup>	68.824
Tallo	357.84 <sup>a</sup>	316.81 <sup>a</sup>	278.39 <sup>a</sup>	56.162
Bráctea	713.67 <sup>a</sup>	655.92 <sup>a</sup>	569.60 <sup>b</sup>	65.407
Rastrojo	670.82 <sup>a</sup>	556.91 <sup>b</sup>	460.99 <sup>b</sup>	51.811
Espiga	942.36 <sup>a</sup>	922.11 <sup>a</sup>	895.31 <sup>a</sup>	53.845

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 40. Contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Genotipo					E. E. M. <sup>1</sup>
	V-415	H-412	H-219	A-781	Criollo	
	g /kg MS					
Vaina	857.63 <sup>a</sup>	692.59 <sup>ab</sup>	640.44 <sup>bc</sup>	505.04 <sup>c</sup>	654.07 <sup>bc</sup>	74.801
Lámina	877.41 <sup>a</sup>	712.26 <sup>ab</sup>	671.89 <sup>b</sup>	571.44 <sup>b</sup>	695.15 <sup>ab</sup>	77.771
Hoja	868.19 <sup>a</sup>	704.24 <sup>ab</sup>	657.51 <sup>b</sup>	542.24 <sup>b</sup>	677.98 <sup>b</sup>	68.824
Tallo	419.26 <sup>a</sup>	300.19 <sup>ab</sup>	311.01 <sup>ab</sup>	251.17 <sup>b</sup>	306.78 <sup>ab</sup>	56.162
Bráctea	842.86 <sup>a</sup>	649.23 <sup>b</sup>	650.27 <sup>b</sup>	510.12 <sup>b</sup>	579.51 <sup>b</sup>	65.407
Rastrojo	720.00 <sup>a</sup>	569.34 <sup>b</sup>	542.52 <sup>bc</sup>	444.31 <sup>c</sup>	538.36 <sup>cb</sup>	51.811
Espiga	973.65 <sup>a</sup>	907.30 <sup>a</sup>	956.13 <sup>a</sup>	868.03 <sup>a</sup>	894.51 <sup>a</sup>	53.845

<sup>abc</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 41. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.

Componente	Nivel de humedad del suelo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Bajo	Intermedio	Alto	
	g /kg MS			
Vaina	661.96 <sup>b</sup>	696.77 <sup>a</sup>	712.99 <sup>a</sup>	17.319
Lámina	615.67 <sup>a</sup>	620.20 <sup>a</sup>	638.09 <sup>a</sup>	12.745
Hoja	622.65 <sup>b</sup>	649.56 <sup>ab</sup>	664.91 <sup>a</sup>	9.797
Tallo	547.57 <sup>a</sup>	560.24 <sup>a</sup>	600.81 <sup>a</sup>	27.920
Bráctea	687.47 <sup>b</sup>	727.73 <sup>ab</sup>	751.43 <sup>a</sup>	28.102
Rastrojo	610.25 <sup>b</sup>	634.64 <sup>ab</sup>	652.95 <sup>a</sup>	13.523

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 42. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Genotipo					E. E. M. <sup>1</sup>
	V-415	H-412	H-219	A-781	Criollo	
	g /kg MS					
Vaina <sup>ns</sup>	683.24	692.00	697.83	698.85	680.95	17.319
Lámina <sup>ns</sup>	616.76	633.85	630.25	626.85	615.55	12.745
Hoja <sup>ns</sup>	635.21	654.06	655.42	649.32	634.54	9.797
Tallo <sup>ns</sup>	594.38	589.49	544.19	579.75	539.89	27.920
Bráctea <sup>ns</sup>	744.46	740.37	721.19	685.33	719.69	28.102
Rastrojo <sup>ns</sup>	648.00	637.67	628.55	627.50	621.35	13.523

<sup>ns</sup>Medias dentro de hileras no son diferentes ( $P > .05$ ).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

### 3.5. Digestibilidad de la materia seca

Las digestibilidades de la MS de vaina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron influenciados ( $P < .05$ ) por el nivel de humedad del suelo, sin efecto ( $P > .05$ ) por genotipo o interacción nivel de humedad con genotipo.

Las digestibilidades de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en 7.0, 5.9, 5.7, 5.2, 10.0 y 6.2 unidades porcentuales con el nivel bajo con respecto al nivel alto de humedad (Cuadro 43).

Van Soest et al. (1978), McDonnell (1982), Roth (1987) e Irlbeck et al. (1991) coincidieron en señalar que la digestibilidad de la MS del rastrojo de cultivos de maíces sujetos a estrés hídrico es mayor hasta en 10 unidades porcentuales que la digestibilidad del rastrojo de maíces cultivados en ambientes óptimos de humedad; coincidiendo con los resultados del presente estudio y que esta asociado al mayor contenido de carbohidratos estructurales en el rastrojo de maíces sujetos a estrés hídrico. También se puede deber al efecto del estrés por agua sobre el contenido de N en grano y forraje. Guyer et al (1983) observaron mayores contenidos de proteína en rastrojo de maíz cultivado en condiciones de estrés por agua que maíces sujetos a riego. Mientras que Stone y Tucker, y Nelson et al (citados por Fernández, 1987) no observaron influencia de la humedad del suelo sobre el contenido de proteína cruda en forraje.

Las digestibilidades de la MS de vaina, lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos con

valores promedios de 619, 615, 618, 618, 609 y 617 g/kg MS, respectivamente (Cuadro 44).

Debido a que el rendimiento de grano fue similar entre genotipos, la traslocación de carbohidratos no-estructurales de hoja y tallo se esperaría que fuera similar entre genotipos, por tanto el contenido de FDN y la DIGMS también serían similares entre genotipos, como sucedió en este estudio.

### 3.6. Correlaciones

El rendimiento en base seca de grano se correlacionó ( $P < .05$ ) positivamente con los rendimientos en base seca de los demás componentes aéreos de la planta de maíz y con los contenidos de fibra detergente de vaina, hoja, tallo y bráctea, y negativamente con las digestibilidades de la MS de vaina, hoja, bráctea y rastrojo de maíz (Cuadro 45). Estas correlaciones pueden estar asociadas fisiológicamente a mayores fotosíntatos canalizados para la formación del grano y a la traslocación de carbohidratos no-estructurales de hojas y tallo hacia grano, en consecuencia, a mayor rendimiento de grano mayor contenido de carbohidratos estructurales y menores digestibilidades en hojas, tallo y rastrojo, como lo señalan Campbell (1964), Russell (1986) y Barber y Jessop (1987).

Cuadro 43. Digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de maíces cultivados con tres niveles de humedad del suelo, promedio de cinco genotipos.

Componente	Nivel de humedad del suelo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Bajo	Intermedio	Alto	
	g /kg MS			
Vaina	675.07 <sup>a</sup>	632.77 <sup>ab</sup>	604.10 <sup>b</sup>	26.453
Lámina	627.16 <sup>a</sup>	614.66 <sup>a</sup>	567.92 <sup>a</sup>	32.420
Hoja	644.85 <sup>a</sup>	622.02 <sup>ab</sup>	587.57 <sup>b</sup>	21.251
Tallo	661.33 <sup>a</sup>	636.66 <sup>ab</sup>	609.20 <sup>b</sup>	24.674
Bráctea	651.49 <sup>a</sup>	599.40 <sup>ab</sup>	550.15 <sup>b</sup>	31.518
Rastrojo	649.03 <sup>a</sup>	615.86 <sup>a</sup>	586.13 <sup>b</sup>	15.419

<sup>ab</sup>Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 44. Digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos de maíz, promedio de tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Genotipo					E. E. M. <sup>1</sup>
	V-415	H-412	H-219	A-781	Criollo	
	g / kg MS					
Vaina <sup>ns</sup>	628.75	631.65	640.09	653.42	632.66	26.453
Lámina <sup>ns</sup>	560.15	590.99	605.10	623.69	636.30	32.420
Hoja <sup>ns</sup>	591.61	612.50	622.88	639.73	624.01	21.251
Tallo <sup>ns</sup>	627.61	640.80	643.56	608.43	658.25	24.674
Bráctea <sup>ns</sup>	593.35	592.03	589.93	618.66	620.96	31.518
Rastrojo <sup>ns</sup>	601.34	615.89	621.46	623.12	623.24	15.419

<sup>ns</sup>Medias dentro de hileras no son diferentes (P>.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

Cuadro 45. Coeficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de los componentes aéreos de cinco genotipos de maíz, cultivados con tres niveles de humedad del suelo.

Variable	Rendimiento de MS (RMS)									Fibra detergente neutro (FDN)						Digestibilidad de la MS (DIGMS)					
	Vaina	Lámina	Hoja	Tallo	Espiga	Bráctea	Orote	Grano	Rastrojo	Vaina	Lámina	Hoja	Tallo	Bráctea	Rastrojo	Vaina	Lámina	Hoja	Tallo	Bráctea	Rastrojo
RMS:Vaina	-	.8190**	.9291**	.7746**	.6298**	.6593**	.5998**	.5284**	.8525**	.3997**	.1741NS	.4001**	.0475NS	.0490NS	.0812NS	-.1424NS	.0642NS	.0118NS	-.1425NS	-.1606NS	-.1097NS
Lámina	-	-	.9772**	.8979**	.6708**	.7418**	.6440**	.5836**	.9476*	.3464**	.2182NS	.3317*	.1169NS	-.0544NS	.0459NS	-.1854NS	.0415NS	-.0193NS	-.2075NS	-.1385NS	-.1535NS
Hoja	-	-	-	.8919**	.6894**	.7440**	.6560**	.5839**	.9542**	.3814**	.2116*	.3716**	.0963NS	-.0186NS	.0610NS	-.1777NS	.0518NS	-.0086NS	-.1926NS	-.1527NS	-.1440NS
Tallo	-	-	-	-	.6258**	.7859**	.6803**	.6823**	.9702**	.4262**	.2785NS	.4311**	.1301NS	.1224NS	.1493NS	-.3528*	-.0234NS	-.1601NS	-.2856NS	-.2846NS	-.3124*
Espiga	-	-	-	-	-	.5613**	.3954**	.3369**	.6739**	.1264NS	-.0057NS	.0146NS	-.1045NS	-.1559NS	-.2090NS	.0670NS	.1981NS	.1122NS	-.0173NS	.1247NS	.0603NS
Bráctea	-	-	-	-	-	-	.7380**	.7154**	.8676**	.4583**	.2084NS	.4083**	.1632NS	.1074NS	.2640NS	-.2339NS	-.0356NS	-.1224NS	-.2535NS	-.2482NS	-.2796*
Orote	-	-	-	-	-	-	-	.8713**	.7263**	.5560**	.2905**	.5818**	.2198NS	.2126NS	.3605*	-.3032*	-.1409NS	-.2013NS	.1948NS	-.3548*	-.3056*
Grano	-	-	-	-	-	-	-	-	.6958**	.6262**	.1875NS	.5456**	.3484*	.4091**	.4957NS	-.4403*	-.2458NS	-.3545*	-.2467NS	-.4660**	-.4412**
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.4425**	.2536NS	.4294NS	.1327NS	.0719NS	.1509NS	-.2793NS	.0013NS	-.1027NS	-.2598NS	-.2427NS	-.2590NS
FDN:Vaina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.0694NS	.6562**	.2607NS	.2390NS	.4599**	-.6114NS	-.1399NS	-.3631*	-.1813NS	-.2833NS	-.3576*
Lámina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.7241**	.0981NS	.1631NS	.3360*	-.2735NS	-.1414NS	-.2010NS	-.3691*	-.4339**	-.4194**
Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2292NS	.3065*	.5601**	.5455**	-.2483NS	-.4037**	-.3639*	-.5603**	-.5390**
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.4539NS	.8338**	-.0550NS	-.3737*	-.2935*	-.0430NS	-.3535*	-.2690NS
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.7442**	-.2873*	-.2752NS	-.3373*	.0455NS	-.7584**	-.4008**
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.3148*	-.3912**	-.4313**	-.1104**	-.6477**	.4760*
DIGMS Vaina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2321NS	.6569**	.3303*	.2839*	.6234**	
Lámina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.8588**	.2435**	.4018**	.7073**	
Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2891NS	.388**	.8071**	
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.2355NS	.6615**	
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.6200**	
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

\* Correlación significativa (P<.05).

