

12

2 eg.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"EVALUACION DE RENDIMIENTO Y ANALISIS  
BROMATOLOGICO DE SEIS VARIETADES DE  
AVENA (Avena sativa L.) EN LA F.E.S.  
CUAUTITLAN"**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A :  
MIGUEL ANGEL FARIAS OCAÑA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Asesor: M.C. L. Ricardo Casares García**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E G E N E R A L

pág.

	INDICE DE CUADROS	
	INDICE DE FIGURAS	
	INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	
	RESUMEN	
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	Clasificación taxonómica de la avena	6
2.2	Descripción botánica	6
2.3	Valor nutritivo de la avena	7
2.4	Factores que modifican el valor nutritivo de los forrajes	8
2.4.1	Influencia del estado de desarrollo	10
2.4.2	Influencia de la luz	12
2.4.3	Influencia de la temperatura	15
2.4.4	Digestibilidad	16
2.5	Suelos y fertilización	18
2.6	Análisis químico de alimentos	20
2.6.1	Sistema de Weende o Análisis Proximal	21
2.6.2	Sistema de Van Soest	24
III	OBJETIVOS E HIPOTESIS	
3.1	Objetivos	27
3.2	Hipótesis	27

	pág.
IV MATERIALES Y METODOS	28
4.1 Descripción geográfica de la zona	28
4.2 Climatología	30
4.3 Características edáficas	31
4.4 Diseño experimental	32
4.5 Tratamientos	32
4.6 Metodología experimental	35
4.7 Parámetros evaluados	38
4.8 Análisis estadístico	40
V RESULTADO Y DISCUSION	42
5.1 Rendimiento de materia verde	42
5.2 Rendimiento de materia seca	44
5.3 Análisis bromatológico	46
5.3.1 Contenido de cenizas	46
5.3.2 Contenido de proteína cruda	48
5.3.3 Contenido de extracto etéreo	50
5.3.4 Contenido de fibra cruda	51
5.3.5 Contenido de extracto libre de nitrógeno	53
5.4 Altura de planta	55
5.5 Longitud de hoja	56
5.6 Ancho de hoja	58
VI CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFIA	62
APENDICE	67

## INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Uso del suelo por actividad según región en el Estado de México.
- Cuadro 2. Parámetros productivos de los principales cultivos forrajeros en el Estado de México (1981-1983).
- Cuadro 3. Contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas, extracto libre de nitrógeno y materia seca de heno de avena, cebada, centeno y trigo.
- Cuadro 4. Composición de las diferentes determinaciones del análisis proximal.
- Cuadro 5. División de la materia orgánica de los forrajes por el sistema de análisis de Van Soest.
- Cuadro 6. Características físicas y químicas del suelo de la parcela # 3.
- Cuadro 7. Características generales de las variedades de avena utilizadas.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. División Regional del Estado de México.

Figura 2. Distribución de los tratamientos dentro de la parcela 3 del área agrícola de la F.E.S.-Cuau  
titlán.

Figura 3. Esquemmatización del análisis proximal (Técnica de Weende).

INDICE DE CUADROS DEL  
A P E N D I C E

- Cuadro 1A. Rendimiento de materia verde (ton/ha) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 2A. Rendimiento de materia seca (ton/ha) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 3A. Contenido de cenizas (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 4A. Contenido de proteína cruda (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 5A. Contenido de extracto etéreo (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 6A. Contenido de fibra cruda (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.
- Cuadro 7A. Contenido de extracto libre de nitrógeno (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 8A. Altura de planta (cm) al corte de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 9A. Longitud de hoja (cm) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 10A. Ancho de hoja (cm) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 11A. Análisis de varianza del rendimiento de materia verde de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 12A. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 13A. Análisis de varianza del contenido de cenizas de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 14A. Análisis de varianza del contenido de proteína cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 15A. Análisis de varianza del contenido de extracto etéreo de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 16A. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 17A. Análisis de varianza del contenido de extracto libre de nitrógeno de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 18A. Análisis de varianza de la altura de planta de seis variedades de (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 19A. Análisis de varianza de la longitud de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 20A. Análisis de varianza de la longitud de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 21A. Comparación de medias del rendimiento de materia verde de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 22A. Comparación de medias del rendimiento de materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 23A. Comparación de medias del contenido de cenizas de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 24A. Comparación de medias del contenido de proteína cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 25A. Comparación de medias del contenido de extracto etéreo de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 26A. Comparación de medias del contenido de fibra cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 27A. Comparación de medias del contenido de extracto libre de nitrógeno de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 28A. Comparación de medias de la altura de planta al corte de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 29A. Comparación de medias de la longitud de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 30A. Comparación de medias del ancho de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Cuadro 31A. Análisis de correlación entre las variables estudiadas.

Cuadro 32A. Temperaturas promedio presentadas durante el experimento.

## RESUMEN

La producción de forrajes tiene gran importancia, ya que es la fuente de la alimentación animal. En México predomina la ganadería basada en los recursos forrajeros naturales, que se caracterizan por sus bajos rendimientos y pobre calidad nutritiva, factores que se reflejan en la producción pecuaria.

La producción de forraje en el Valle de México, tiene como objetivo principal la alimentación del ganado especializado en la producción de leche, siendo los cultivos forrajeros más importantes en esta zona el maíz, la alfalfa y la avena.

Entre los factores que limitan la producción de avena, destaca la utilización de variedades no adaptadas a las condiciones prevalentes de la región, mismas que influyen tanto en el rendimiento como en el valor nutritivo. Al realizar el presente trabajo, se planteó como objetivo evaluar el rendimiento de materia verde y materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) bajo condiciones de riego, en el área agrícola de la F.E.S.-Cuautitlán.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de 24 m<sup>2</sup>, de los cuales se consideró una superficie útil de 8 m<sup>2</sup>. Las

variedades (tratamientos) utilizados en el presente estudio fueron: AB-177, Chihuahua (testigo), Cuauhtémoc, Gema, Opalo y Saia.

Las variedades fueron cosechadas cuando el grano llegó a la etapa de lechoso-masoso y el análisis bromatológico se realizó mediante la técnica de Weende (análisis químico proximal).

Los resultados indican que las variedades AB-177, Cuauhtémoc y Chihuahua fueron las que presentaron los más altos rendimientos tanto de materia verde como de materia seca, siendo la Chihuahua, Opalo y Cuauhtémoc las que presentaron una adecuada relación entre los componentes del análisis bromatológico. Las correlaciones entre la materia verde y el contenido de proteína, así como, la fibra cruda con el extracto libre de nitrógeno presentaron un elevado nivel de significancia.

## I INTRODUCCION

La producción de forrajes tiene gran importancia, ya que es la fuente de alimentación animal, tanto de rumiantes como de no rumiantes; de los cuales se obtienen productos alimenticios como son la carne y la leche, o algunos productos pecuarios para su industrialización como la piel, grasa, sangre, huesos, entre otros.

En México predomina la ganadería basada en los recursos forrajeros naturales, que se caracterizan por bajos rendimientos y pobre calidad nutritiva, factores que se reflejan en la producción pecuaria.

La producción de forraje en el Valle de México tiene como objetivo principal la alimentación del ganado especializado en producción de leche, por lo que los cultivos forrajeros más importantes son: alfalfa, maíz y avena, ya que se ubica dentro de la zona templada presentando una estación invernal bien definida.

La importancia de la avena como forraje, radica en que se desarrolla bajo condiciones en que las especies antes mencionadas no pueden cultivarse o es muy baja su producción. Es decir, que en el ciclo otoño-invierno, época en que se presentan bajas temperaturas y fotoperiodo corto, el maíz no puede desarrollarse, mientras que la

alfalfa reduce marcadamente su rendimiento, siendo en este ciclo cuando se establece el cultivo de la avena, para utilizarla posteriormente como forraje verde, ensilado o henificado.

Entre los factores que limitan la producción de avena, destaca la utilización de variedades no adaptadas a las condiciones prevalentes en la región, condiciones que influyen tanto en el rendimiento como en el valor nutritivo, por lo que al realizar el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar el rendimiento en materia verde y seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.), así como su valor nutritivo.

## II REVISION DE LITERATURA

La avena es uno de los cereales más importantes en los climas templados del mundo, ocupando el cuarto lugar en producción de grano, después del trigo, arroz y maíz. A diferencia de éstos que se cultivan principalmente para consumo humano en el país, la avena se produce en un 80% como alimento para el ganado (Castro, 1981) y constituye un excelente complemento de la alimentación del ganado, que se basa principalmente en forrajes conservados, tales como el ensilado de maíz y heno de alfalfa en ésta época (Gutiérrez, 1982).

El cultivo de la avena forrajera en los Estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Distrito Federal, ocupa el 59.4% (20,202 ha) de la superficie que se destina anualmente a la producción de forrajes bajo condiciones de temporal, y el 57.4% (2,491 ha) de la superficie sembrada bajo condiciones de riego en invierno, periodo en que existe menor disponibilidad de este alimento en la región. Algunos parámetros productivos del Estado de México se presentan en los Cuadros 1 y 2.

CUADRO 1. USO DEL SUELO POR ACTIVIDAD SEGUN REGION EN EL ESTADO DE MEXICO (ha)

Región	Superficie	A g r i c o l a			G a n a d e r a		
	Total	Subtotal	temporal	riego	Subtotal	uso inten- tensivo	uso ex- tensivo
Total	2'250,013	943,696	799,750	143,946	349,581	4,908	344,673
Toluca	293,869	167,397	160,399	6,998	16,335	1,304	15,031
Zumpango	321,855	161,561	132,003	29,508	40,471	2,081	38,390
Texcoco	262,934	97,983	83,777	14,206	14,125	274	13,851
Tejupilco	344,201	76,361	73,567	2,794	118,497	10	118,487
Atlacomulco	320,827	195,431	159,817	35,614	24,607	270	24,337
Coatepec							
Harinas	292,903	83,494	66,387	17,107	43,688	92	43,596
Valle de Bravo	200,097	76,161	67,854	8,307	41,473	49	41,424
Jilotepc	213,327	85,358	55,946	29,412	50,358	828	49,557

FUENTE: S.P.P.-INEGI (1986).