\*\* Correlación altamente significativa (P<.01).

NS Correlación no significativa (P>.05).

#### 4. CONCLUSIONES

Los rendimientos en base seca de lámina, hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano y los contenidos de fibra detergente neutro de vaina, hoja, bráctea y rastrojo fueron mayores con el nivel alto y menores con el nivel bajo de humedad del suelo. En cambio, las digestibilidades de la materia seca de vaina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron mayores con el nivel bajo y menores con el nivel alto de humedad del suelo.

El rendimiento de grano fue similar entre genotipos, mientras que los rendimientos de lámina, hoja, tallo, bráctea y rastrojo fueron mayores en el genotipo A-781 y menores en el V-415. Los contenidos de fibra detergente neutro y digestibilidades de la materia seca fueron similares entre genotipos.

El rendimiento de grano se correlacionó positivamente con el contenido de fibra detergente neutro y negativamente con las digestibilidades de hoja, bráctea y rastrojo de maíz, evidenciando que cuando los niveles de humedad del suelo favorecen mayores rendimientos de grano se produce rastrojo de maíz con mayor contenido de fibra detergente neutro y menor digestibilidad.

*ESTUDIO 4*

---

*RENDIMIENTO Y CALIDAD DE RASTROJOS DE MAIZ*

*COSECHADOS A DIFERENTE EDAD CRONOLOGICA*

# RENDIMIENTO Y CALIDAD DE RASTROJOS DE MAIZ COSECHADOS A DIFERENTE EDAD CRONOLOGICA

## RESUMEN

Tres genotipos de maíz se cultivaron bajo condiciones de temporal, para evaluar los efectos de genotipo y fechas de cosechas de grano y rastrojo, sobre el rendimiento en base seca (RMS), proporción relativa (PR), contenido de MS (CMS), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIGMS) de hoja, tallo, bráctea, rastrojo, olote y grano. Se estudiaron los genotipos: Pioneer-3225, Híbrido-507 y Criollo Mecatán en 5 fechas de cosecha de grano y rastrojo. La primera cosecha se realizó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica y las siguientes se realizaron a intervalos de 16 días. Los datos se analizaron mediante un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, asignado fechas de cosecha a parcelas mayores y genotipos a parcelas menores. Los rendimientos de hoja, tallo, bráctea y rastrojo disminuyeron ( $P < .05$ ) después de la madurez en 28.3, 22.8, 4.2 y 55.3 kg por día/ha, respectivamente. Los rendimientos de hoja, tallo y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en el maíz Criollo y menores ( $P < .05$ ) en el maíz Híbrido. Las PR de hoja y bráctea fueron mayores ( $P < .05$ ) en el maíz Híbrido y similares ( $P > .05$ ) entre los maíces Pioneer y Criollo, de tallo la PR fue menor ( $P < .05$ ) en Híbrido. Los contenidos de MS de hoja, tallo, bráctea, olote y grano fueron de 342, 266, 464, 401 y 628 g a la madurez y aumentaron ( $P < .05$ ) a 898, 794, 900, 902 y 907 g por kg MS, respectivamente, de los 48 a 64 días después de la madurez. Los contenidos de FDN de hoja, tallo, olote y rastrojo aumentaron en 3.3, 12.0, 23.3 y 7.5% en los 64 días de estudio. Los valores de FDN fueron menores ( $P < .05$ ) en el maíz Pioneer. Las DIGMS de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo disminuyeron ( $P < .05$ ) en 22.9, 11.9, 16.9, 36.1 y 16.1%, respectivamente, después de 64 días de la madurez. La DIGMS fue similar ( $P > .05$ ) entre genotipos. El contenido de MS de grano se correlacionó negativamente ( $P < .05$ ) con el rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta. Lo anterior evidencia la importancia de aprovechar el rastrojo una vez que el grano ha alcanzado la madurez y cultivar genotipos de maíz que produzcan mayor rendimiento de rastrojo sin afectar el rendimiento de grano.

## 1. INTRODUCCION

La máxima calidad de forraje de maíz se obtiene pocos días después de la floración, mientras que el máximo rendimiento en base seca coincide con la madurez fisiológica de la planta. Después de obtenida la máxima calidad, ésta tiende a disminuir hasta la madurez debido a la traslocación de nutrientes de los componentes vegetativos hacia el grano; después de la madurez, por traslocación de nutrientes de las partes vegetativas hacia el suelo, por respiración no compensada por fotosíntesis, por pérdidas mecánicas, así como por el método utilizado para las cosechas de grano y rastrojo.

Al aumentar el intervalo de tiempo entre la madurez fisiológica y la cosecha del rastrojo, se pueden incrementar las pérdidas de componentes de rastrojo y la concentración de carbohidratos estructurales, con reducción en el contenido de carbohidratos no-estructurales, proteína cruda y digestibilidad. Estos cambios parecen ser más marcados en hojas y tallos que en brácteas, olotes y grano.

El objetivo del presente experimento fue cuantificar los cambios en rendimiento y calidad del rastrojo de tres genotipos de maíz a diferente edad cronológica después de la madurez fisiológica de la planta.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Localización

El cultivo experimental se estableció en la Sociedad Agropecuaria El Salado, municipio de San Blas, Nayarit, a 21°33'00'' latitud Norte y 105°17'00'' longitud Oeste, con una altitud de 2.0 msnm. El clima de la región es definido por García (1981) como  $Aw_2(w)(i)$ : cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación y temperatura media anual de 1396 mm y 24.7°C, respectivamente.

### 2.2. Tratamientos

Se evaluaron dos factores de estudio, fecha de cosecha y genotipo. En el primer factor se evaluaron cinco fechas de cosecha, la primera se realizó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica (96 días después de la siembra) y los siguientes cuatro se realizaron a intervalos de 16 días. El factor genotipo incluyó los maíces Pioneer-3225, Híbrido-422 y Criollo Mecatán.

### 2.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, asignando las fechas de cosecha a parcelas mayores y genotipos a parcelas menores. Cada tratamiento se incluyó en tres bloques. La unidad experimental se constituyó por una parcela de 4 surcos, de 8 m de largo, con una separación entre surcos de 0.83 m, orientados de oeste a este.

## 2.4. Prácticas culturales

El maíz se cultivó bajo condiciones de temporal, siguiendo las recomendaciones técnicas del Campo Experimental de Santiago Ixcuintla, Nayarit (INIA, 1976).

### a) Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y consistió en barbecho, dos pasos de rastra cruzada y surcado para siembra.

### b) Siembra

La siembra se realizó en forma manual el 20 de julio de 1991, a una densidad de 40,000 plantas por hectárea. Se tuvieron dos plantas por mata, con una separación entre matas de 0.6 m.

### c) Fertilización

Se fertilizó según la fórmula 80-40-00. El 50% del nitrógeno y todo el fósforo se aplicó al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó en la segunda labor de cultivo.

### d) Control de malezas y plagas

Las malezas se controlaron con dos labores de cultivo, la primera se realizó 20 días posterior de la emergencia de la plántula y la segunda a los 35 días. Las plagas se controlaron con insecticidas.

### e) Cosecha

Las cosechas de grano y forraje se realizaron en forma manual en las fechas determinadas.

## 2.5. Obtención y procesamiento de muestras de campo

De los dos surcos centrales de cada parcela se tomaron muestras al azar de 10 plantas completas y contiguas, cinco de un surco y cinco de otro. Posteriormente se procedió a separar, pesar y colocar en bolsas de polietileno con su respectiva identificación los siguientes componentes aéreos de la planta: hoja, tallo, bráctea, olote y grano. Las técnicas para las determinaciones de laboratorio fueron similares a las descritas en el experimento 1.

## 2.6. Variables de respuesta

Las variables de respuesta fueron: rendimiento en base seca, proporción relativa y contenido de materia seca de hoja, tallo, bráctea, olote, grano y rastrojo. Contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad in vitro de la materia seca de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo. Se realizaron análisis de regresión de rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS. Los valores de rastrojo correspondieron al promedio ponderado de hoja, tallo y bráctea.

## 2.7. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., 1982), de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij}(k) = \mu + \beta_i + C_j + (BC)_{ij} + V_k + CV_j(k) + E_{ij}(k)$$

donde:

$$Y_{ij}(k) = \text{Cada una de las variables de respuesta.}$$

$\mu$  = Media general.

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque,  $i = 1, 2, 3$ .

$C_j$  = Efecto de la j-ésima fecha de cosecha,  $j=1, 2, 3, 4, 5$ .

$\beta C_{ij}$  = Interacción del i-ésimo bloque con j-ésima fecha de cosecha para evaluar efecto de fecha de cosecha.

$V_k$  = Efecto del k-ésimo genotipo,  $k = 1, 2, 3$ .

$CV_j(k)$  = Efecto de la interacción de la j-ésima fecha con el k-ésimo genotipo.

$E_{ij}(k)$  = Error experimental,  $\approx NI(0, \sigma^2)$ .

Las medias de tratamientos se compararon por el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

Se estimaron los coeficientes de correlación simple entre rendimiento en base seca con contenido de materia seca de grano, así como con contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS para cada componente aéreo de la planta de maíz.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Rendimiento en base seca

Los rendimientos en base seca de hoja, tallo y rastrojo fueron influidos ( $P < .05$ ) por la fecha de cosecha y genotipo, sin efecto ( $P > .05$ ) de la interacción entre los niveles de estos dos factores.

Durante el período comprendido del día 1 al 64 después de la madurez los rendimientos de hoja, tallo, bráctea y rastrojo disminuyeron ( $P < .05$ ) 28.3, 22.8, 4.2 y 55.3 kg MS/día/ha, respectivamente (Cuadros 46 y 47). Estas reducciones se pudieron deber a la traslocación de nutrientes de los componentes aéreos a la raíz, por respiración no compensada por fotosíntesis, por acción de lluvia, temperatura y viento, así como por el método utilizado para las cosechas de grano y rastrojo, como lo señalan Andrieu (1976), Phipps y Weller (1976), Anderson (1978) y Silva y Hallaver (1984).

Alives et al. (1982) y Perry y Smith (1984) reportaron reducciones diarias de 15.4 y 28.0 kg MS/ha en el rendimiento de rastrojo después de la madurez, reducciones menores a las que se observaron en este estudio. Weaver et al. (1978) reportaron reducciones diarias en el rendimiento de hoja de 29.5 kg MS/ha. En Chapingo, Toledo y Sánchez (1989) evaluaron los rendimientos de grano y rastrojo en tres fechas de cosecha a intervalos de 30 días en una asociación maíz-veza común. Durante este período observaron reducciones de 1.5, 4.1, 2.8, 0.5 y 6.1 kg de

MS/día/ha de tallo, hoja, lámina, bráctea y rastrojo, respectivamente.

Los rendimientos de hoja, tallo y rastrojo fueron mayores ( $P < .05$ ) en maíz Criollo y menores ( $P < .05$ ) en maíz Híbrido. Los rendimientos de bráctea, olote y grano fueron similares ( $P > .05$ ) entre genotipos (Cuadro 48). Los maíces criollos se seleccionaron por su capacidad de adaptación a la región donde se cultivan, mientras que los híbridos fueron liberados para obtener mayores rendimientos de grano si las condiciones ambientales no actúan como limitantes, sin interesar cual es el rendimiento de grano y calidad del rastrojo que producen. Lo anterior puede ayudar a explicar por que los rendimientos de rastrojos son mayores en maíces criollos, mientras que de grano pueden ser similares a los maíces mejorados.

### 3.2. Proporción relativa

La fecha de cosecha y el genotipo afectaron ( $P < .01$ ) las proporciones relativas de los componentes aéreos de la planta, sin efecto ( $P > .05$ ) de la interacción entre los niveles de estos dos factores.

Las proporciones relativas de hoja, tallo, bráctea, olote, grano y rastrojo fueron de 369, 470, 161, 87, 333 y 580 g/kg MS a la madurez y cambiaron a 263, 524, 212, 98, 438 y 464 g/kg MS, respectivamente, a los 64 días después de la madurez (Cuadro 49). Las proporciones de hoja y rastrojo se redujeron y las de tallo, bráctea, olote y grano se incrementaron. Estos cambios están asociados a las reducciones que se registraron en los rendimien-

Cuadro 46. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Componente	Fecha de cosecha					E. E. M. <sup>1</sup>
	22/10/91 (1)	07/11/91 (16)	23/11/91 (32)	09/12/91 (48)	24/12/91 (64)	
	kg MS/ha					
Hoja	2936.90 <sup>a</sup>	2548.00 <sup>a</sup>	1767.70 <sup>b</sup>	1533.50 <sup>bc</sup>	1205.50 <sup>c</sup>	157.31
Tallo	3799.50 <sup>a</sup>	3630.90 <sup>ab</sup>	2739.30 <sup>bc</sup>	2610.40 <sup>c</sup>	2505.20 <sup>c</sup>	294.88
Bráctea	1272.00 <sup>a</sup>	1085.21 <sup>ab</sup>	1054.88 <sup>ab</sup>	1023.40 <sup>ab</sup>	970.61 <sup>b</sup>	107.47
Oloste	1192.65 <sup>a</sup>	1042.18 <sup>a</sup>	990.70 <sup>a</sup>	983.51 <sup>a</sup>	968.51 <sup>a</sup>	81.93
Grano	4568.40 <sup>a</sup>	4588.10 <sup>a</sup>	4646.90 <sup>a</sup>	4452.00 <sup>a</sup>	4401.30 <sup>a</sup>	338.38
Rastrojo	8008.40 <sup>a</sup>	7264.10 <sup>a</sup>	5561.90 <sup>b</sup>	5167.40 <sup>b</sup>	4681.30 <sup>b</sup>	138.80

<sup>abc</sup> Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

Cuadro 47. Reducciones en los rendimientos en base seca de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Días (X)	Fecha de cosecha	Hoja <sup>1</sup>	Tallo <sup>1</sup>	Bráctea <sup>1</sup>	Olote <sup>1</sup>	Grano <sup>2</sup>	Rastrojo <sup>1</sup>
kg MS/ha							
1	22/10/91	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	78.50 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>
16	07/11/91	388.90 <sup>c</sup>	168.60 <sup>bc</sup>	186.79 <sup>ab</sup>	150.47 <sup>a</sup>	58.80 <sup>a</sup>	744.30 <sup>b</sup>
32	23/11/91	1169.20 <sup>b</sup>	1060.20 <sup>ab</sup>	217.12 <sup>ab</sup>	201.95 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	2446.50 <sup>a</sup>
48	09/12/91	1403.40 <sup>ab</sup>	1189.10 <sup>a</sup>	248.60 <sup>ab</sup>	209.14 <sup>a</sup>	194.90 <sup>a</sup>	2841.00 <sup>a</sup>
64	24/12/91	1731.40 <sup>a</sup>	1294.30 <sup>a</sup>	301.39 <sup>a</sup>	224.14 <sup>a</sup>	245.60 <sup>a</sup>	3327.10 <sup>a</sup>

**Ecuaciones de regresión**

a =	26.81	7.30	32.20	54.56	37.06	90.22
b =	28.31	22.83	4.18	3.19	0.05	55.33
R <sup>2</sup> =	0.96	0.88	0.83	0.75	0.72	0.94

<sup>abc</sup> Medias dentro de columnas con letra distinta son diferentes (P<.05).

donde:

Y = Disminuciones de materia seca.

X = Días transcurridos después de la madurez.

<sup>1</sup> Manifestaron disminuciones de tipo lineal (Y= a+bx)

<sup>2</sup> Con comportamiento de tipo cuadrático (Y= a+bx<sup>2</sup>)

Cuadro 48. Rendimiento en base seca de los componentes aéreos de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.

Componente	Genotipo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Pioneer	Híbrido	Criollo	
	kg MS/ha			
Hoja	1960.99 <sup>ab</sup>	1878.11 <sup>b</sup>	2155.84 <sup>a</sup>	157.31
Tallo	3082.50 <sup>b</sup>	2116.50 <sup>c</sup>	3972.20 <sup>a</sup>	294.88
Bráctea	1022.72 <sup>a</sup>	1037.38 <sup>a</sup>	1183.57 <sup>a</sup>	107.47
Olote	1078.06 <sup>a</sup>	978.01 <sup>a</sup>	1050.65 <sup>a</sup>	81.93
Grano	4549.50 <sup>a</sup>	4331.40 <sup>a</sup>	4683.10 <sup>a</sup>	338.38
Rastrojo	6066.20 <sup>b</sup>	5032.00 <sup>c</sup>	7311.60 <sup>a</sup>	138.80

<sup>abc</sup> Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

tos de los componentes aéreos de la planta y coinciden con los reportados por Toledo y Sánchez (1989).

Las proporciones de hoja, bráctea, olote y grano fueron mayores ( $P < .05$ ) en maíz Híbrido y de tallo y rastrojo en maíz Criollo (Cuadro 50).

### 3.3. Contenido de materia seca

La fecha de cosecha influyó ( $P < .01$ ) el contenido de MS de todos los componentes aéreos de la planta de maíz, mientras que el factor genotipo sólo afectó ( $P < .05$ ) los contenidos de MS de hoja, tallo, olote y rastrojo. La interacción entre ambos factores de estudio afectó ( $P < .05$ ) el contenido de MS de todos los componentes aéreos del maíz con excepción de hoja.

Los contenidos de MS de hoja, tallo, bráctea, olote y grano fueron de 342, 246, 464, 401 y 628 g/kg MS a la madurez y aumentaron ( $P < .05$ ) a valores máximos de 898, 794, 900, 902 y 907 g/kg MS, respectivamente, a los 64 días después de la madurez, con excepción de hoja, bráctea y grano. Los contenidos de MS de estos componentes fueron máximos antes de los 64 días debido a que se presentaron lluvias durante el período de estudio (Cuadro 51).

Se ha estimado que el maíz tiene el máximo rendimiento de MS y ha llegado a la madurez fisiológica cuando el grano contiene aproximadamente 35% de humedad (Daynard y Duncan, 1969; Kang y Zuber, 1989). Sin embargo, normalmente el grano se cosecha hasta que posee de 14 a 20% de humedad, lo que da lugar a menores rendimientos y calidades de rastrojo.

Cuadro 49. Proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Día (X)	Fecha de cosecha	Del rastrojo			Del rendimiento aéreo total		
		Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Grano	Rastrojo
g /kg MS							
1	22/10/91	369.36 <sup>a</sup>	469.86 <sup>b</sup>	160.78 <sup>c</sup>	86.82 <sup>ab</sup>	333.40 <sup>b</sup>	579.78 <sup>a</sup>
16	07/11/91	356.70 <sup>a</sup>	492.94 <sup>ab</sup>	150.36 <sup>c</sup>	80.94 <sup>b</sup>	357.55 <sup>b</sup>	561.51 <sup>a</sup>
32	23/11/91	322.63 <sup>ab</sup>	482.45 <sup>ab</sup>	194.92 <sup>b</sup>	89.49 <sup>ab</sup>	418.78 <sup>a</sup>	491.73 <sup>b</sup>
48	09/12/91	302.69 <sup>bc</sup>	494.00 <sup>ab</sup>	203.31 <sup>ab</sup>	92.21 <sup>ab</sup>	424.98 <sup>a</sup>	482.81 <sup>b</sup>
64	24/12/91	263.59 <sup>c</sup>	524.03 <sup>a</sup>	212.37 <sup>a</sup>	97.80 <sup>a</sup>	438.50 <sup>a</sup>	463.68 <sup>b</sup>
E. E. M. <sup>1</sup>		15.69	19.75	14.63	4.05	19.14	20.89

<sup>abc</sup> Medias dentro de columnas con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

Cuadro 50. Proporción relativa de los componentes aéreos de tres genotipos

de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.

Genotipo	Del rastrojo			Del rendimiento aéreo total		
	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Grano	Rastrojo
----- g /kg MS -----						
Pioneer	313.52 <sup>b</sup>	513.29 <sup>a</sup>	173.18 <sup>b</sup>	92.06 <sup>a</sup>	392.47 <sup>b</sup>	515.47 <sup>b</sup>
Híbrido	362.99 <sup>a</sup>	422.38 <sup>b</sup>	214.62 <sup>a</sup>	95.61 <sup>a</sup>	426.98 <sup>a</sup>	427.40 <sup>c</sup>
Criollo	292.46 <sup>b</sup>	542.30 <sup>a</sup>	165.23 <sup>b</sup>	80.68 <sup>b</sup>	364.47 <sup>b</sup>	554.84 <sup>a</sup>
E. B. M. <sup>1</sup>	15.69	19.75	14.63	4.05	19.14	20.89

<sup>abc</sup> Medias dentro de columnas con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

Cuadro 51. contenido de materia seca de los componentes aéreos de la planta

de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Componente	Fecha de cosecha					E. E. M. <sup>1</sup>
	22/10/91 (1)	07/11/91 (16)	23/11/91 (32)	09/12/91 (48)	24/12/91 (64)	
Día	g /kg MS					
Hoja	341.97 <sup>C</sup>	845.46 <sup>a</sup>	897.80 <sup>a</sup>	897.7 <sup>a</sup>	698.89 <sup>b</sup>	24.18
Tallo	246.33 <sup>d</sup>	326.30 <sup>c</sup>	627.36 <sup>b</sup>	636.67 <sup>b</sup>	794.00 <sup>a</sup>	16.06
Bráctea	463.70 <sup>C</sup>	712.94 <sup>b</sup>	839.47 <sup>a</sup>	900.00 <sup>a</sup>	696.67 <sup>b</sup>	22.17
Olote	401.07 <sup>d</sup>	566.82 <sup>c</sup>	801.37 <sup>b</sup>	801.12 <sup>b</sup>	902.00 <sup>a</sup>	17.71
Grano	627.98 <sup>C</sup>	808.28 <sup>b</sup>	928.71 <sup>a</sup>	907.22 <sup>a</sup>	899.25 <sup>a</sup>	13.73
Rastrojo	318.07 <sup>C</sup>	571.49 <sup>b</sup>	755.88 <sup>a</sup>	763.13 <sup>a</sup>	750.82 <sup>a</sup>	11.23

abcd Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup>Error estándar de la media

### 3.4. Contenido de fibra detergente neutro

Los contenidos de FDN de hoja, tallo, olote y rastrojo fueron de 653, 667, 730 y 680 a la madurez y aumentaron ( $P < .05$ ) a 685, 739, 881 y 739 g/kg MS, respectivamente, a los 64 días después de la madurez, representando, durante este período, incrementos semanales de 0.35, 0.79, 1.65 y 0.65 unidades porcentuales, respectivamente (Cuadro 52). La fecha de cosecha no afectó ( $P > .05$ ) el contenido de FDN de bráctea.

El incremento semanal observado en este estudio en el contenido de FDN de rastrojo se ubica en el rango de los valores reportados en literatura. Paterson *et al.* (1981) reportaron incrementos semanales en contenido de FDN de rastrojo de 0.66 y 1.11 unidades porcentuales en cultivos de riego y temporal, respectivamente; mientras que, Roth (1987) observó incrementos semanales de FDN de 2.5 y 1.5 unidades porcentuales en genotipos identificados por producir rastrojos de alta y baja digestibilidad, respectivamente. En cambio, Perry y Smith (1984) observaron incrementos semanales de sólo 0.46 unidades porcentuales.