**Cuadro 2. Parámetros productivos de los principales cultivos forrajeros en el Estado de México (1981-1983).**

Cultivo	1 9 8 1		1 9 8 2		1 9 8 3	
	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (ton/ha)
Alfalfa	19,500	82.000	21,659	90.232	22,844	87.390
Avena	5,982	19.081	8,434	17.832	18,359	18.760
Maíz	4,830	65.955	3,769	76.320	2,661	67.070
Estatal	852,166		769,794		860,622	

Fuente: S.P.P-INEGI (1986)

## 2.1 Clasificación taxonómica de la avena

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Sub-división	Pterópsida
Clase	Angiosperma
Sub-clase	Monocotiledónea
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Tribu	Aveneae
Género	Avena
Especie	sativa

(Robles, 1975; Sánchez, 1983).

## 2.2 Descripción botánica

La avena es una planta anual. Posee una raíz fibrosa; el tallo es una caña herbácea y erguida con nudos llenos y entrenudos huecos. Generalmente crece de 0.6 a 1.5 m y con 3 a 5 tallos, que varían de 0.32 a 0.64 cm de diámetro. Las hojas son de color verde oscuro, más intenso que el de la cebada y trigo; alcanzan 25 cm de largo y 1.6 cm de ancho. La lígula es de forma ovalada. La inflorescencia es una panocha compuesta, las ramificaciones son largas y sostienen cada una un pequeño número de espiguillas que llevan de 1 a 5 flores

y de las cuales dos son fértiles. Generalmente es una florecilla primaria (produce el grano grande), una secundaria (grano chico) y una terciaria (rudimentaria).

Usualmente son de 20 a 100 espiguillas por panícula. Los frutos de variedades superiores están fuertemente encerrados entre la lemma y la pálea. La avena es una planta de fecundación autógena (Robles, 1975; Díaz y Hughes, citados por Sánchez, 1983).

### 2.3 Valor nutritivo de la avena

La avena presenta una alta proporción de hoja y elevados rendimientos, lo que propicia que se prefiera como planta forrajera sobre los otros cereales de grano pequeño (Leighty, citado por Sánchez, 1983). Es más rica en proteínas digeribles que el arroz y el maíz, además de contener mayor cantidad de grasa que el trigo y la cebada. Estas características hacen de la avena un gran alimento para el desarrollo muscular. Tiene un gran valor para el sostenimiento animal, pues consta de 1,800 calorías y se considera como elemento perfectamente equilibrado. Es rica en tiamina (vitamina B<sub>1</sub>) y minerales como fósforo y hierro (Morrison, citado por Rivera, 1976).

Gran parte de las variedades cultivadas en el mundo, se utilizan en raciones alimenticias para el ganado caballar, vacuno, porcino, ovino y también para las aves. Es muy estimada para la alimentación del ganado lechero, pues es muy apetecida por los animales, además de su voluminosidad (Rivera, 1976).

El valor nutritivo del forraje de avena es tan alto que los agricultores y ganaderos pueden utilizar este cereal exclusivamente para la producción de forraje sin cosechar el grano (Thurman, citado por Sánchez, 1983), pudiendo considerarse como el de mejor calidad alimenticia, comparado con los de otros cereales pequeños (Sánchez, 1983), como puede apreciarse en el Cuadro 3.

#### 2.4 Factores que modifican el valor nutritivo de los forrajes

El valor nutritivo de los forrajes puede ser influenciado por una serie de factores, algunos de los cuales pueden estar relacionados con el forraje y otros con el animal (Reid, 1964), con el desarrollo morfológico y fisiológico de gramíneas y leguminosas (Blaser, 1964), así como dosis de fertilización y las condiciones de humedad reinantes durante el ciclo de producción, entre otros (Colburn et al., 1968).

CUADRO 3. CONTENIDO DE PROTEINA, GRASA, FIBRA, EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO, CENIZAS Y MATERIA SECA DE HENO DE AVENA, CEBADA, CENTENO Y TRIGO.

Heno	Proteína	Grasa	Fibra	E.L.N. <sup>(1)</sup>	Cenizas	Materia seca
%						
Avena	8.2	2.7	28.1	42.2	6.9	88.1
Cebada	7.3	2.0	25.4	49.3	6.8	---
Centeno	6.7	2.1	36.5	41.0	5.0	91.3
Trigo	6.1	2.8	26.1	50.1	6.4	90.4

(1) Extracto libre de nitrógeno

FUENTE: Armero (1979).

#### 2.4.1 Influencia del estado de desarrollo

La época de corte o de utilización de las plantas forrajeras influye simultáneamente sobre la calidad del forraje obtenible y su valor nutritivo. Se trata de un fenómeno general relacionado con la evolución química de los forrajes, desde las fases iniciales del desarrollo hasta la maduración de las semillas. En el periodo de plena floración y en la madurez de la semilla se verifica la progresiva consolidación de los tejidos mecánicos que se lignifican en dirección a la base, o sea, desde la punta a la base de los tallos, que resulta siempre la parte más rica en lignina.

Las plantas varían en su composición a medida que se desarrolla; cuando son jóvenes, contienen mayor contenido de agua y proteínas, las cuales disminuyen a partir de la formación de los frutos, aumentando además su contenido de fibra; esto ocasiona la disminución de la digestibilidad, al lignificarse la celulosa, así como el empobrecimiento en vitaminas y elementos minerales (González, 1976).

Todos los heno de cereales resultan más apetecibles para los animales, cuando son cortados en fases tempranas de maduración (Cramp-ton y Hughes, citados por Sánchez, 1983).

El estado de madurez en que se corta la avena no solamente afecta la producción sino también la calidad del forraje. En general, al

acercarse la época de corte, se observa una disminución en el porcentaje de proteína, vitamina A, caroteno y de la digestibilidad (Nollard et al., citados por Rivera, 1976). A medida que alcanza la madurez fisiológica, disminuye el contenido de proteína cruda, grasas y minerales, aumentando los porcentajes de fibra y carbohidratos (Marín et al., citados por Sánchez, 1983).

Otros investigadores encontraron que al cosechar avena para forrajes en varios estados de madurez, en el estado lechoso masoso del grano el valor alimenticio fue más bajo, mientras que éste fue más elevado al comenzar a encañar la planta, sin embargo, la mayor proporción de nutrientes por hectárea se obtuvo al alcanzarse un 18% de floración (Thurman, citado por Sánchez, 1983).

Por otra parte, no solo el período y la forma de realizar el corte afectan el rendimiento, sino también el número de estos y el tipo de utilización de los forrajes (Thurman, citado por Sánchez, 1983). Referente a éstos, en experimentos de siete variedades de avena se encontró que al realizar un solo corte, producía más forraje que la suma de los dos individuales. En el caso de un solo corte, éste se hizo al llegar la planta al estado masoso y en el de dos cortes, el primero se realizó cuando la planta tenía 35 cm de altura y el segundo al encañar la planta (Growder, Justus et al. y Romero citados por Sánchez, 1983).

Compean, citado por Sánchez (1983), encontró que la avena no presentó poder de recuperación después de un corte, cuando éste tenía 25% de floración. A medida que llega la madurez fisiológica, disminuye el contenido de proteína cruda, grasa y minerales, aumentando los porcentajes de fibra y carbohidratos, por lo que se concluye que aunque es posible que la producción total de forraje sea más alta cuando se corta solamente una vez, tal vez convenga sacrificar el rendimiento por la calidad del forraje (Marín et al., citados por Sánchez, 1983).

#### 2.4.2 Influencia de la luz

Garner y Allard, citados por Coffman y Frey (1961), afirmaron que es bien conocido que la longitud del día es el factor más importante en la determinación de la proporción relativa entre la etapa vegetativa y reproductiva de muchos cultivos, de hecho, la etapa reproductiva puede ser completamente suprimida por la longitud del día. Ellos también señalan que para producciones máximas en los diferentes cultivos es esencial que la fecha de siembra sea la adecuada para regular y asegurar la exposición de la planta a la longitud del día apropiada, debiendo considerar los requerimientos específicos de luz para cada cultivo.

Los autores antes citados cultivaron plantas de avena bajo luz artificial y luz natural. Observaron que tanto la variedad de primavera como la de invierno, redujeron los días a emergencia de la panícula con luz artificial, siendo ésta reducción mayor en la variedad de primavera, la altura de planta y longitud de panícula en la variedad de primavera fue mayor en las plantas expuestas a la luz natural, mientras que en la variedad de invierno fue mayor con luz artificial.

Sturkie, citado por Coffman y Frey (1961), no observó relación entre la producción de avena y los días nublados durante el ciclo de crecimiento, demostrando que bajo estas condiciones la intensidad luminosa fue suficiente para la fotosíntesis. En general, la avena es cultivada normalmente en regiones donde el fotoperiodo es suficientemente largo durante la estación de crecimiento.

Es bien conocido que un incremento en la longitud del día tiende a reducir el tamaño de la planta y acelerar la floración, aunque días cortos o intensidad luminosa reducida producen plantas más altas y retrasan la floración y la maduración.

En temporadas de alta precipitación y tiempo nublado, la avena es alta, mientras que en temporadas de baja precipitación y tiempo despejado, esta tiende a ser menor (Coffman y Frey, 1961).

En campo, la influencia del fotoperiodo es mejor observada en áreas irrigadas donde la temperatura y humedad del suelo favorecen el desarrollo de la avena. En dichas áreas la avena que es sembrada y alcanza a florear durante el periodo de mayor longitud del día, usualmente tienen pajas de menor altura, que aquella que alcanza a florear durante días más cortos (Coffman y Frey, 1961).