Los contenidos de FDN de tallo, olote y rastrojo fueron menores ( $P < .05$ ) en maíz Pioneer y similares ( $P > .05$ ) en los maíces Híbrido y Criollo (Cuadro 53). El rendimiento de grano entre genotipos fue similar, por tanto el menor contenido de FDN en el maíz Pioneer puede indicar menor traslocación de carbohidratos no-estructurales de hojas y tallo al grano y cuando ocurre este caso la producción de grano se sostiene por mayor producción de fotosíntatos procedentes directamente de la fotosíntesis.

Cuadro 52. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Día (X)	Fecha de cosecha	Hoja <sup>1</sup>	Tallo <sup>1</sup>	Bráctea <sup>2</sup>	Olote <sup>1</sup>	Rastrojo <sup>1</sup>
		g /kg MS				
1	22/10/91	652.70 <sup>b</sup>	666.56 <sup>c</sup>	800.02 <sup>ab</sup>	730.34 <sup>c</sup>	680.43 <sup>cd</sup>
16	07/11/91	665.49 <sup>ab</sup>	653.73 <sup>c</sup>	769.49 <sup>b</sup>	738.08 <sup>c</sup>	672.08 <sup>d</sup>
32	23/11/91	670.44 <sup>ab</sup>	692.09 <sup>bc</sup>	813.26 <sup>a</sup>	854.08 <sup>b</sup>	705.72 <sup>bc</sup>
48	09/12/91	685.22 <sup>a</sup>	739.41 <sup>ab</sup>	823.22 <sup>a</sup>	880.65 <sup>ab</sup>	738.58 <sup>a</sup>
64	24/12/91	674.52 <sup>ab</sup>	746.66 <sup>a</sup>	766.90 <sup>b</sup>	900.25 <sup>a</sup>	731.19 <sup>ab</sup>
E. B. M. <sup>3</sup>		12.22	20.83	12.90	15.58	10.23
<b>Ecuaciones de regresión</b>						
a=		656.82	649.38	799.04	722.30	671.25
b=		0.339	1.562	-0.147	3.050	1.066
R <sup>2</sup> =		0.696	0.864	0.021	0.895	0.811

abc Medias dentro de columna con letra distinta son diferentes (P<.05).

donde:

Y = Contenido de fibra detergente neutro.

X = Días transcurridos después de la madurez

<sup>1</sup> Manifestaron comportamiento de tipo lineal (Y= a+bx)

<sup>2</sup> Con comportamiento de tipo no lineal

<sup>3</sup> Error estándar de la media

Cuadro 53. Contenido de fibra detergente neutro de los componentes  
aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, promedio  
de cinco fechas de cosecha.

Componente	Genotipo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Pioneer	Híbrido	Criollo	
	g /kg MS			
Hoja	672.94 <sup>a</sup>	664.11 <sup>a</sup>	671.97 <sup>a</sup>	12.22
Tallo	648.56 <sup>b</sup>	726.77 <sup>a</sup>	723.74 <sup>a</sup>	20.83
Bráctea	805.20 <sup>a</sup>	786.88 <sup>a</sup>	792.07 <sup>a</sup>	12.90
Olote	793.16 <sup>b</sup>	834.81 <sup>a</sup>	834.06 <sup>a</sup>	15.58
Rastrojo	681.87 <sup>b</sup>	716.87 <sup>a</sup>	718.05 <sup>a</sup>	10.23

<sup>ab</sup> Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

La interacción fecha de cosecha con genotipo no afectó ( $>.05$ ) los contenidos de FDN.

### 3.5. Digestibilidad in vitro de la materia seca

La fecha de cosecha afectó ( $P<.05$ ) las digestibilidades de la MS de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo, mientras que genotipo sólo afectó ( $P<.05$ ) la digestibilidad de hoja, La interacción fecha de cosecha con genotipo afectó ( $P<.05$ ) las digestibilidades de hoja, bráctea y rastrojo.

Las digestibilidades de la MS de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo fueron de 437, 525, 466, 486 y 493 a la madurez y disminuyeron a 337, 463, 387, 311 y 414 g/kg MS, respectivamente, a los 64 días después de la madurez, representando disminuciones de 1.33, 0.59, 0.93, 2.02 y 0.95 unidades porcentuales por semana, respectivamente. Las disminuciones en las digestibilidades de tallo, bráctea y rastrojo fueron de tipo lineal, mientras que en hoja y olote las mayores disminuciones se presentaron en los primeros 32 días después de la madurez (Cuadro 54).

Las disminuciones en las digestibilidades de la MS después de la madurez están asociadas a incrementos en los contenidos de FDN en los componentes evaluados en este estudio, y probablemente también a mayores contenidos de fibra detergente ácida y lignina y menores contenidos de proteína cruda y carbohidratos no-estructurales, como lo señalan Klopfenstein y Owen (1981), Ayres (1973), Roth (1987) y Russell (1986).

La tasa de disminución en la digestibilidad de la MS de rastrojo observada en este estudio fue menor a las estimadas por Leask y Daynard (1973), Phipps y Weller (1976), Berger et al. (1979) y Paterson et al. (1981) que fueron de 1.50, 1.10, 1.93 y de 1.25 unidades porcentuales por semana, respectivamente. La tasa de disminución en la digestibilidad de la MS de hoja en este estudio, fue 1.33 unidades porcentuales por semana, similar a las estimadas por Weaver et al. (1978) y McDonnell (1982) que fueron de 1.50 y 1.67, respectivamente. En tallo, la tasa de disminución fue menor a las reportadas por estos mismos autores (0.59 vs 1.61 y 1.50 unidades porcentuales por semana, respectivamente).

El genotipo solamente influyó ( $P < .05$ ) la digestibilidad de la MS de hoja, siendo mayor en maíz Híbrido y menor en Criollo (Cuadro 55). Este resultado evidencia que el efecto del tiempo de cosecha es independiente del genotipo. Al no observar efecto de genotipo sobre contenido de FDN, se esperaría que la DIGMS también fuera similar entre genotipos, en parte por las razones explicadas anteriormente, en donde se indica que la traslocación de nutrientes es menor cuando la fotosíntesis es alta y capaz por sí sola de cubrir los fotosíntatos que demanda la formación del grano, como lo discuten Allison y Watson (1966), McDonnell (1982) y Daynard y Duncan (1969).

### 3.6. Correlaciones

El contenido de MS de grano después de la madurez se correlacionó ( $P < .05$ ) positivamente con los contenidos de fibra deter-

Cuadro 54. Digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de maíz en cinco fechas de cosecha, promedio de tres genotipos.

Día (X)	Fecha de cosecha	g /kg MS				
		Hoja <sup>2</sup>	Tallo <sup>1</sup>	Bráctea <sup>1</sup>	Olote <sup>2</sup>	Rastrojo <sup>1</sup>
1	22/10/91	437.48 <sup>a</sup>	525.55 <sup>a</sup>	465.62 <sup>a</sup>	485.92 <sup>a</sup>	492.87 <sup>a</sup>
16	07/11/91	430.98 <sup>a</sup>	482.64 <sup>ab</sup>	441.73 <sup>ab</sup>	434.83 <sup>b</sup>	472.84 <sup>ab</sup>
32	23/11/91	373.44 <sup>b</sup>	483.16 <sup>ab</sup>	414.16 <sup>bc</sup>	344.07 <sup>c</sup>	450.34 <sup>bc</sup>
48	09/12/91	332.58 <sup>b</sup>	475.13 <sup>b</sup>	390.52 <sup>c</sup>	326.86 <sup>d</sup>	414.98 <sup>cd</sup>
64	24/12/91	336.91 <sup>b</sup>	462.50 <sup>b</sup>	386.51 <sup>c</sup>	310.52 <sup>e</sup>	413.54 <sup>d</sup>
E. E. M. <sup>3</sup>		16.15	20.53	12.84	29.80	13.60

Ecuaciones de regresión

a=	443.37	512.85	462.33	473.74	493.02
b=	-1.897	-0.840	-1.323	-2.890	-1.369
R <sup>2</sup> =	0.896	0.782	0.956	0.905	0.954

abcd Medias dentro de columnas con letra distinta son diferentes (P<.05).

donde:

Y = Digestibilidad in vitro de la MS.

X = Días transcurridos después de la madurez.

<sup>1</sup> Manifestaron comportamiento de tipo lineal (Y= a+bx)

<sup>2</sup> Manifestaron comportamiento de tipo cuadrático (Y= a+bx<sup>2</sup>)

<sup>3</sup> Error estándar de la media.

Cuadro 55. digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, promedio de cinco fechas de cosecha.

Componente	Genotipo			E. E. M. <sup>1</sup>
	Pioneer	Híbrido	Criollo	
	g / kg MS			
Hoja	382.01 <sup>ab</sup>	395.39 <sup>a</sup>	369.42 <sup>b</sup>	16.147
Tallo	501.92 <sup>a</sup>	473.94 <sup>a</sup>	481.53 <sup>a</sup>	20.527
Bráctea	427.38 <sup>a</sup>	420.32 <sup>a</sup>	411.43 <sup>a</sup>	12.837
Olote	384.26 <sup>a</sup>	373.48 <sup>a</sup>	383.58 <sup>a</sup>	29.799
Rastrojo	459.23 <sup>a</sup>	442.96 <sup>a</sup>	444.58 <sup>a</sup>	13.604

<sup>ab</sup> Medias dentro de hileras con letra distinta son diferentes (P<.05).

<sup>1</sup> Error estándar de la media

gente neutro y negativamente con los rendimientos y digestibilidades de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo de maíz (Cuadro 56). Estas correlaciones confirmaron que después de la madurez fisiológica se reducen el contenido de MS de grano, los rendimientos en base seca y las digestibilidades de la materia seca y se incrementan los contenidos de fibra detergente neutro de hoja, tallo, bráctea, olote y rastrojo de maíz.

Cuadro 56. Coeficientes de correlación simple entre el contenido de MS de grano, rendimiento en base seca, contenido de fibra detergente neutro y digestibilidad de la MS de los componentes aéreos de la planta de tres genotipos de maíz en cinco fechas de cosecha.

Variable	Rendimiento de MS (RMS)						Fibra detergente neutro (FDN)					Digestibilidad de la MS (DIGMS)				
	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Grano	Rastrojo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo	Hoja	Tallo	Bráctea	Olote	Rastrojo
CMS Grano	.7726**	-.4243**	-.4749**	-.4494**	.0280NS	-.6250**	.4055**	.3523*	.1088NS	.6253**	.4804**	-.6658**	-.4464**	-.6964**	-.7908**	-.6410**
RMS Hoja	-	.6525**	.6011**	.5583**	.2478NS	.8697**	-.3304*	-.4389**	-.0217NS	-.7178**	.5671**	.6858**	.4621**	.7179**	.7884**	.7161**
Tallo	-	-	.6016**	.5420**	.3938**	.9353**	-.0804NS	-.6082**	.1152NS	-.5524**	-.6344**	.3722**	.4223**	.4790**	.4748**	.5440**
Bráctea	-	-	-	.4844**	.2514NS	.7234**	-.2035NS	-.5017**	.0914NS	-.3620*	-.4844**	.3188*	.2696*	.3610*	.4107**	.4099**
Olote	-	-	-	-	.7131**	.6090**	-.0357NS	-.1303NS	-.1507NS	-.2965*	-.2101NS	.4444**	.3317*	.4844**	.4063**	.5017**
Grano	-	-	-	-	-	.3663*	.1504NS	-.0811NS	-.0532NS	-.0915NS	-.0866NS	.1202NS	.1768NS	.1773NS	.30635NS	.2466NS
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-.2072NS	-.6021**	.0707NS	-.6663**	-.6686**	.5405**	.4731**	.6224**	.6552**	.6663**
FDN Hoja	-	-	-	-	-	-	-	.0130NS	.1005NS	.3624*	.2592NS	-.3139*	-.3435*	-.4007**	-.4026**	-.3796*
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	.0162NS	.4496**	.9464**	-.3687*	-.3508*	-.4414**	-.4676**	-.4945**
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.0593NS	.1734NS	-.1632NS	.0838NS	-.0726NS	.0053NS	.0871NS
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.5661**	-.6474**	-.4554**	-.6865**	-.7777**	.6932**
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.5216**	-.4317**	-.5871**	.5809**	.6261**
DIGMS Hoja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.3385*	.8717**	.7168**	.7962**
Tallo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.7561**	.4905**	.7910**
Bráctea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.7531**	.9657**
Olote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.7093**
Rastrojo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Correlación significativa (P<.05).