La longitud del periodo vegetativo y, por lo tanto, el tiempo de iniciación floral, es controlado por el fotoperiodo (Evans, Hamilton y Ross, citados por Cisar y Shands (1978)). La longitud de esta fase contribuye a la madurez relativa y ha sido demostrado que afecta el número de espiguillas (Lucas y Rawson, citados por Cisar y Shands (1978)). El fotoperiodo influye en la tasa de formación de primordios una vez que la iniciación ha ocurrido y junto con la temperatura, ha demostrado su influencia sobre la tasa de crecimiento de la inflorescencia (Cisar y Shands, 1978).

Wiggins y Frey, citados por Coffman y Frey (1961), encontraron que la avena no podía florear en fotoperiodos de 9 ó 12 horas, pero ocurría lo contrario a periodos de 15, 18 ó 24 horas. Los fotoperiodos de 18 y 24 horas causaron solamente un ligero aceleramiento de la floración, comparado con el de 15 horas. Si al periodo de oscuridad con 9 horas de luz, era interrumpido por una hora de luz a media

noche, la avena floreció casi tan rápido como el fotoperiodo de 15 horas. Entonces, la duración del periodo oscuro determina la iniciación floral. En variedades precoces en invernadero a 70°F (21°C) con fotoperiodos de 18 ó 24 horas, fue posible producir un ciclo completo en 75 días.

Los autores antes citados reportan que con fotoperiodos de 18 ó 24 horas las plantas de avena crecieron altas y produjeron panículas con un pequeño número de espiguillas.

#### 2.4.3 Influencia de la temperatura

En general, muchas variaciones en el desarrollo estructural y reacciones fisiológicas de las plantas dependen del comportamiento de la temperatura ambiental (Taylor y Frey, 1972). Colville y Frey (1986), sostienen que cada etapa reacciona diferente a la temperatura. Taylor y Frey (1972), encontraron que la antesis fue la etapa más sensible a temperaturas extremas. Cisar y Shands (1978), demostraron que altas temperaturas reducen la duración de la fase vegetativa y reproductiva del desarrollo en avena, aunque el efecto en la fase reproductiva fue menos pronunciado que en la fase vegetativa.

Wiggans (1956), afirma que a mayor temperatura, sobre el mínimo requerido para el crecimiento, corresponden las tasas más altas de cre-

cimiento y que temperaturas superiores a la óptima retardan el crecimiento hasta que finalmente un máximo de temperatura es alcanzado y el crecimiento cesa.

Holt, citado por Rivera (1976), realizó en Texas, E.U.A., estudios de crecimiento con avena, encontrando una relación directa entre crecimiento y temperatura. Observó que una temperatura moderada entre 10 a 12°C permite un crecimiento continuo de la planta, el cual cesa a 4.4°C; cuando la temperatura asciende a 7.2°C se presenta un pequeño crecimiento de la avena.

En un número limitado de estudios se ha examinado la influencia específica que la temperatura tiene sobre importantes etapas del desarrollo y la subsecuente producción, y aun más limitada es la cantidad de trabajos realizados en el área de las interacciones genotipo-temperatura (Taylor y Frey, 1972).

#### 2.4.4 Digestibilidad

Uno de los factores principales que determinan el valor nutritivo de los forrajes, es la digestibilidad de la materia orgánica. Aunque existe una relación entre la digestibilidad y el grado de crecimiento, basada en que la digestibilidad decrece cuando las plantas maduran, esta relación se complica debido a la existencia de un periodo primave-

ral que puede prolongarse hasta un mes, en el que la digestibilidad de las herbáceas permanece prácticamente constante.

Además de influir sobre la cantidad de nutrientes utilizables por el animal, la digestibilidad es un factor importante que controla el consumo. Cuanto más digestibles sean las hierbas del pasto, tanto más come el animal (González, 1976).

Se ha demostrado que la digestibilidad del primer corte (Poulton et al., Reid et al. y Stone et al., citados por Colburn, 1968) y segundo corte (Anderson et al. y Weir et al., citados por Colburn, 1968) declina con el avance de la madurez. Sin embargo, el segundo corte es inferior en valor nutritivo al primero.

La correlación de los componentes químicos con la digestibilidad no ha sido determinada para muchos forrajes. Glover et al. y Reid et al., citados por Colburn (1968), encontraron una correlación significativa positiva entre la digestibilidad de la proteína y el porcentaje de proteína cruda, aunque se presentó una correlación negativa entre la digestibilidad de la proteína y el contenido de lignina.

Varios trabajos han demostrado una correlación negativa entre la digestibilidad de la materia seca y la lignina (Forbes et al., Sulli

van y Van Soest, citados por Colburn, 1968) o fibra (Sullivan y Van Soest, citados por Colburn, 1968). Blaxter, citado por Colburn (1968), demostró que cuando se incrementa el contenido de fibra en la dieta, la digestibilidad de la materia orgánica disminuye.

## 2.5 Suelos y fertilización

La avena al igual que el centeno, es de los cereales menos exigentes en cuanto a suelo, si la temperatura y la humedad son favorables. Simonson, indicó que los mejores suelos para el cultivo de la avena en orden de importancia son: los podzoles (de clima templado y húmedo, incluyendo muchos suelos orgánicos); chernozem (de clima templado semi-húmedo o semi-árido) y en tercer lugar los latosoles, que también son importantes (Clerici, citado por Medina, 1988).

Los requerimientos de suelo en el cultivo de la avena son menos específicos que para el trigo y la cebada; las mejores texturas de suelo para esta planta son los limosos y los aluviones por sus características físicas y químicas que retienen más la humedad, aunque también se puede cultivar en suelos arenosos y arcillosos, pero es necesaria una buena preparación y profundidad del mismo, debido a que su sistema radicular es fibroso (Elizondo, citado por Medina, 1988).

La acidez del suelo es un factor importante que ejerce influencia, en particular sobre la absorción de muchos elementos traza para la planta (González, 1976). Para esta especie el mejor pH del suelo varía de 5 a 7, siendo muy sensible a la salinidad del suelo (Robles, citado por Medina, 1988).

Para producir altos rendimientos, se requieren suelos moderadamente fértiles y por lo tanto los minerales han de estar cuidadosamente equilibrados, evitando el exceso de nitrógeno (Chapman, citado por Medina, 1988).

El uso de fertilizantes influye sobre el contenido mineral de las plantas. La aplicación de abonos nitrogenados aumenta la proteína bruta del pasto o puede influir sobre el contenido de amidas y nitratos. Estos abonos disminuyen también las fructosanas de las gramíneas (González, 1976).

La aplicación de más de 70 kg. de nitrógeno por hectárea puede dar lugar a la acumulación de nitratos y/o amoníaco, debido al crecimiento vegetativo excesivo. En zonas húmedas, la falta de fósforo produce una maduración tardía y los rendimientos obtenidos son más bajos, por ello, la aplicación de fertilizantes fosfatados origina beneficios económicos (Chapman, citado por Medina, 1988).

## 2.6 Análisis químico de alimentos

La evaluación de los forrajes requiere la medición de la calidad y cantidad de forraje. Como se estableció en el inciso anterior, el valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química y su digestibilidad. A su vez, la composición química está determinada por la naturaleza de la planta, pero la digestibilidad depende tanto de la planta como del animal (Hughes et al., 1966).

La importancia de las determinaciones del valor alimenticio de los forrajes radica en los siguientes aspectos:

- a) Se requiere estimar lo bien o mal que se está alimentando a los animales.
- b) Se necesita predecir sobre lo que va a suceder dentro del animal con un alimento determinado y decidir antes de que sea tarde si esos alimentos o sus combinaciones tienen probabilidad de mantenerlo bien alimentado.
- c) Se justifica como un índice del análisis económico.

(De Alba, 1971).

El análisis químico de alimentos para animales, según Van Soest (1969), sirve para dos propósitos básicos:

- 1) En conjunto con ensayos de alimentación ayuda al investigador a elaborar y ensayar el fenómeno nutricional.
- 2) Suministra un medio práctico para evaluar alimentos para animales en el laboratorio.

El análisis de alimentos (antiguamente llamado análisis bromatológico), emplea además de los métodos químicos, como el de Van Soest y el proximal, métodos cromatográficos como la cromatografía en papel en capa fina, en columna, de gases, de líquidos de alta presión y electroforésis; métodos electroquímicos como la polarografía y coulombometría, métodos espectroscópicos y métodos espectrofotométricos (Sosa, 1979).

#### 2.6.1 Sistema de Weende o Análisis Proximal

Este sistema de análisis es un conjunto de determinaciones de laboratorio que pretende elaborar en forma global cada grupo de nutrientes que contiene un alimento. Consta de las siguientes determinaciones: humedad, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, proteína cruda y cenizas. Este sistema fue establecido hace

más de 110 años en la estación experimental de Weende, Alemania (Sosa, 1979).

En el Cuadro 4 se señalan los componentes de cada determinación y el grupo del nutriente al cual pertenece (todas las determinaciones excepto la humedad pueden contener más de un compuesto químico).