\*\* Correlación altamente significativa (P<.01).

NS Correlación no significativa (P>.05).

#### 4. CONCLUSIONES

Conforme transcurre el tiempo después de la madurez fisiológica de la planta de maíz se incrementan los contenidos de fibra detergente neutro y se reducen los rendimientos en base seca y digestibilidades de la materia seca de hoja, tallo, bráctea y rastrojo, no afectándose el rendimiento de grano. Estos cambios están influidos, en cierta medida, por el genotipo de maíz y evidencian la importancia de aprovechar el rastrojo una vez que la planta de maíz alcanzó la madurez.

## V. CONCLUSIONES GENERALES

1. El genotipo, lugar donde se cultivo el maíz, humedad del suelo y fecha de cosecha después de la madurez afectaron los rendimientos de grano y rastrojo y la calidad del rastrojo de maíz.
2. El rendimiento de grano fue mayor en los maíces de ciclo intermedio y similar entre variedades criollas y mejoradas. En cambio, el rendimiento de rastrojo fue mayor en los maíces criollos y en los de ciclo tardío. También, los rendimientos de grano y rastrojo fueron mayores en la comunidad donde la precipitación en cantidad y distribución fue mejor, con el nivel alto de humedad del suelo y cuando se cosecharon en la fecha más próxima a la madurez de la planta.
3. El contenido de fibra detergente neutro en rastrojo varió por genotipo, resultando mayor con el nivel alto de humedad del suelo y cuando el intervalo entre la madurez y fecha de cosecha del rastrojo fue mayor.
4. La digestibilidad de la materia seca del rastrojo fue mayor en maíces criollos, en maíces de ciclo intermedio, en la comunidad donde la precipitación no fue la óptima, con el nivel menor de humedad del suelo y cuando el rastrojo se cosechó en la fecha más próxima a la madurez fisiológica de la planta.
5. Los resultados de la presente investigación evidencian la posibilidad de mejorar la calidad del rastrojo de maíz sin afectar el rendimiento de grano mediante las estrategias de manejo agronómico evaluadas en este estudio.

## VI. LITERATURA CITADA

Acock, C.W. 1978. Wheat straw and sodium hydroxide treatment for beef cow maintenance diets. M.S. Thesis. Univ. of Nebraska, Lincoln, USA.

Akin, D.E. 1982. Microbial breakdown in the digestive tract. In: J.B. Hacker (Ed.). Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. pp. 201-223. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England.

Akin, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. Agron. J. 81:17-25.

Aldelana, B.O. and G.M. Milboun. 1972. The growth of maize. I. The effects of plant density on yield of digestible dry matter and grain. J. Agric. Sci. Camb. 70:65-70.

Alessi, D. and J.F. Power. 1974. Effect of plant population, row spacing and relative maturity on dryland corn in the northern plains. I. Corn Forage and Grain Yield. Agron. J. 66:316-319.

Alives, X., M.A. Rodríguez L., F. Muñoz, J. Rodríguez G. y N.R. Maestre. 1982. Evaluación cuantitativa y cualitativa de rastrojeras de maíz en pastoreo ovino. Datos preliminares. Anales INIA. Serie Ganadera No. 13. España.

Allison, J.C.S. and D.J. Watson. 1966. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Annals of Botany, N.S. 30:365-381.

Anderson, D:C. 1978. Use of cereal residues in beef cattle production systems. J. Anim. Sci. 46:849-861.

Andrieu, J. 1976. Agronomic factors affecting the growth and composition of the maize plant. Anim. Feed Sci. and Tech. 1:263-271.

Ayres, G.E. 1973. Forage harvesting systems for grain crops. Proc. Sixth Conf. Forage and Grassld Coursal. Lovisvilk, Kentucky, USA.

Barber, J.S. and R.S. Jessop. 1987. Factors affecting yield and quality in irrigated wheat. J. Agric. Sci. Camb. 109:19-26.

Barnes, R.F. 1969. Collaborative research with the two-stage in vitro rumen fermentation technique. In: Proceeding of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska Center for Coitining Educations. Lincoln, Nebraska, USA.

- Bailey, R.W. 1973. Structural carbohydrates. In: G.W. Botler and R.W. Bailey. (Eds.). Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol. 1. pp. 157-211. Academic Press, New York, USA.
- Barnes, R.F., L.D. Muller, L.F. Bauman and V.F. Colenbrander. 1971. In vitro dry matter disappearance of brown midrib mutants of maize. J. Anim. Sci. 33:881-885.
- Benites R., J.G. 1982. Consumo, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos alimentados con rastrojo de maíz tratado con hidróxido de sodio. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p. 69.
- Berger, L.L., J.A. Paterson, T.K. Klopfenstein and R.A. Britton. 1979. Effects of harvest date and chemical treatment on the feeding value of corn stalklage. J. Anim. Sci. 49:1312-1316.
- Bryant, H.T. and R.E. Blaser. 1968. Plant constituents of an early and a late corn hybrid as affected by row spacing and plant population. Agron. J. 60:557-559.
- Bunting, E.S., B.F. Pain, R.H. Phipps, J.M. Wilkinson and R.E. Gunn. 1978. Forage Maize. Agricultural Research Council, London, England.
- Cabrales F., J.M. y J.J. Castellanos, F. 1990. Rendimiento y calidad del rastrojo de diferentes genotipos de maíz cultivados bajo varias densidades de población. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p. 74.
- Campbell, C.M. 1964. Influence of seed formation of corn on accumulation of vegetative dry matter and stalk strenght. Crop Sci. 4:31-34.
- Castro, G.M. 1973. Maices "super enanos" para el bajio. Div. Invest. Agric. Universidad Autónoma de Coahuila, México.
- Classen, M.M. and R.H. Shaw. 1970a. Water deficit effects on corn. I. Vegetative Components. Agron. J. 62:649-652.
- Classen, M.M. and R.H. Shaw. 1970b. Water deficit effects on corn. II. Grain Components. Agron. J. 62:652-655.
- Conrad, H.R., A.O. Pratt and J.W. Hibbs. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. 47:54.
- Croorston, R.K. and J.J. Afurwa. 1983. Corn maturity indicators. Kernel milk line more useful than black layer. Crops and Soils Magazine. June-July 1983.
- Cummins, D.G. 1970. Quality and yield of corn plants and components parts when harvested for silage at different maturity stages. Agron. J. 40:781-784.

- Daynard, T.B. and W.G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.* 9:473-476.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del Ganado en América Latina. La Prensa Médica Mexicana. México. p. 475.
- Don Clanton. 1989. Grazing cornstalks: a review. *Beef Cattle Report*, University of Nebraska, Lincoln. USA. MP. 54:11-15.
- Fairey, N.A. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. *Can. J. Plant. Sci.* 62:427-434.
- Fernández R., S. 1981. Efecto del procesamiento físico, del nivel de alimentación y suplementación nitrogenada sobre la utilización del rastrojo de maíz por borregos. Tesis de Maestría, Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 106.
- Fernández-R., S. and T.J. Klopfenstein. 1989a. Diet composition and daily gain of growing cattle grazing dryland and irrigated cornstalks at several stocking rates. *J. Anim. Sci.* 67:590-596.
- Fernández-R., S. and T.J. Klopfenstein. 1989b. Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 1989. 67:597-605.
- Fernández-R., S. 1987. Evaluation and simulation of cornstalks grazing for growing cattle. Ph.D. Dissertation University of Nebraska, Lincoln, USA.
- Flores D., J.A. 1990. Composición relativa y digestibilidad in vitro de partes de la planta en rastrojo de líneas de diferente arquitectura. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México.
- Flores M., F. 1983. Utilización de esquilmos y subproductos agroindustriales en la producción animal. In: Seminario sobre Utilización de Esquilmos y Subproductos Agroindustriales en la Producción Animal. pp. 63-77. AMPA. Campa, Tampico, Tamps. Méx.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. *Off set Larius*. México. p. 217.
- García, R. F. 1991. Composición relativa y valor nutritivo de rastrojo de maíz de riego y temporal cosechado en varias fechas. Tesis profesional, Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p 74.
- Giardini, A., F. Gaspari, M. Vecchietini and P. Schnoni. 1976. Effect of maize silage harvest stage on yield, plant composition and fermentation losses. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 1:313-326.

- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (aparatus, reagents, procedures and some applications). ARS, USDA. Agr. Handbook. No. 379. USA.
- Guyer P., D. Faulkner, T. Klopfenstein, J. Merril and W. Sahs. 1983. Effects of variety, irrigations, protein supplementation. Beef Cattle Report, MP. 44:21-22. University of Nebraska, Lincoln. USA.
- Hacker, J. B. 1982. Selecting and breeding better quality grasses. In: J. B. Hacker (Ed.). Nutritional Limits to Animal Production from Pasture. pp. 305-326. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.
- Harder, H.J., R.E. Carlson and R.H. Shaw. 1984. Yield, yield components and nutrient content of corn grain as influenced by pasto-silking moisture stress. Agron. J. 74:275-278.
- Harris, L.E. 1970. Compilación de Datos Analíticos y Biológicos en la Preparación de Cuadros de Composición de Alimentos para uso en los Trópicos de América Latina. Universidad de Florida, Gainesville, Florida. USA.
- Hatfield, R.D. 1989. Structural polysaccharides in forage and their degradability. Agron. J. 81:39-46.
- Hume, D.J. and K. Campbell. 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. Can. J. Plant. Sci. 52:363-368.
- INIA. 1976. Guía para la asistencia técnica agrícola en el área de influencia del Campo Experimental de Santiago Ixcuintla, Nayarit. SARH. México. p. 47.
- Irlbeck, N., T. Klopfenstein, M. Sindt and R. Stock. 1991. Quality and quantity of corn residue on grain of grazing cattle. Beef Cattle Report, MP. 56:19-22. University of Nebraska, Lincoln. USA.
- Irlbeck, N., J. Ward and T. Klopfenstein. 1989. Grazing calves on high versus low digestibility grain sorghum residue. Beef Cattle Report, MP 55:53-54. University of Nebraska, Lincoln, USA.
- Iversen, K.V., R.H. Fox and W.P. Piekielek. 1985. The relationship of nitrate concentrations in young corn stalks to soil nitrogen availability and grain yields. Agron. J. 77:927-932.
- Johnson, T.O., R.W. Harvey, L. Goode, A.C. Linnerud and R.G. Crickenberger. 1984. Effect of stage of maturity and addition of molasses on nutritive value of maize stover silage. Animal Feed Sci. Tech. 12:65-74.
- Johnson, S.S. and J.L. Geadelmann. 1989. Influence of water stress on grain yield response to recurrent selection in maize. Crop Sci. 29:558-564.

- Jung, H.G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agron. J.* 81:33-38.
- Jurgen, S.K., R.R. Johnson and J.S. Boyer. 1978. Dry matter production y traslocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agron. J.* 70:678-683.
- Kang, M.S. and M.S. Zuber. 1989. Combining ability for grain moisture, husk moisture and maturity in maize with yellow and white endosperms. *Crop Sci.* 29:689-692.
- Kernan, J.A., E.C. Coxworth, W.L. Crowle and D.T. Suprr. 1989. The nutritional value of crop residue components from several wheat cultivars grown at different fertilizer levels. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 11:301-311.
- Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46:841-848.
- Klopfenstein, T. and F.G. Owen. 1981. Value and potential use of crop residues and by-products in dairy rations. *J. Dairy Sci.* 64:1250-1268.
- Klopfenstein T., V.W. Wilkerson, N. Irlbeck, F., E. Gutiérrez-Ornelas and S. Fernández-Rivera. 1989. Corn stalk grazing model. Beef Cattle Report 1990. University of Nebraska-Lincoln. USA.
- Lamm, W.D. and J.K. Ward. 1981. Compositional changes in corn crop residues grazed by gestating beef cows. *J. Anim. Sci.* 58:954-958.
- Lara, S. 1978. Evaluación cualitativa de gallinaza y urea como suplementos proteicos en la alimentación de rumiantes. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. U.A.Ch. Chapingo, México. p. 59.
- Leask, W.C. and T.B. Daynard. 1973. Dry matter yield in vitro digestibility, percent protein and moisture of corn stover following grain maturity. *Can. J. Plant. Sci.* 53:515-520.
- Lee, M.H. and J.L. Brewbaker. 1984. Effects of brown midrib-3 on yields and yield components of maize. *Crop Sci.* 24:105-109.
- Leshem, Y. and M. Wermke. 1981. Effect of plant density and removal of ears on the quality and quantity of forage maize in a temperate climate. *Grass and Forage Sci.* 36:147-153.
- Lorens, G.F., J.M. Bennett and L.B. Loggale. 1987a. Differences in drought resistance between two corn hybrids. I. Water relations and root length density. *Agron. J.* 79:802-807.

- Lorens, G.F., J.M. Bennett and L.B. Loggale. 1987b. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component Analysis and Growth Rates. *Agron. J.* 79:808-813.
- Lumbert, R. J. 1972. Corn plant geometry and the performance of maize hybrids. 26th Hibrid Corn Industry-Research Conferance. pp 193-197. USA.
- Mackay, A.D. and S.A. Barber. 1986. Soil moisture effects on root growth and phosphorus uptake by corn. *Agron. J.* 77:519-523.
- McDonnell, M.L. 1982. Means of improving the performance of ruminants feed corn residues. Ph.D. Dissertation. Univ. of Nebraska, Lincoln, USA.
- McDowell, R.E. 1985. An animal science perspective on crop breeding and selection programs for warm climates. In: International Conference Crop Productivity. pp. 50-56. Harbor Springs, Michigan. Department of Animal Science. Cornell University, Ithaca, N.Y. USA.
- McDowell, R.E. 1986. An animal science perspective on crop breeding and selection programs for warn climate. Cornell University, Ithaca, N.Y. USA.
- Miller, J.E. and J.L. Geadelman. 1983. Effect of the brown midrib-3 allele on early vigor and growth rate of maize. *Crop Sci.* 23:510-513.
- Mock, J.J. and R.B. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica.* 24:613-623.
- Monteagudo, A. 1976. Cultivation of maize in irrigated greas for silage and grain production and their use by ruminants. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 1:237-243..
- Mowat, D.N., R.S. Fulkerson, W.E. Tossell and J.E. Winch. 1965. The in vitro digestibility and protein content of leaf and stem portions of forage. *Crop Sci.* University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada.
- Nicholson, J.W.C. 1984. Digestibility nutritive value and feed intake. In: F. Sundstol and E. Owen. (Eds.). *Straw and other Fibrous By-products as Feed.* pp. 80-88. Elsevier, USA.
- Orcasberro G., R. y S. Fernández, R. 1982. El rastrojo de maíz en la alimentación de rumiantes. I. Efecto de la suplementación proteica sobre su valor nutritivo. In: I Simposio sobre el Aprovechamiento de Esquilmos y Subproductos Industriales para la Alimentación Animal. pp. 58-75. SARH. México, DF.
- Orskov, E.R., C.A.G. Tait, G.W. Reid. and G. Flachowski. 1988a. Effects of straw quality and ammonia treatment on voluntary intake, milk yield and degradation characteristics of faecal fibre. *Anim. Prod.* 46:23-27.

- Orskov, E.R., G.W. Reid and M. Kay. 1988b. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46:29-34.
- Orskov, E.R., I. Ojwang and G.W. Reid. 1988c. A study on consistency of differences between cows in rumen out flow rate of fibrous particles and other substrates and consequences for digestibility and intake of roughages. *Anim. Prod.* 47:45-51.
- Ottman, M.J. and L.F. Welch. 1989. Planting pattern y radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81:167-174.
- Paterson, J.A., T.J. Klopfenstein and R.A. Britton. 1981. Ammonia treatment of corn plant residues: digestibilities and growth rates. *J. Anim. Sci.* 53:1592-1599.
- Pendleton, J.W., G.E. Smith, R.S. Winter and T.J. Johnson. 1968. Field investigations of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agron. J.* 60:422-424.
- Perry, L.J. and D.H. Smith. 1984. Composition of corn and grain sorghum residues. American Forage and Granseld Council. pp. 46-57.
- Perry, L.J. and W.A. Campton. 1977. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks and ears of three corn hybrids. *Agron. J.* 69:751-755.
- Petrits, D.C., W.H. Smith, V.L. Lechtenberg and S.D. Parson. 1875. Questions and answer about cornstalks for beef cows. Annual Indiana Cattle Feeders Day Report, Purdue Univ. USA. pp. 39-43.
- Phipps, and R.F. Weller. 1976. Effects of agronomic factors on the yield of maize and on its composition in relation to its use by ruminants. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 1:251:261.
- Phipps, R.H. and A.B. McAllen. 1984. Carbohydrate constituents and amino acid composition of maize silage grown on commercial farms in the UK. *Maydica.* 29:2-7.
- Pilar, H.M. and R.R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. *Crop Sci.* 21:105-109.
- Preston, T.R. and R.A. Leng. 1984. Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products. In: F. Sundston and E. Owen (Ed.). *Straw and Other Fibrous By-products as feed.* pp. 96-105. Elsevier, USA.
- Quattar S., R.J. Jones, R.K. Crookston and M. Kajeiou. 1987. Effects of drought on water relations of developing maize kernels. *Crop Sci.* 27:730-735.

- Ramanzin, M., E.R. Orskov and A.K. Tuah. 1986. Rumen degradation of straw. 2. Botanical fractions of straw from two barley cultivars. Anim. Prod. 43:271-278.
- Raymond, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. Advances in Agronomy. 19:1-6.
- Reid, G.W., F.R. Orskov and M. Kay. 1988. A note on the effect of variety, type of straw and ammonia treatment on digestibility and on growth rate in steers. Anim. Prod. 47:157-160.
- Remison, S.V. and J.M. Fajemisin. 1982. Comparative growth of maize cultivars with different lead orientation. J. Agric. Sci. Camb. 99:61-66.
- Riquelme, V.E. 1984. Efectos asociativos en dietas basadas en subproductos agrícolas. Rev. Mex. Prod. Anim. 16:13-24.
- Robinson, D.L. and L.S. Murphy. 1972. Influence of nitrogen, phosphorus and plant population on yield and quality of forage corn. Agron. J. 64:349-351.
- Romero B., J.O. and Uribe O., C.E. 1983. Digestibilidad de la paja de frijol (Phaseolus vulgaris L.) suplementada ofrecida en cantidades restringidas a ovinos, caprinos y bovinos en jaulas metabólicas. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p. 78.
- Roth, L.S., G.C. Marten, W.A. Compton and D.D. Stuthman. 1970. Genetic variation of quality traits in maize forage. Crop Sci. 10:365-369.
- Roth, L.D. 1987. Improving corn forage quality and performance by hybrids selection. Ph.D. Dissertation. Univ. of Nebraska, Lincoln, USA.
- Russell, J.R. 1986. Influence of harvest data on the nutritive value and ensiling characteristic of maize stover. Anim. Feed Sci. Tech. 14:11-17.
- Sánchez del R., C. 1989. Alternativas en la engorda de toretes a base de rastrojo de maíz (Zea mays L.). Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México.
- SAS. 1982. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Shand, W.J., E.R. Orskov and L.A.F. Morrice. 1988. Rumen degradation of straw. 5 Botanical fractions and degradability of different varieties of oat and wheat straws. Anim. Prod. 47:387-392.
- Silva, J. and A.R. Hallaver. 1984. Factors affecting production of corn forage. Proc. Iowa Acad. Sci. 9:76-81.

- Smith, T. and C.C. Balch. 1984. Implications of a more widespread use of straw and other fibrous by-products as feed. In: F. Sundstol and E. Owen (Eds.). Straw and Other Fibrous By-products as Feed. pp. 110-121. Elsevier, USA.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1985. Bioestadística, Principios y Procedimientos. 2a. Ed. Mc Graw-Hill. México.
- Struik, P.C. 1983. Effect of temperature on development, dry matter production, dry matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.) an analysis. Mededelingen Landbouw hogeschool. Wageningen, Holanda.
- Swan, J.B., E.C. Schneider, J.F. Moncrief, W.H. Paulson and A.E. Paterson. 1987. Estimating corn growth, yield and grain moisture from air growing degree days and residue cover. Agron. J. 79:53-60.
- Terman, G.L. and J.C. Noggle. 1973. Nutrient concentration changes in corn as affected by dry matter accumulation with age and response to applied nutrients. Agron. J. 65:941-945.
- Tetio-kagho, F. and P. Gardner. 1988a. Response of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships and vegetative growth. Agron. J. 80:930-935.
- Tetio-Kagho, F. and F.P. Gardner. 1988b. Response of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. Agron. J. 80:935-940.
- Theander, O. and P. Amar. 1984. Anatomical and chemical characteristics. In: F. Sundstol and E. Owen. (Eds). Straw and Other Fibrous By-products as Feed. pp. 135-155. Elsevier, USA.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. 18:104-107.
- Tollenaar, M. 1989a. Response of dry matter accumulation in maize to temperature. I. Dry matter partitioning. Crop Sci. 29:1239-1246.
- Tollenaar, M. 1989b. Response of dry matter accumulation in maize to temperature. II. Leaf photosynthesis. Crop Sci. 29:1275-1279.
- Tuah, A.K., E. Lufabeju and E.R. Orskov. 1986. Rumen degradation of straw. 1. Untreated and ammonia-treated barley, oat and wheat straw varieties and triticale straw. Anim. Prod. 43:261-269.
- Uribe G., G. 1989. Suplementación mineral de corderos en crecimientos alimentados a base de rastrojo de maíz. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. p. 55.

- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Anim. Sci. 26:119-128.
- Van Soest, P.J., D.R. Mertens and B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. 47:712-720.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O/B Books, Corvallis, Oregon, USA.
- Vetter, R.L. 1973. Evaluation of chemical and nutritional properties of crop residues. Nebraska Crop Residue Symposium. Universidad of Nebraska, Lincoln, USA. pp. 135-155.
- Vetter, R.L., G.E. Ayres, M.M. Danley, D.W. Webber and J. Dunford. 1973. Cornstalk grazing and harvested crop residues for beef cows. A.S. Leaflet R. 186. Iowa State University of Sci. and Tech. AMES Iowa, USA.
- Ward, J.K. 1971. Using crop residues. Feed and Nutrition Conference Department of Animal Science. University of Nebraska. Lincoln, USA.
- Ward, J.K. 1978. Utilization of corn and grain sorghum residues in beef cow forage systems. J. Anim. Sci. 46:831-837.
- Ward, J.K. 1980. Fitting crop residues into a livestock program. Forage and Grasland Council. Winter Meeting Nebraska. Lincoln, USA.
- Weaver, D.E., C.E. Coppock, G.B. Lake and R.W. Everett. 1978. Effect of maturation on composition and in vitro dry matter digestibility of corn plant parts. J. Dairy Sci. 61:1782-1788.
- Westgate, M.E. and J.S. Boyer. 1986. Water status of the developing grain of maize. Agron. J. 78:714-719.
- White, L.M., G.P. Hartman and J.W. Bergman. 1981. In vitro digestibility, crude protein and phosphorus content of straw of winter wheat, spring wheat, barley and oat cultivars in Eastern Montana. Agron. J. 73:117-120.
- Wilson, J.R., A.O. Taylor and G.R. Dolby. 1976. Temperature and atmospheric humidity effects on cell wall content and dry matter digestibility of some tropical and temperate grasses. J. Agric. Res. 19:41-45.
- Zadrazil, F. and P. Reiniger. 1988. Treatment of Lignocellulosic with White Rot Funge. Elsevier Applied Science. England. p. 121.