Existen varias limitaciones definidas en el sistema de Weende, especialmente a lo concerniente a las fracciones de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno; la fibra cruda tal y como se determina no es una sustancia químicamente uniforme, sino más bien una mezcla variable, siendo sus principales componentes la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

Así mismo, sólo una parte de la hemicelulosa y de la lignina están presentes en la fracción de fibra cruda, apareciendo el resto en la del extracto libre de nitrógeno, la cual normalmente se considera compuesta en su mayoría por azúcares y almidones de alta digestibilidad. Por lo tanto, en la proporción en que aparezcan la hemicelulosa con baja digestibilidad, y la lignina prácticamente indigestible, en la fracción del extracto libre de nitrógeno, ésta será más abundante y con un promedio de digestibilidad más bajo de lo que se esperarí si estuviera compuesta principalmente por azúcares y almidones,

CUADRO 4. COMPOSICION DE LAS DIFERENTES DETERMINACIONES DEL ANALISIS PROXIMAL

NUTRIENTES	DETERMINACION DEL ANALISIS PROXIMAL	COMPUESTOS QUIMICOS QUE TEORICAMENTE PUEDEN ESTAR PRESENTES
Agua	Humedad	Agua
Lípidos	Extracto etéreo	Cerebrósidos, lipoproteínas, ceras, pigmentos liposolubles, grasas, aceites, fosfátidos, esteroides, ácidos orgánicos liposolubles y vitaminas liposolubles.
Carbohidratos	Fibra cruda	Celulosa, hemicelulosa y lignina.
	Extracto libre de nitrógeno	Monosacáridos, disacáridos, trisacáridos, almidones, resinas, ácidos orgánicos hidrosolubles y vitaminas hidrosolubles.
Proteínas	Proteína cruda	Proteínas, aminoácidos, compuestos orgánicos nitrogenados no proteicos (aminas, vitaminas del complejo B, ácidos nucleicos y glucósidos nitrogenados; clorofilas, compuestos inorgánicos como sales de amonio, hidróxido de amonio, amoniaco, nitratos y nitritos.
Minerales	Cenizas	Compuestos de Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mn, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se y Si.
Vitaminas	No hay	Ninguna

FUENTE: Mc. Donald, et al. citado por Sosa (1979).

y al mismo tiempo el valor de la fibra cruda no reflejaría la mayoría de la porción más indigestible de la materia prima (Cullinson, 1983).

#### 2.6.2 Sistema de Van Soest

Este procedimiento comprende la separación de la materia seca de la materia prima en dos fracciones:

- a) de alta digestibilidad
- b) de baja digestibilidad.

La fracción de alta digestibilidad está formada en su mayor parte por el contenido celular, el cual consta de lípidos, azúcares, almidones y proteínas, siendo todos ellos altos en digestibilidad ya que tienen en promedio un 98%. Su digestibilidad parece ser afectada materialmente por la cantidad de insolubles de detergentes neutros presente. En la fracción de baja digestibilidad los insolubles de detergentes neutros son conocidos normalmente como fibra detergente neutro (FDN) y comprenden la mayor parte de la pared celular de la planta, conociéndoseles como componentes de la pared celular. Consisten principalmente de celulosa, lignina, sílice, hemicelulosa y un poco de proteína (Cuadro 5).

CUADRO 5. DIVISION DE LA MATERIA ORGANICA DE LOS FORRAJES  
POR EL SISTEMA DE ANALISIS DE VAN SOEST

FRACCION	COMPONENTES	DISPONIBILIDAD NUTRITIVA	
		RUMIANTES	NO RUMIANTES
	- Lípidos	completa	altamente disponible
Célula vegetal	Contenido celular (soluble en detergente neutro)		
	- AZúcares	"	" "
	- Ac. orgánicos	"	" "
	- Substancias hidrosolubles	"	" "
	- Almidones	"	" "
	- Nitrógeno no proteí- co	"	" "
	- Proteína soluble	"	" "
	- Pectinas	"	" "
	- Celulosa	parcial	muy baja
	Fared celular (insolu- ble en deter- gente neutro)		
- Hemicelulosa	"	" "	
- Lignina	indigestible	indigestible	
- Nitrógeno lignificado	"	"	
- Proteína dañada por calor	"	"	

FUENTE: Van Soest, citado por Sosa (1979).

En el método de Van Soest, prácticamente toda la lignina y la hemi celulosa están incluidas en la FDN, mientras que en el método de Ween de, cierta cantidad de ambos compuestos se pierden de la fracción fibra cruda y están presentes en la del extracto libre de nitrógeno. De ahí que la determinación de FDN por el método de Van Soest da cifras considerablemente mayores que las logradas para fibra cruda con el método convencional.

Los diferentes compuestos de la FDN (pared celular), en el mejor de los casos, son bajos en digestibilidad y dependen totalmente de los microorganismos del tracto digestivo para que puedan ser digeridos. La lignina y el sílice son en esencia indigestibles aún para los microorganismos, asimismo la lignina ejerce una influencia negativa curvilínea sobre la digestibilidad de la celulosa y la hemicelu losa (Cullinson, 1983).

### III OBJETIVOS E HIPOTESIS

#### 3.1. Objetivos

Los objetivos planteados para la realización de este trabajo fueron los siguientes:

1. Evaluar el rendimiento en materia verde y materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) bajo condiciones de riego.
2. Determinar el valor nutritivo de seis variedades de avena (Avena sativa L.), por el método de Weende.

#### 3.2 Hipótesis

Para lograr los objetivos anteriores, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Existe diferencia en rendimiento de materia verde y materia seca entre las variedades utilizadas.
2. Existe diferencia en el valor nutritivo entre las variedades utilizadas.

#### IV MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la parcela No. 3 del área agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, durante el ciclo otoño-invierno (1985-1986), ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

##### 4.1 Descripción geográfica de la zona

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se encuentra ubicada en la Cuenca del Valle de México, al oeste de la cabecera municipal de Cuautitlán, Estado de México.

El municipio de Cuautitlán se extiende aproximadamente entre los  $19^{\circ} 37'$  y los  $19^{\circ} 45'$  de Latitud Norte y entre los  $99^{\circ} 07'$  y los  $99^{\circ} 14'$  de Longitud Oeste. Limita al sur con el municipio de Tultitlán, al sureste con el de Tultepec, el este con el de Melchor Ocampo, al norte con el de Teoloyucan, al noreste con el de Zumpango y al oeste con el de Tepetzotlán (Figura 1). La altitud media que se reporta para la cabecera municipal, Cuautitlán de Romero Rubio es de 2,250 m.s.n.m. (De la Teja, 1982).

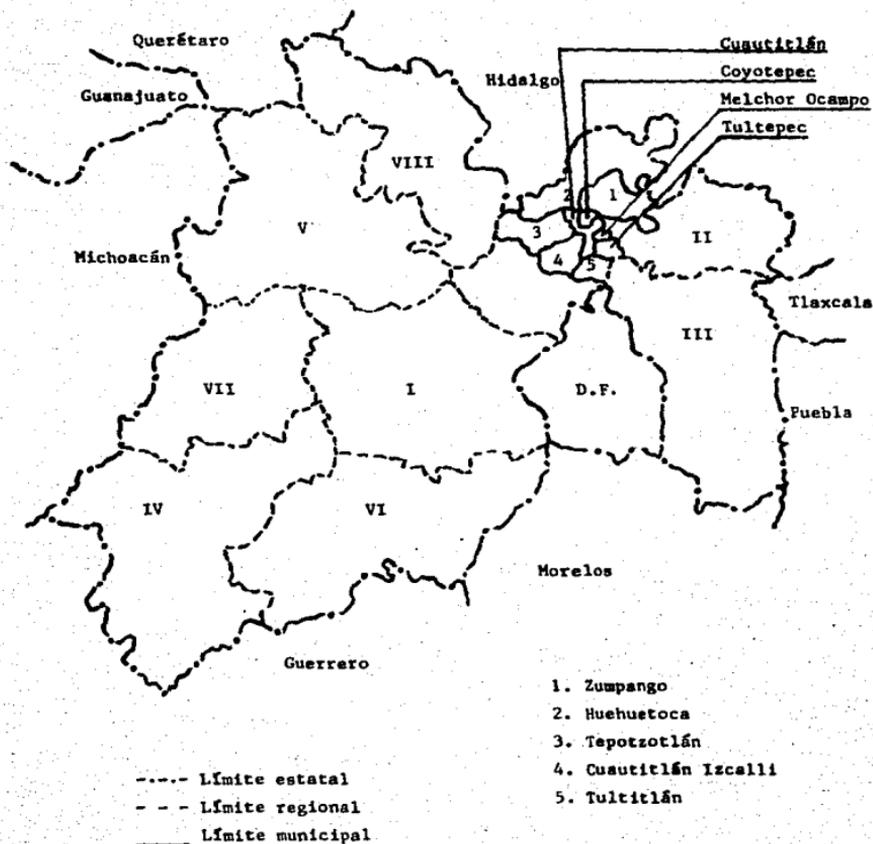


Figura 1. División regional del Estado de México  
 (S.P.P.-INEGI, 1986).

## 4.2 Climatología

De acuerdo con el sistema de Köppen, modificado por García, el clima para la región de Cuautitlán corresponde al C (w<sub>o</sub>) (w) b (i'), templado, el más seco de los sub-húmedos, con régimen de lluvias de verano e invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual), con verano largo y fresco, con temperatura extremosa con respecto a su oscilación.

La temperatura media anual es de 15.7°C, con una oscilación media mensual de 6.5°C; siendo enero el mes más frío con una temperatura promedio de 11.8°C y julio el mes más cálido con 18.3°C. La temperatura máxima promedio es de 26.5°C durante el mes de abril, seguido por mayo y junio.

La temperatura promedio mínima es de 2.3°C en enero, 2.9°C en febrero, aunque se pueden presentar temperaturas bajo cero durante las noches o al amanecer en estos meses (Reyna, citada por Villacaña y Cruz, 1985).

En cuanto a la precipitación, ésta se presenta en verano, contenida entre los meses de mayo a octubre, con invierno seco. La precipitación media anual es de 605 mm, siendo julio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm. Las probabilidades

de lluvia en esta zona son menores del 50% (Reyna, citada por Villicaña y Cruz, 1985).

#### 4.3 Características edáficas

Los suelos de esta área son de formación aluvial y se originaron a partir de depósitos de material ígneo derivado de las partes altas que circundan la zona.

Generalmente los terrenos de la región, se componen de suelos planos y ligeramente ondulados, con una pendiente del 2% (Villicaña y Cruz, 1985).

De acuerdo al sistema de clasificación de FAO-DETNAL, estos suelos han sido clasificados como vertisoles pélicos. Son suelos que presentan una textura fina, arcillosos, pesados, difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan.

Son suelos jóvenes que están en procesos de formación a partir de depósitos de material reciente; no presentan fenómenos de eluviación, iluviación o intemperismo muy marcado; presentan un horizonte superficial oscuro relativamente grueso, con una estructura bien desarrollada y pH mayor de 6 (Deolarte, 1984; Villicaña y Cruz, 1985).