## *VII. APENDICES*

Apéndice 1. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación, prueba de normalidad (W)

y nivel de probabilidad para rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Componente	Cuadrado medio		$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W	Pr>F
	Genotipo	Error					
	Grados de libertad	24	24				
Tallo inferior	810570.85	174834.95	.8237	20.76	.9699	.3753	.0002
Tallo superior	36629.11	13630.41	.7317	22.03	.9490	.0526	.0094
Tallo	1123023.82	218941.41	.8381	18.39	.9705	.3942	.0001
Hoja inferior	226727.95	75650.46	.7499	14.84	.9813	.7764	.0047
Hoja superior	28011.81	24900.02	.5382	18.68	.9757	.5694	.3877
Hoja	325539.38	137418.56	.7034	13.73	.9723	.4504	.0197
Bráctea	139220.94	62675.87	.6898	20.71	.9635	.2176	.0281
Espiga	9722.71	5024.16	.6641	31.82	.8512	.0001	.0563
Rastrojo	3658163.52	947184.56	.7947	15.09	.9822	.8054	.0008
Grano	1345758.53	455223.11	.7477	12.15	.9792	.6999	.0051
Olote	116045.99	35965.04	.7658	17.04	.9615	.1811	.0029

Apéndice 2. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación, prueba de normalidad (W)

y nivel de probabilidad para proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de 25 genotipos de maíz.

Componente	Cuadrado medio		$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P <sub>s</sub> W	Pr>F
	Genotipo	Error					
Grados de libertad	24	24					
Tallo inferior <sup>1</sup>	3166.07	1449.64	.6861	4.86	.9748	.5390	.0240
Tallo superior <sup>1</sup>	3166.07	1449.69	.6861	17.53	.9658	.5385	.0307
Hoja inferior <sup>2</sup>	3905.04	1446.19	.7339	5.56	.9336	.0102	.0091
Hoja superior <sup>2</sup>	3905.04	1446.19	.7339	12.04	.9316	.0103	.0091
Tallo <sup>3</sup>	4329.94	578.59	.8842	6.23	.9207	.0025	.0001
Hoja <sup>3</sup>	3087.43	729.29	.8124	6.33	.9709	.4054	.0004
Bráctea <sup>3</sup>	903.15	501.55	.6431	11.91	.9769	.6133	.0784
Rastrojo <sup>4</sup>	5868.25	1903.48	.7574	9.09	.9674	.3044	.0039
Espiga <sup>4</sup>	41.82	24.29	.6365	29.35	.8455	.0001	.0953
Grano <sup>4</sup>	3905.37	1162.46	.7714	8.14	.9851	.8924	.0021
Olote <sup>4</sup>	585.34	225.50	.7259	17.80	.9486	.0503	.0116

<sup>1</sup> Como componente del tallo

<sup>2</sup> Como componente de la hoja

<sup>3</sup> Como componente del rastrojo

<sup>4</sup> Como componente del rendimiento aéreo total

Apéndice 3. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación, prueba de normalidad (W)

y nivel de probabilidad para contenido de fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz.

Componente	Cuadrado medio		$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W	Pr>F
	Genotipo	Error					
Grados de libertad	24	24					
Hoja	2268.50	831.08	0.7432	4.3789	0.9448	0.8866	.0085
Tallo	6143.78	1676.73	0.7896	5.6611	0.9626	0.2008	.0012
Bráctea	2291.36	1181.46	0.6599	4.3484	0.9805	0.7485	.0557
Olote	1759.88	820.17	0.6832	3.3365	0.9854	0.9012	.0337
Rastrojo	1866.07	571.71	0.7656	3.3761	0.9740	0.5090	.0026

Apéndice 4. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación, prueba de normalidad (W) y nivel de probabilidad para digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de 25 genotipos de maíz.

-----							
Cuadrado medio							
-----							
Componente	Genotipo	Error	$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W	Pr>F
Grados de libertad	24	24					
-----							
Hoja	4683.11	758.21	.8609	5.27	.9526	.0758	.0001
Tallo	10027.00	2491.20	.8068	11.14	.9759	.5768	.0006
Bráctea	9357.60	1983.54	.8296	9.13	.9859	.9138	.0002
Olote	4741.52	1816.19	.7265	11.28	.9706	.3973	.0112
Rastrojo	2021.65	650.00	.7696	5.23	.9677	.3127	.0037
-----							

Apéndice 5 . Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W
	Genotipo	Comunidad	Gen*Com	Error				
Grados de libertad	3	2	5	16				
Hoja	411761.71 <sup>ns</sup>	1562918.70 <sup>*</sup>	481101.97 <sup>ns</sup>	463197.33	.5494	38.8919	.9695	.5340
Tallo	128187.75 <sup>ns</sup>	4563252.73 <sup>**</sup>	122390.28 <sup>ns</sup>	199289.91	.7668	34.6303	.9407	.0885
Bráctea	4355.61 <sup>ns</sup>	215638.06 <sup>*</sup>	44797.88 <sup>**</sup>	7941.06	.8521	30.7649	.9641	.3977
Rastrojo	521919.08 <sup>ns</sup>	14321452.49 <sup>**</sup>	638578.91 <sup>ns</sup>	1086973.18	.6812	31.3209	.9584	.2841
Olote	7428.46 <sup>ns</sup>	57573.29 <sup>*</sup>	8505.63 <sup>ns</sup>	3567.55	.7704	32.6861	.9558	.2425
Grano	337224.85 <sup>ns</sup>	5776164.01 <sup>*</sup>	887241.01 <sup>**</sup>	129792.85	.9086	36.6038	.8870	.0023

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 6. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P <sub>s</sub> W
	Genotipo	Comunidad	Gen*Com	Error				
Grados de libertad	3	2	5	16				
Hoja <sup>1</sup>	23217.36 <sup>ns</sup>	120081.99 <sup>**</sup>	14806.00 <sup>ns</sup>	8329.07	.7586	16.8983	.9507	.1729
Tallo <sup>1</sup>	15403.80 <sup>ns</sup>	91432.71 <sup>*</sup>	8196.69 <sup>ns</sup>	7290.95	.7218	22.8861	.9550	.2298
Bráctea <sup>1</sup>	903.51 <sup>ns</sup>	4804.61 <sup>*</sup>	4906.65 <sup>*</sup>	1215.51	.6791	40.1520	.9550	.2353
Rastrojo <sup>2</sup>	21655.99 <sup>**</sup>	64356.13 <sup>ns</sup>	24877.00 <sup>**</sup>	2577.60	.9005	6.6423	.9549	.2274
Olote <sup>2</sup>	114.59 <sup>ns</sup>	524.52 <sup>ns</sup>	231.63 <sup>ns</sup>	280.57	.4632	39.3583	.9459	.1260
Grano <sup>2</sup>	18683.46 <sup>**</sup>	63980.98 <sup>ns</sup>	21244.64 <sup>**</sup>	2150.74	.9073	24.0200	.9346	.0584

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

<sup>1</sup> Como componente del rastrojo.

<sup>2</sup> Como componente del rendimiento aéreo total.

Apéndice 7. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P <sub>s</sub> W
	Genotipo	Comunidad	Gen*Com	Error				
Grados de libertad	3	2	5	16				
Hoja	924.14 <sup>ns</sup>	5204.29 <sup>ns</sup>	1022.58 <sup>ns</sup>	911.06	.6107	4.2102	.9791	.8063
Tallo	3343.69 <sup>ns</sup>	3101.57 <sup>ns</sup>	5620.39 <sup>ns</sup>	3004.26	.6219	9.6097	.9700	.5497
Bráctea	3257.65 <sup>ns</sup>	2830.54 <sup>**</sup>	907.71 <sup>ns</sup>	1366.19	.5276	4.7926	.8950	.0039
Rastrojo	342.39 <sup>ns</sup>	7526.01 <sup>ns</sup>	1075.07 <sup>ns</sup>	958.68	.6566	4.6242	.9561	.2458
Olote	2208.63 <sup>ns</sup>	940.04 <sup>ns</sup>	6581.06 <sup>**</sup>	1168.42	.7172	4.6732	.9415	.0908

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 8. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de cuatro genotipos de maíz, cultivados en tres comunidades de la Cordillera del Tentzo, Puebla.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P <sub>W</sub>
	Genotipo	Comunidad	Gen*com	Error				
Grados de libertad	3	2	5	16				
Hoja	813.26 <sup>ns</sup>	15671.36 <sup>ns</sup>	4445.41 <sup>*</sup>	1543.58	.8018	6.9685	.9808	.8482
Tallo	360.22 <sup>ns</sup>	6113.59 <sup>ns</sup>	5222.88 <sup>ns</sup>	2406.85	.6482	7.8006	.9828	.8832
Bráctea	12198.66 <sup>*</sup>	5198.45 <sup>**</sup>	4558.48 <sup>ns</sup>	3038.52	.6117	7.7021	.9202	.0215
Rastrojo	63583.19 <sup>**</sup>	101532.92 <sup>**</sup>	18768.20 <sup>**</sup>	3344.65	.9021	10.2771	.8531	.0003
Olote	42.92 <sup>ns</sup>	8677.98 <sup>ns</sup>	1886.38 <sup>ns</sup>	1233.42	.7147	5.8373	.9552	.2324

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 9. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz en tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W
	Humedad	Genotipo	Hum*Gen	Error				
	Grados de libertad 2	4	8	24				
Vaina	391827.40 <sup>ns</sup>	469974.35 <sup>**</sup>	96167.25 <sup>*</sup>	38506.72	.8260	13.8266	.9596	.1865
Lámina	2026685.44 <sup>**</sup>	1840251.85 <sup>**</sup>	270478.47 <sup>ns</sup>	101637.42	.8616	15.9721	.9520	.0951
Hoja	4200768.95 <sup>*</sup>	4104806.46 <sup>**</sup>	663988.94 <sup>ns</sup>	208603.32	.8709	13.3733	.9652	.2933
Tallo	11289410.02 <sup>**</sup>	3016513.16 <sup>**</sup>	659621.06 <sup>ns</sup>	333183.00	.8436	22.8241	.9396	.0298
Bráctea	2258886.05 <sup>*</sup>	467065.16 <sup>*</sup>	311602.68 <sup>*</sup>	130215.84	.7760	23.8923	.9157	.0030
Rastrojo	47207253.41 <sup>**</sup>	17912668.44 <sup>**</sup>	4463808.73 <sup>*</sup>	1497473.50	.8617	16.4156	.9494	.0746
Espiga	5709.85 <sup>ns</sup>	24476.89 <sup>**</sup>	9450.20 <sup>**</sup>	1984.56	.8181	13.6760	.9805	.7745
Olote	1614882.37 <sup>*</sup>	160063.88 <sup>ns</sup>	174514.78 <sup>ns</sup>	104100.51	.7194	31.1342	.8861	.0002
Grano	50275408.30 <sup>*</sup>	1700538.40 <sup>ns</sup>	1384888.30 <sup>ns</sup>	1587028.00	.8070	28.0862	.9163	.0032

\* Nivel de probabilidad  $< 0.05$  y  $> 0.01$ .

\*\* Nivel de probabilidad  $< 0.01$ .

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad  $> 0.05$ .

Apéndice 10. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para proporción relativa de los componentes de la planta de cinco genotipos de maíz, en tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W
	Humedad	Genotipo	Hum*Gen	Error				
Grados de libertad	2	4	8	24				
Vaina <sup>1</sup>	3699.10 <sup>ns</sup>	3828.60 <sup>*</sup>	924.51 <sup>ns</sup>	927.45	.7348	7.2396	.9713	.4607
Lámina <sup>1</sup>	3699.10 <sup>ns</sup>	3814.10 <sup>*</sup>	913.53 <sup>ns</sup>	915.15	.7248	5.2655	.9613	.4507
Hoja <sup>2</sup>	22390.87 <sup>**</sup>	3627.53 <sup>*</sup>	740.75 <sup>ns</sup>	1119.45	.7235	7.1660	.9693	.4014
Tallo <sup>2</sup>	16814.23 <sup>*</sup>	5077.07 <sup>**</sup>	536.14 <sup>ns</sup>	808.75	.7736	8.6162	.9813	.8005
Bráctea <sup>2</sup>	2208.69 <sup>ns</sup>	4486.80 <sup>**</sup>	628.63 <sup>ns</sup>	728.12	.6776	13.2902	.9642	.2713
Rastrojo <sup>3</sup>	36676.88 <sup>ns</sup>	20829.56 <sup>**</sup>	1842.34 <sup>ns</sup>	2057.22	.8052	7.9900	.9741	.5512
Espiga <sup>3</sup>	709.03 <sup>**</sup>	53.71 <sup>*</sup>	13.73 <sup>ns</sup>	15.31	.8494	14.9415	.9730	.5143
Olote <sup>3</sup>	569.94 <sup>ns</sup>	235.42 <sup>ns</sup>	146.13 <sup>ns</sup>	241.16	.4277	20.1123	.9142	.0026
Grano <sup>3</sup>	39129.98 <sup>ns</sup>	18462.87 <sup>**</sup>	1633.21 <sup>ns</sup>	1662.57	.8330	12.3960	.9757	.6084

\* Nivel de probabilidad  $< 0.05$  y  $> 0.01$ .

\*\* Nivel de probabilidad  $< 0.01$ .

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad  $> 0.05$ .

<sup>1</sup> Como componente de la hoja.

<sup>2</sup> Como componente del rastrojo.

<sup>3</sup> como componente del rendimiento aéreo total.

Apéndice 11. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para contenido de MS de los componentes aéreos de la planta de cinco genotipos de maíz, en tres niveles de humedad del suelo:

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W
	Humedad	Genotipo	Hum*Gen	Error				
Grados de libertad	2	4	8	24				
Vaina	293672.48**	144124.17**	13533.98 <sup>ns</sup>	16785.61	.8514	19.3385	.9493	.0740
Lámina	440121.85**	109812.44**	8558.12 <sup>ns</sup>	18144.95	.8582	19.0897	.9280	.0098
Hoja	367801.50**	123720.87**	5191.08 <sup>ns</sup>	14210.12	.8744	17.2755	.9434	.0428
Tallo	23683.02 <sup>ns</sup>	34226.38*	7601.69 <sup>ns</sup>	9462.35	.6256	30.6202	.5213	.0001
Bráctea	78853.08**	138749.78**	14088.74 <sup>ns</sup>	12834.46	.8316	17.5262	.9605	.2008
Rastrojo	165513.12**	89555.62**	3917.99 <sup>ns</sup>	8053.15	.8761	15.9421	.9370	.0234
Espiga	8555.03 <sup>ns</sup>	17315.83 <sup>ns</sup>	4389.05 <sup>ns</sup>	8697.98	.7780	10.1381	.6877	.0001

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 12. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos, en tres niveles de humedad del suelo.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W
	Humedad	Genotipo	Hum*Gen	Error				
Grados de libertad	2	4	8	24				
Vaina	10197.75 *	606.42 <sup>ns</sup>	901.19 <sup>ns</sup>	899.94	.6840	4.3440	.9813	.7993
Lámina	2108.73 <sup>ns</sup>	598.63 <sup>ns</sup>	1108.37 <sup>ns</sup>	487.33	.6513	3.5341	.9472	.0613
Hoja	6863.19 *	926.55 <sup>ns</sup>	528.56 <sup>ns</sup>	287.99	.7946	2.6281	.9614	.2173
Tallo	11601.10 <sup>ns</sup>	5942.81 <sup>ns</sup>	4462.36 <sup>ns</sup>	2338.72	.6652	8.4911	.9301	.0120
Bráctea	15682.54 *	4933.04 <sup>ns</sup>	1858.57 <sup>ns</sup>	2369.16	.5943	6.7396	.9456	.0524
Rastrojo	6886.18 *	971.64 <sup>ns</sup>	806.13 <sup>ns</sup>	548.64	.7108	3.7026	.9735	.5309

\* Nivel de probabilidad  $< 0.05$  y  $> 0.01$ .

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad  $> 0.05$ .

Apéndice 13. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de cinco genotipos, en tres niveles de humedad del suelo

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W
	Humedad	Genotipo	Hum*Gen	Error				
Grados de libertad	2	4	8	24				
Vaina	19121.13*	887.11 <sup>ns</sup>	1726.56 <sup>ns</sup>	2099.40	.5958	7.1984	.9557	.1328
Lámina	14626.62 <sup>ns</sup>	7921.62 <sup>ns</sup>	3940.97 <sup>ns</sup>	3153.29	.5904	9.3086	.9628	.2423
Hoja	12472.32*	2831.52 <sup>ns</sup>	2253.94 <sup>ns</sup>	1324.85	.6644	5.9546	.9790	.7237
Tallo	10198.23*	3161.87 <sup>ns</sup>	3905.94 <sup>ns</sup>	1826.42	.6324	6.7224	.9839	.8747
Bráctea	44913.95*	2141.46 <sup>ns</sup>	1914.25 <sup>ns</sup>	2980.27	.6620	9.0535	.9608	.2059
Rastrojo	14851.82**	771.15 <sup>ns</sup>	1557.07 <sup>ns</sup>	713.33	.7422	4.3286	.9655	.3011

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 14. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para rendimiento en base seca de los componentes aéreos de la planta de tres genotipos de maíz, en cinco fechas de cosecha.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W
	Genotipo	Cosecha	Gen*Cos	Error				
Grados de libertad	2	4	8	20				
Hoja	304917.3 *	4681917.7 **	55669.1 <sup>ns</sup>	74242.7	0.935	13.6	0.9381	0.0258
Tallo	12920679.4 **	3342352.6 **	44430.3 <sup>ns</sup>	260865.1	0.892	16.7	0.9580	0.1617
Bráctea	118658.1 <sup>ns</sup>	118539.8 *	12120.5 <sup>ns</sup>	34649.4	0.635	17.2	0.9333	0.0163
Olote	40092.1 <sup>ns</sup>	76267.6 <sup>ns</sup>	14940.1 <sup>ns</sup>	20131.0	0.686	13.7	0.9841	0.8803
Grano	391826.0 <sup>ns</sup>	92635.1 <sup>ns</sup>	161365.8 <sup>ns</sup>	343496.9	0.547	12.9	0.9530	0.1041
Rastrojo	19543131.9 **	18365485.4 **	58446.6 <sup>ns</sup>	57794.2	0.915	12.4	0.9493	0.0742

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 15. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para proporción relativa de los componentes aéreos de la planta de tres genotipos de maíz, en cinco fechas de cosecha.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W
	Genotipo	Cosecha	Gen*Cos	Error				
	Grados de libertad 2	4	8	20				
Hoja <sup>1</sup>	19662.53 **	16261.50 **	934.61 <sup>ns</sup>	738.45	.8920	8.4133	.9834	.8619
Tallo <sup>1</sup>	58718.28 **	3623.04 <sup>ns</sup>	558.59 <sup>ns</sup>	1170.93	.8623	6.9457	.9772	.6598
Bráctea <sup>1</sup>	10550.00 **	6676.86 **	277.25 <sup>ns</sup>	642.30	.7993	13.7476	.9686	.3799
Olote <sup>2</sup>	912.89 **	352.65 *	108.66 <sup>ns</sup>	49.31	.8266	7.8490	.9698	.4156
Grano <sup>2</sup>	14705.19 **	19245.19 **	501.60 <sup>ns</sup>	1098.42	.8412	8.3981	.9780	.6855
Rastrojo <sup>2</sup>	22490.72 **	23772.44 **	940.67 <sup>ns</sup>	1309.00	.8554	7.0129	.9783	.6991

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

<sup>1</sup> Como componente del rastrojo

<sup>2</sup> como componente del rendimiento aéreo total

Apéndice 16. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para contenido de MS de los componentes aéreos de la planta de tres genotipos de maíz, en cinco fechas de cosecha.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	P:Normal	P≤W
	Genotipo	Cosecha	Gen*Cos	Error				
Grados de libertad	2	4	8	20				
Hoja	8007.67 *	497221.02 **	1486.46 <sup>ns</sup>	1754.26	.9831	5.6879	.7844	.0001
Tallo	18545.17 **	477997.40 **	16372.49 **	773.88	.9926	5.2874	.8963	.0005
Bráctea	1261.28 <sup>ns</sup>	254074.92 **	5005.40 *	1474.34	.9734	5.3141	.9099	.0017
Olote	8698.38 **	378554.02 **	3443.74 **	941.18	.9882	4.4175	.8867	.0002
Grano	243.31 <sup>ns</sup>	138810.99 **	1437.30 *	565.28	.9807	2.8498	.8373	.0001
Rastrojo	12691.00 **	337350.60 **	6365.96 **	378.07	.9948	3.0733	.8524	.0001

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 17. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para fibra detergente neutro de los componentes aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, en cinco fechas de cosecha.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P≤W
	Genotipo	Cosecha	Gen*Cos	Error				
	Grados de libertad 2	4	8	20				
Hoja	351.51 <sup>ns</sup>	1285.65 <sup>*</sup>	360.20 <sup>ns</sup>	444.76	.5680	13.1492	.9785	.7051
Tallo	29441.74 <sup>**</sup>	15866.75 <sup>**</sup>	11030.14 <sup>**</sup>	1304.28	.8935	5.1615	.9552	.1275
Bráctea	1338.74 <sup>ns</sup>	5897.41 <sup>**</sup>	1672.82 <sup>*</sup>	499.34	.8227	2.8118	.9214	.0052
Olote	8518.92 <sup>**</sup>	58560.47 <sup>**</sup>	10501.70 <sup>**</sup>	728.56	.9589	3.2890	.8348	.0001
Rastrojo	6340.90 <sup>**</sup>	7874.42 <sup>**</sup>	2153.02 <sup>**</sup>	313.96	.9108	2.5111	.9162	.0031

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.

Apéndice 18. Cuadrado medio,  $R^2$ , coeficiente de variación y prueba de normalidad (W) para digestibilidad in vitro de la MS de los componentes aéreos del rastrojo de tres genotipos de maíz, en cinco fechas de cosecha.

Componente	Cuadrado medio				$R^2$	Coeficiente de variación	W:Normal	P<W
	Genotipo	Cosecha	Gen*Cos	Error				
Grados de libertad	2	4	8	20				
Hoja	2530.33 *	22557.18 **	2808.60 **	782.23	.8902	7.3163	.9713	.4606
Tallo	3140.82 <sup>ns</sup>	5071.62 *	2587.81 <sup>ns</sup>	1264.10	.6836	7.3187	.9637	.2617
Bráctea	957.47 <sup>ns</sup>	10299.72 **	1462.84 *	494.37	.8564	5.2976	.9622	.2307
Olote	546.38 <sup>ns</sup>	52121.73 **	1119.02 <sup>ns</sup>	2663.96	.8070	13.5667	.9444	.0472
Rastrojo	1207.13 <sup>ns</sup>	11047.90 **	1403.00 *	555.25	.8494	5.2490	.9496	.0766

\* Nivel de probabilidad < 0.05 y > 0.01.

\*\* Nivel de probabilidad < 0.01.

<sup>ns</sup> Nivel de probabilidad > 0.05.