Las características físicas y químicas del suelo se presentan en el cuadro 6.

#### 4.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de 24 m<sup>2</sup>, de los cuales se consideró una superficie útil de 8 m<sup>2</sup>. La superficie total que abarcó el presente trabajo fue de 1,050 m<sup>2</sup>.

#### 4.5 Tratamientos

Se utilizaron seis variedades de avena recomendadas para la región (Valle de México). La asignación de los tratamientos fue de la manera siguiente:

- |                        |          |
|------------------------|----------|
| 1. AB-177              | 4. Gema  |
| 2. Chihuahua (Testigo) | 5. Opalo |
| 3. Cuauhtémoc          | 6. Saia  |

Las características de dichas variedades se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 6. Características físicas y químicas del suelo de la parcela # 3.

VARIABLE	VALOR OBTENIDO
Arena	38%
Limo	24%
Arcilla	38%
Textura	Migajón arcilloso
Color	Gris claro
Densidad aparente	1.14 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real	2.44 gr/cm <sup>3</sup>
pH	6.8
Materia orgánica	3.7%
Conductividad eléctrica	1.27 mmhos/cm
C.I.C.T.	30 meq/100 gr
Nitrógeno aprovechable	93 kg/ha
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	690 kg/ha
K <sub>2</sub> O	2429 kg/ha
Calcio	4300 kg/ha
Magnesio	1732 kg/ha
Azufre	156 kg/ha
Boro	3.8 kg/ha
Cobre	0.7 kg/ha
Fierro	23 kg/ha
Manganeso	137 kg/ha
Zinc	7.5 kg/ha

FUENTE: Medina (1988).

Cuadro 7. Características generales de las variedades de avena utilizadas

Variedad	Hábito	Ciclo	Altura <sup>1</sup>	Hojas	Rendimiento <sup>2</sup>	Observaciones
AB-177	Juvenil	Intermedio	0.75-1.20	Medianas	1.5-2 (G)	Susceptible a roya del tallo y hoja
	semirastrero	125 días a madurez		2.5 cm de ancho	30-35 (F)	
Cuauhtémoc	Juvenil	Intermedio	0.80-1.15	-----	-----	Susceptible a roya del tallo de hoja y cenicilla
	semierecto	90-120 días a madurez				
Chihuahua	Juvenil	Intermedio	0.70-1.10	Medianas	1.2-3 (G)	Susceptible a roya del tallo de hoja y cenicilla
	semierecto	90-115 días a madurez		1.5-2.5 cm de ancho		
Gema	Juvenil	Intermedio	-----	Medianas	25-30 (F)	Moderadamente susceptible a roya del tallo, hoja y cenicilla
	semierecto	120 días a madurez		2.5 cm de ancho		
Opalo	Juvenil	Intermedio	0.75-1.15	-----	30-35 (F)	Susceptible a roya del tallo, hoja y cenicilla
	semierecto	115-125 días a madurez				
Sain	Juvenil	Tardío	1.20-1.30	Angostas	1.8 (G)	Resistente a roya del tallo y hoja <u>no</u> moderadamente susceptible a cenicilla
	semirastrero	130 días a madurez		1.5 cm de ancho	35 (F)	

(G) Grano

(F) Forraje verde

1) m

2) ton/ha

FUENTE: Márquez (1985) y Gutiérrez (1982).

#### 4.6 Metodología experimental

Se realizaron las labores convencionales de barbecho, rastreo, cruzay nivelación del terreno. Terminadas éstas labores, se realizó la delimitación del área y unidades experimentales; finalmente se trazaron los bordos, canales y drenes.

Una vez preparado el terreno, se procedió a sembrar cada una de las unidades experimentales, de acuerdo a la distribución de los tratamientos ya prevista en la Figura 2. La siembra se realizó al voleo, a una densidad de 100 kg/ha; terminando ésta, se fertilizó a una dosis de 50-40-00, utilizando como fuente de nitrógeno al sulfato de amonio (20.5% N) y de fósforo al superfosfato triple de calcio (46%  $P_2O_5$ ). Tanto la semilla como el fertilizante se cubrieron mediante la remoción de la tierra, en forma manual.

La segunda fertilización se realizó antes de aplicar el tercer riego, con una dosis de 70-00-00, utilizando como fuente de nitrógeno a la urea (46% N).

Los riegos efectuados en el experimento fueron cinco, en las fechas mencionadas a continuación:

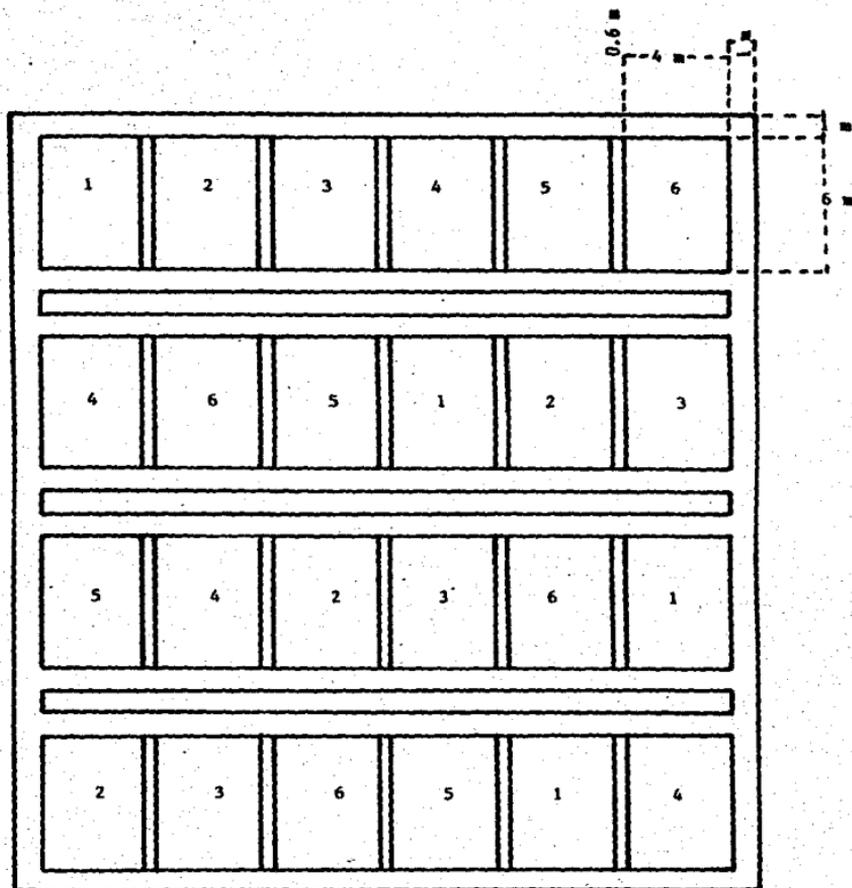


Fig. 2. Distribución de los tratamientos dentro de la parcela 3 del área agrícola de la F.E.S.-C.

Primer riego	19 de diciembre
Segundo riego	16 de enero
Tercer riego	12 de febrero
Cuarto riego	9 de marzo
Quinto riego	9 de abril

El control de la maleza se realizó manualmente, ya que ésta se presentó de manera aislada en algunas unidades experimentales, además de que con esta actividad de procuro evitar alteraciones en los resultados de rendimiento, así como en el análisis bromatológico.

La cosecha de cada una de las variedades se llevó a cabo cuando llegaron a la etapa de grano lechoso-masoso, cosechando los 8 m<sup>2</sup> considerados como parcela útil. Posteriormente, el material fue introducido en bolsas de plástico para pesarlos y obtener el rendimiento de materia verde y extrapolar éstos rendimientos al de una hectárea.

Terminando el pesaje de los tratamientos, se realizó un muestreo, para obtener el material necesario para los análisis de laboratorio, además de obtener el peso seco de la muestra y determinar el rendimiento de materia seca para cada uno de los tratamientos.

Una vez obtenida la muestra, se le determinó el peso en verde, para obtener posteriormente la humedad parcial y total de la muestra. Los demás análisis se efectuaron de acuerdo con el esquema de la Figura 3.

#### 4.7 Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados dentro de este estudio fueron los siguientes:

- a) Altura de planta. Se evaluaron 10 plantas al azar por unidad experimental, midiéndolas desde el nivel del suelo hasta la punta de la inflorescencia.
- b) Longitud de hoja. Se tomaron 10 plantas al azar por unidad experimental y se midió la tercera hoja.
- c) Ancho de hoja. A la hoja que se utilizó para medirle la longitud también se evaluó el ancho, correspondiendo ésta a la parte media de la misma.
- d) Análisis bromatológico. Este se realizó de acuerdo a la técnica de Weende, como se ilustra en la Figura 3.

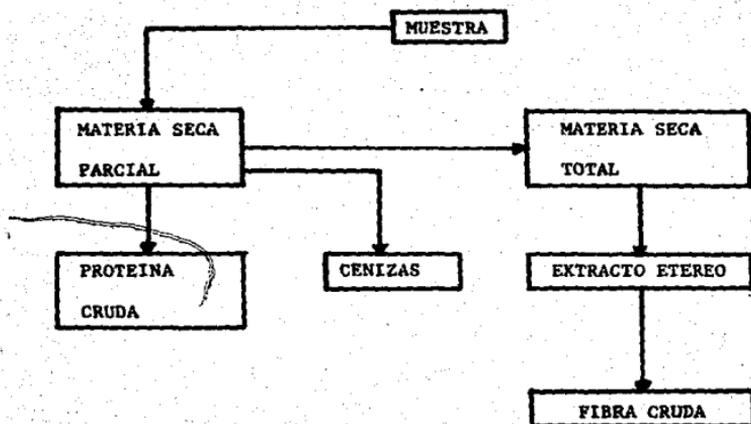


Figura 3. Esquematzación del análisis proximal (Técnica de Weende), Sosa, 1979 y Morfin, 1982.

#### 4.8 Análisis estadístico

El diseño para efectuar el análisis de varianza para cada parámetro evaluado fue el de bloques al azar, cuyo modelo de análisis es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + B_i + t_j + e_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = rendimiento

$i$  = efecto de repetición

$j$  = efecto de tratamiento

$u$  = efecto medio total del experimento

$B_i$  = efecto medio total de bloques

$t_j$  = efecto de tratamiento

$e$  = error

La hipótesis a probar fue:

$H_0: t_1 = t_2 = \dots = t_n$  No existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

$H_a: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \dots \neq \tau_n$  Si existen diferencias estadísticamente  
significativas entre los tratamientos.

## V RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se reportan en el Apéndice.

### 5.1 Rendimiento de Materia Verde

Los resultados del rendimiento en materia verde, marcaron diferencias entre las variedades estudiadas: las variedades AB-177 y Cuauhtémoc, registraron los más altos rendimientos (41 y 37.2 ton/ha); los rendimientos medios correspondieron a las variedades Chihuahua y Saia (34.8 y 31.4 ton/ha), siendo los rendimientos bajos para las variedades Opalo y Gema (22.7 y 19.9 ton/ha) respectivamente (Cuadro 1A). La variedad Chihuahua presentó un rendimiento 15% inferior a la variedad AB-177.

El análisis de varianza realizado para esta variable, demostró que existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 10.78% (Cuadro 11A).

La prueba de comparación de medias, por el método de Duncan (5%), señala que las variedades AB-177 y Cuauhtémoc son estadísticamente iguales y superiores a la variedad Chihuahua; siendo las variedades Opalo y Gema, las que estadísticamente fueron inferiores a las demás (Cuadro 21A).

Se encontró una correlación altamente significativa ( $r=0.90$ ) con la variable del rendimiento en materia seca; esta correlación es obvia, ya que generalmente a medida que aumenta el rendimiento en materia verde, aumenta el rendimiento en materia seca (Cuadro 31A).

Se observa además una correlación negativa ( $r = -0.52$ ) entre la variable de rendimiento en materia verde y el contenido de proteína cruda. Esto resulta explicable, ya que a medida que avanza la edad de la planta, aumenta el rendimiento en materia verde, pero disminuye el contenido de proteína debido a que ésta es transformada y utilizada en los procesos naturales de la planta (Cuadro 31A). Estas observaciones han sido corroboradas por González (1976 además de Nollard et al, citados por Rivera (1976); Marín et al., citados por Sánchez (1983) y Orcasberro et al. (1983).

Los resultados de materia verde reportados por Leal (1976), para las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo coinciden con los encontrados en este trabajo, excepto para la variedad Opalo, el cual obtuvo un rendimiento de 39.99 ton/ha, superior al encontrado en este trabajo.

Rivera (1976), reporta un rendimiento en materia verde para la variedad Saia de 40.2 ton/ha, el cual es relativamente mayor que el

encontrado en el presente trabajo, aunque puede deberse a las condiciones particulares en que se desarrolló dicho experimento.

Sánchez (1988) reportó que con una densidad de 120 kg/ha de semilla obtuvo un rendimiento de materia verde de 49.7, 48.9 y 45.6 ton/ha para las variedades Opalo, Saia y Gema respectivamente, rendimientos que son bastante altos, si consideramos a los que se obtuvieron en este trabajo y los reportados por otros autores.

Las diferencias encontradas en el presente trabajo, con respecto a los resultados encontrados por otros investigadores, se debieron probablemente a las condiciones ambientales ocurridas durante el experimento; en este caso particular, a las temperaturas, ya que el presente trabajo se vió afectado por heladas que se presentaron en los meses de enero y febrero (Cuadro 32A), factor por el cual resultaron dañadas las variedades en diferente grado. Las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Saia, no se vieron afectadas tan severamente como lo fueron las variedades Gema y Opalo, ya que estos lo reflejaron en el rendimiento de materia verde.

## 5.2 Rendimiento de Materia Seca

Los resultados de materia seca muestran que las variedades AB-177 Cuauhtémoc y Chihuahua (12.8, 12.6 y 11.65 ton/ha de materia seca,

respectivamente), fueron superiores a las variedades Saia, Opalo y Gema (8.96, 8.72 y 7.22 ton/ha de materia seca respectivamente) como se muestra en el Cuadro 2A.

Se encontró, de acuerdo con el análisis de varianza, que existen diferencias altamente significativas tanto para los tratamientos como para los bloques, con un coeficiente de variación de 11.02% (Cuadro 12A). Este resultado para el factor tratamientos, concuerda con los resultados obtenidos para la variable de rendimiento de materia verde; sin embargo, la diferencia entre bloques pudo haber sido consecuencia de un mal manejo de la muestra durante el secado del material.

El análisis de comparación de medias (Duncan, 5%), demuestra que las variedades AB-177, Cuauhtémoc y Chihuahua, son estadísticamente iguales y superiores a los tratamientos de las variedades Saia, Opalo y Gema (Cuadro 22A).

Se encontró una correlación negativa ( $r = -.55$ ) entre la variable de rendimiento de materia seca y el contenido de proteína (Cuadro 31A). Como ya se mencionó en el punto anterior, esto se debe a que a medida que avanza la edad de la planta, la proteína cruda es utilizada en los procesos fisiológicos naturales de la planta, transfor-

mando los azúcares simples en complejos, siendo éstos los principales componentes de la fibra cruda. Además, se encontró una baja correlación ( $r = .56$ ) entre el rendimiento en materia seca y el ancho de hoja (Cuadro 31A).

Leal (1976), encontró para las variedades AB-177, Cuauhtémoc, Chihuahua y Opalo, un rendimiento de materia seca, al 100% de floración de 7.06, 7.49, 5.99 y 5.41 ton/ha respectivamente, rendimiento que es bajo en relación al encontrado en el presente trabajo, debido probablemente a que se cosecharon en diferente estado fenológico, medio ambiente o fue distinto el manejo del cultivo.

Sánchez (1988) determinó un rendimiento de materia seca para las variedades Saia, Opalo y Gema de 14.2, 13.9 y 11.8 ton/ha, con una densidad de siembra de 120 kg/ha de semilla. Debido a esto y a que no afectó algún factor adverso el desarrollo del cultivo, se obtuvieron mayores rendimientos de materia verde y en consecuencia de materia seca.

### 5.3 Análisis Bromatológico

#### 5.3.1 Contenido de Cenizas

Los resultados del contenido de cenizas demuestran que las varieas

dades Chihuahua y Saia, con 7.1 y 6.73% fueron las que presentaron mayor contenido de éstas, seguidas por las variedades Gema y Cuauhtémoc con 6.21 y 6.16%, respectivamente; las variedades AB-177 y Opalo resultaron inferiores a las demás con un contenido de 5.9 y 5.84% respectivamente (Cuadro 3A).

El análisis de varianza realizado para este parámetro demuestra que sí hay diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo las variedades Chihuahua y Saia estadísticamente iguales y superiores a las demás (Cuadro 13A). El coeficiente de variación fue de 7.68%.

No se encontró correlación significativa entre el contenido de cenizas y las demás variables (Cuadro 31A); sin embargo, Orcasberro (1983), observó una correlación del contenido de cenizas con fibra cruda ( $r = -.92$ ), con proteína cruda ( $r = .95$ ) y con extracto libre de nitrógeno ( $r = .84$ ), correlaciones que fueron altamente significativas, pero que en el presente trabajo no se observaron.

Morrison, citado por Armero (1979), reporta un contenido promedio de cenizas de 6.9%, mientras que Tejada (1980 reportó 5.9%. Matsushima (1979), reportó un contenido de cenizas para heno de avena de 9%.

Leal (1976) obtuvo un contenido de cenizas de 14.9, 12.4, 14.6 y 16.7% para las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo, al 50% de floración. Mientras que Rivera (1976), indica en base a un estudio de Nieto (1964) un contenido de cenizas de 5.7% para la avena roja de California, cuando la planta se cosechó en estado de grano lechoso, masoso o maduro.

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los reportados por Morrison y Tejada; sin embargo, los reportados por Leal, son muy altos debido quizá al estado fenológico de la planta. Respecto a esto se dice que "... el factor cenizas varía en forma curvilínea"; es decir, que a medida que avanza la madurez de la planta, se presenta un decremento del contenido de cenizas (Orcasberro, 1983).

### 5.3.2 Contenido de Proteína Cruda

Los resultados para la variable del contenido de proteína cruda, demuestran que la variedad Gema fue superior a las demás con un contenido de 10.74%, siendo que para las demás variedades este parámetro osciló entre 8.07 y 8.99% (Cuadro 4A).

El análisis de varianza demuestra que no hay diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 14A); sin embargo, al realizar

la prueba de comparación de medias, ésta nos muestra que la variedad Gema es estadísticamente superior a las demás variedades (Cuadro 24A). Este efecto se debe quizá a que el valor de  $F_c$  está muy cercano al valor de  $F_t$ .

Se encontró una correlación negativa ( $r = -.52$ ) entre el contenido de proteína cruda con la materia verde y la materia seca. Esto se debe a que existe una variación en forma curvilínea y el efecto cuadrático de días transcurridos desde la siembra es negativo para la proteína cruda (Orcasberro, 1983).

Tejada (1980), reportó un contenido de 3% de proteína cruda para la parte aérea seca; mientras que Burgess (1972) encontró 8.2% de proteína cruda para la avena en estado de grano lechoso. Rivera (1976), señala un trabajo de Nieto (1964) en el cual se obtuvo un contenido de proteína de 8.4% en floración y 6.6% cuando el grano está lechoso.

Armero (1974), reportó en base a un trabajo de Morrison, un contenido de proteína cruda de 8.2%, mientras que Leal (1976) indica que al 50% de floración las variedades AB-177, Chihuahua, Cusuhtémoc y Opalo contenían 8.04, 8.48, 9.62 y 9.44%. Russek (1983), encontró para las variedades Chihuahua y Cusuhtémoc, al 50% de floración, un contenido de 12.9 y 11.9% de proteína cruda resultados que no coin-

ciden con lo reportado por Leal (1976). Matsushima (1979) reporta un contenido de proteína cruda para el heno de avena del 9%, que si con cuerda con los resultados obtenidos en este trabajo así como con los de Nieto, Morrison y Leal.

### 5.3.3 Contenido de Extracto Etéreo

Los resultados del contenido de extracto etéreo marcan diferencia entre los tratamientos, ya que para la variedad Cuauhtémoc se encontró un 6.4%, mientras que para las variedades Opalo, Chihuahua, Saia y AB-177, esta variable oscila entre 5.08 y 4.5%, siendo la variedad Gema la que presentó el más bajo contenido con 3.76% (Cuadro 5A).

Al realizar el análisis de varianza, se encontró que si hay diferencias estadísticas significativas (5%) entre los tratamientos; siendo la variedad Cuauhtémoc estadísticamente igual a la variedad Opalo y ambas superiores a las demás. Para las variedades Opalo, Saia, AB-177, Chihuahua y Gema no existieron diferencias estadísticas significativas. Se determinó un coeficiente de variación de 18.74% (Cuadro 15A).

No se encontró correlación significativa entre el contenido de extracto etéreo y las demás variables (Cuadro 31A).

Nieto citado por Rivera (1976), reporta para la avena roja de California un contenido de 2.5% de extracto etéreo en estado de grano lechoso; Morrison, citado por Armero (1979), reporta un 2.7% de extracto etéreo para la avena mientras que, Tejada (1980) indica para ésta variable 1.4%; Matsushima (1979), señala 2.1% de extracto etéreo para el heno de avena.

Leal (1976), reportó valores de contenido de extracto etéreo para algunas variedades de avena (AB-177 y Chihuahua) al 50% de floración de 2%, mientras que las variedades Cuauhtémoc y Opalo presentaron 2.5%. Russek (1983), indica que la variedad Chihuahua, al 50% de floración, contenía 0.6% de extracto etéreo, mientras que la variedad Cuauhtémoc, en el mismo estado fenológico, contenía 1%. Como puede observarse los resultados obtenidos en el presente trabajo resultaron altos con respecto a los reportes anteriores.

#### 5.3.4 Contenido de Fibra Cruda

Los resultados para la variable del contenido de fibra cruda demuestran que la variedad Saia fue la que presentó el mayor contenido con 39.09%; siendo las variedades AB-177, Opalo, Cuauhtémoc y Gema las que mostraron un contenido muy semejante, desde 34.89 a 36.42%, mientras que la variedad Chihuahua fue la más baja con 32.99% de fibra cruda.

Mediante el análisis de varianza (Cuadro 16A), se demuestra que existe una diferencia estadística altamente significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4.52%.

Al realizar el análisis de comparación de medias (Duncan, 5%), se encontró que la variedad Saia fue superior estadísticamente a las demás, mientras que las variedades AB-177, Opalo, Cuauhtémoc y Gema son estadísticamente iguales y la variedad Chihuahua inferior a las demás (Cuadro 26A).

Entre las variables estudiadas, se encontró una correlación negativa ( $r = -.72$ ) entre el contenido de fibra cruda y el de extracto libre de nitrógeno. Esto se debe a que a medida que transcurre el ciclo de vida de la planta, los azúcares (extracto libre de nitrógeno) que abundan en las fases tempranas de la planta, se van transformando, con el paso del tiempo, en sustancias de baja digestibilidad (Hemicelulosa, celulosa, lignina), principales componentes de la fibra cruda.

Además, se encontró una correlación negativa entre la fibra cruda con el ancho y largo de hoja ( $r = -.45$  y  $r = -.56$  respectivamente) (Cuadro 31A). Esto se debe a que el principal componente de los tallos son los carbohidratos de baja digestibilidad por lo que a mayor

proporción de hoja sobre el tallo, habrá un menor contenido de fibra cruda.

Tejada (1980), al realizar el análisis de la parte aérea de la avena, reportó que contenía 30.2%; mientras que Smith (1960), al estudiar la producción y composición química en avena, señala que en estado masoso del grano de la avena, ésta contiene 32% de fibra cruda.

Russek (1983), encontró que las variedades Chihuahua y Cuauhtémoc al 50% de floración, contienen 37.4 y 39.7% respectivamente, cifras que difieren con las reportadas por Leal (1976) para las mismas variedades y en el mismo estado fenológico (31.12 y 31.15% respectivamente, además observó para las variedades AB-177 y Opalo un contenido de fibra cruda de 29.04 y 30.39% respectivamente.

Los resultados encontrados en el presente trabajo se encuentran en los rangos reportados por los autores antes citados y las diferencias se consideran debido a las condiciones ambientales en cada experimento, así como a las propias de cada una de las variedades.

#### 5.3.5 Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno

Los resultados encontrados para el contenido de extracto libre de

nitrógeno, muestran que existen ligeras diferencias entre las variedades, siendo la Chihuahua quien presentó mayor contenido de extracto libre de nitrógeno con 45.95%; mientras que para las variedades AB-177, Opalo, Gema y Cuauhtémoc, los valores oscilan desde 43.8 a 44.48%, la variedad Saia fue la de menor contenido con 40.89% (Cuadro 7A).

Al realizar el análisis de varianza se encontró que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (con un coeficiente de variación de 4.52%) Cuadro 17A; sin embargo, al realizar la comparación de medias por el método de Duncan (5%), se determinó que sí hay diferencias, siendo las variedades Chihuahua, AB-177, Opalo, Gema y Cuauhtémoc, estadísticamente iguales y superiores a la variedad Saia. Esto se puede deber a que la  $F_c$  y el valor de  $F_t$ , son valores muy cercanos entre sí, al igual que sucedió con la variable de proteína cruda.

Al realizar la correlación entre el extracto libre de nitrógeno y las demás variables, se encontró que hay una baja correlación negativa entre el primero y la fibra cruda (Cuadro 31A).

Orcasberro (1983), encontró correlación entre el extracto libre de nitrógeno y el contenido de ceniza ( $r = .84$ ), con la fibra cruda

( $r = -.97$ ) y con el contenido de proteína cruda ( $r = .86$ ), al evaluar el valor nutritivo de avena variedad Opalo.

Nieto, citado por Rivera (1976), señala que la avena roja de California contiene un 42% de extracto libre de nitrógeno cuando la planta se encuentra en estado lechoso del grano. Tejada (1980) reportó 59.3% de extracto libre de nitrógeno; mientras que Leal (1976), encontró que las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo, al 50% de floración contienen 38.52, 37.9, 35.43 y 34.17% respectivamente. Resultados semejantes encontró Russek (1983) para las variedades Chihuahua y Cuauhtémoc, al 50% de floración, 37.4 y 39.7% respectivamente.

#### 5.4 Altura de planta

Al analizar los resultados para la variable altura de planta, se determinó que la variedad Saia, se desarrolló mejor, sin embargo, en los demás tratamientos se encontró muy poca diferencia ya que la altura entre las variedades Cuauhtémoc y AB-177 van desde 99.12 a 94.82 cm respectivamente, siendo la variedad Gema la más baja con solo 92.12, debido a que fue el tratamiento más afectado por las bajas temperaturas que se presentaron durante el desarrollo del presente trabajo.

El análisis de varianza indica que no hay diferencia estadística significativa (Cuadro 18A), pero al realizar la prueba de comparación de medias, resultó que las variedades Saia, Cuauhtémoc, Opalo y Chihuahua son estadísticamente iguales y superiores a las variedades AB-177 y Gema (Cuadro 28A). No se encontró correlación entre esta variable y las demás evaluadas.

Leal (1976), encontró que las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo, en la madurez, presentaron una altura de 1.42, 1.40, 1.38 y 1.38 m respectivamente.

Sánchez (1988), al evaluar 5 densidades de siembra con cinco variedades, encontró que sí hay diferencias altamente significativas para la variable altura de planta al corte, siendo la variedad Saia la que presentó la mayor altura con 168.7 cm a una densidad de 120 kg/ha de semilla, siguiéndole la variedad Gema con 163.7 cm y Opalo con 141.2 cm a la misma densidad. Es probable que estos valores sean debidos tanto a las condiciones particulares del experimento como a la densidad de población utilizada, la cual generó un efecto etiolativo sobre las plantas.

#### 5.5 Longitud de Hoja

Los resultados encontrados para la variable longitud de hoja, de-

muestran que las variedades Opalo, Chihuahua, Cuauhtémoc y Gema, presentaron mayor longitud de hoja con 29.08, 28.65, 27.26 y 26.98 cm respectivamente, mientras que las variedades AB-177 y Saia presentaron la menor con 23.15 y 22.01 cm (Cuadro 9A).

Al realizar el análisis de varianza se encontró que si hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 19A), siendo las variedades Opalo, Chihuahua, Cuauhtémoc y Gema estadísticamente superiores a los tratamientos de las variedades AB-177 y Saia, según la prueba de comparación de medias de Duncan (5%) (Cuadro 29A).

Se determinó una correlación negativa entre la longitud de hoja y el contenido de fibra cruda ( $r = -.56$ ), debiéndose quizá a que, a medida que hay mayor proporción de hoja, hay un decremento del contenido de fibra cruda, localizada principalmente en el tallo de la planta (Cuadro 31A).

Leal (1976), encontró una longitud de hoja para las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo de 36.5, 39.0, 41.0 y 42.5 cm respectivamente.

Estos valores fueron más altos debido probablemente a que en el presente trabajo se presentaron bajas temperaturas, hecho que ocasiono

nó el retraso de la segunda fertilización, lo cual se reflejó en el desarrollo vegetativo del cultivo.

### 5.6 Ancho de Hoja

Los resultados encontrados para esta variable demuestran que sí existe diferencia entre las variedades, siendo la Cuauhtémoc, AB-177 y Chihuahua, las que presentaron un ancho de hoja mayor con 1.85, 1.80 y 1.75 cm respectivamente, mientras que las variedades Gema y Opalo presentaron un ancho de hoja menor con 1.59 y 1.63 cm, siendo la variedad Saia la que presentó el menor ancho con 1.25 cm (Cuadro 10A). Esto presumiblemente se debe a las características varietales de cada uno de los tratamientos.

El análisis de varianza demostró que existe diferencia altamente significativa entre las variedades. La Cuauhtémoc, AB-177 y Chihuahua son iguales entre sí y superiores a las demás, mientras que la variedad Saia fue la menor con respecto a esta variable (Cuadro 20A).

Las correlaciones encontradas entre el ancho de hoja y las demás variables resultaron ser muy bajas por lo que no existe una correlación significativa.

Leal (1976), reporta el ancho de hoja para las variedades AB-177, Chihuahua, Cuauhtémoc y Opalo, con valores de 1.3, 1.2, 1.3 y 1.0 cm (siendo estos resultados el resultado de tres medidas: parte basal, parte media y ápice de la tercera hoja en floración. Estos resultados son inferiores a los determinados en el presente trabajo debido quizás a que los reportados en este son producto de una sola medida y que corresponde a la parte media de la tercera hoja.

## VI CONCLUSIONES

Al haber analizado los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que:

1. Las variedades AB-177, Cuahtémoc y Chihuahua (testigo), fueron las que presentaron los más altos rendimientos tanto de materia verde como de materia seca; las variedades Saia, Opalo y Gema las que mostraron los más bajos rendimientos en estas dos variables.
2. Las variedades Chihuahua, Opalo y Cuahtémoc presentaron una adecuada relación entre los componentes del análisis bromatológico (considerando los contenidos de cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno).
3. La variedad Cuahtémoc mostró el mejor equilibrio vegetativo (considerando el ancho y largo de hoja, así como la altura de planta al corte).
4. Esta variedad también presentó el mejor equilibrio entre los conjuntos de las variables estudiadas (rendimiento, análisis bromatológico y desarrollo vegetativo). Por lo que se considera la mejor variedad entre las evaluadas bajo las condiciones particulares presentadas en este trabajo.

5. Las correlaciones más importantes encontradas en el presente estudio fueron:

La materia verde con la materia seca (  $r = .90$  )

La materia verde con la proteína cruda (  $r = -.52$  )

La materia seca con la proteína cruda (  $r = -.55$  )

La fibra cruda con el extracto libre de nitrógeno (  $r = -.72$  ).

## BIBLIOGRAFIA

1. Armero T., J.E.J. (1979). Estudio de rendimiento para producción de forraje y grano en 5 densidades de siembra de avena, variedad Saia (Avena strigosa) en Apodaca, N.L. en ciclo 1978-1979).  
Tesis de Licenciatura, I.T.E.S.M.
2. Blaser W., E. y L.E. Harris (1964). Symposium on forage utilization: effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. Journal Animal Science. 21:1
3. Burgess P.L., E.A. Grant y J.W.G. Nicholson (1972). Feeding value of forage oats.  
Canadian Journal Animal Science. 52 págs. 448-450.
4. Castro M., O.R. (1981). Avena. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el área de influencia del CAEVAMEX.
5. Cisar G., y H.L. Shands (1978). Floral initiation and development in cultivars of oats.  
Crop Science. 18 págs. 461-464.
6. Coffman F.A. y K.H. Frey (1961). Oats and oat improvement.  
American Society of Agronomy. Ed. Franklin A. Coffman.
7. Colburn M.W., J.L. Evans y C.H. Ramage (1968). Apparent and true digestibility of forage nutrients by ruminant animals.  
Journal of Dairy Science. 51:9 págs. 1450-1457.

8. Colville D.C. y K.J. Frey (1986). Development rate and growth duration of oats in response to delayed sowing. Agronomy Journal. 78:3 pags. 417-424.
9. Cullinson A., E. (1983). Alimentos y alimentación de animales. Ed. Diana 1a. ed.
10. De Alba J. (1971). Alimentación del ganado en América Latina. Ed. Prensa Médica Mexicana. 2a. ed.
11. De la Teja A., O. (1982). Estudio de las características edáficas de los suelos de la F.E.S.-C. Mimeógrafo. F.E.S.-Cuautitlán U.N.A.M.
12. Deolarte M., C.G. (1984). Evaluación del cultivo del trigo (*Triticum sp*) bajo cuatro fórmulas de fertilización en la F.E.S.-C. Tesis de Licenciatura. F.E.S.-C U.N.A.M.
13. Frey K.J. (1959). Yield components in oats. I. Effect of seeding date. Agronomy Journal. 51 págs. 381-383.
14. González A., J.A. (1976). Predicción del valor nutritivo de algunas plantas forrajeras mediante digestibilidad "in vitro". Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M.
15. Gutiérrez C., J.M. (1982). Guía para cultivar avena forrajera en el Valle de México. Follato para productores No. 16.

16. Hughes H.D., M.E. Heat y D.S. Metcalfe (1966). Forrajes: La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. Ed. C.E.C.S.A. 1a. ed.
17. Leal G., G.J. (1976). Comparación de 8 variedades introducidas de avena (Avena sativa L.) y la variedad compuesto 2, en la producción de forraje a diferentes estados de maduración en Apodaca, N.L.  
Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M.
18. Márquez C., L.A. (1985). Efecto de la densidad de siembra sobre el índice de cosecha de 10 variedades de avena.  
Tesis de Licenciatura F.E.S.-C. U.N.A.M.
19. Matsushima J., K. (1976). Feeding beef cattle. In: Advanced Series in Agricultural Science # 7.  
Ed. D.F.R. Boomer.
20. Medina M., S.L. (1988). Dosis óptima de eficiencia de la fertilización nitrogenada en avena (Avena sativa L.), c.v. Chihuahua en la F.E.S.-C.  
Tesis de Licenciatura. F.E.S.-C. U.N.A.M.
21. Morfin L., L. (1982). Bromatología. Manual de laboratorio. Mimeógrafo. F.E.S.-C U.N.A.M.
22. Orcasberro R., Briseño de la K, V.M. y Cuadro S.C. (1983). Valor nutritivo y rendimiento de la avena forrajera (Avena sativa L.) Opalo en distintos estados y desarrollo.  
Revista Chapingo. No. 42. págs. 85-89

23. Reid R.L., G.A. Jung y S. Murray (1964). The measurement of nutritive quality in a bluegrass pasture using in vivo and in vitro techniques.  
Journal of Animal Science 23:3 págs. 700-710
24. Rivera T., P.A. (1976). Prueba de rendimiento y forraje de 12 variedades de Avena sativa L. en Apodaca, N.L.  
Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M.
25. Robles S., R. (1975). Producción de granos y forrajes.  
Ed. Limusa. 1a. ed.
26. Sánchez B., G. (1988). Estudio de densidades y variedades de avena en Juchitepec, Méx.  
Tesis de Licenciatura. F.E.S.-C U.N.A.M.
27. Sánchez D., A. (1984). Tecnificación de la ganadería en México.  
Ed. Limusa. 1a. ed.
28. Sánchez R., O.J. (1983). Adaptación y rendimiento para forraje verde y grano de 8 variedades de avena (Avena sativa L.) cortes en diferentes estados de desarrollo de la planta.  
Tesis de Licenciatura. I.T.E.S.M.
29. Servicio Meteorológico Nacional (1985). Estación de San Martín Obispo, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. Registro diario de temperaturas.
30. Servicio Meteorológico Nacional (1986). Estación de San Martín Obispo, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. Registro diario de temperaturas.

31. Smith D. (1960). Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity.  
Agronomy Journal. 52:111 págs. 637-639
32. S.P.P.-INEGI (1986). Anuario Estadístico del Estado de México.
33. Sosa de P., E. (1979). Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal.  
U.A.CH.
34. Tejada de H.I., J.M. Berruecos y H. Merino Z. (1980). Análisis bromatológico de alimentos empleados como ingredientes en nutrición animal.  
Técnica Pecuaria en México No. 38 págs 31-67
35. Van Soest P.J. (1969). Newer knowledge on the composition and methods of analysis of feeding stuffs. Nutrition of animal of agricultural importance. In: International Encyclopaedia of food and nutrition. Vol. 17 Part. 1.
36. Villicaña B.M. y M.A. Cruz M. (1985). Rendimiento de materia seca de mijo proso (Panicum miliaceum L.) bajo diferentes niveles de fertilización, densidad de siembra y época de corte, comparado con el rendimiento de mijo cola de zorra (Setaria italica B.) en la FES-Cuautitlán.
37. Wiggans S., C. (1956). The effect of seasonal temperatures on maturity of oats planted at different dates.  
Agronomy Journal. 48 págs. 21-25.

A P P E N D I C E

CUADRO 1A. Rendimiento de materia verde (ton/ha) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	42.1875	45.9375	40.3125	35.6250	41.015
2	37.8125	35.6250	30.3125	35.6250	34.843
3	35.0000	36.8750	37.8125	39.3750	37.265
4	17.8125	29.0625	17.5000	15.3125	19.925
5	20.6250	25.6250	20.9375	23.7500	22.734
6	30.3125	30.9375	30.6250	34.0625	31.484

CUADRO 2A. Rendimiento de materia seca (ton/ha) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	12.951	14.810	12.746	10.659	12.80
2	11.767	11.806	9.918	11.172	11.65
3	11.760	12.390	11.857	12.631	12.16
4	6.576	10.549	6.412	5.343	7.22
5	6.967	11.029	8.199	8.692	8.72
6	9.293	10.085	9.340	7.136	8.96

CUADRO 3A. Contenido de cenizas (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	6.53	5.40	5.53	6.14	5.90
2	6.65	7.25	7.53	7.00	7.10
3	6.27	5.89	6.47	6.01	6.16
4	6.12	6.09	6.26	6.39	6.21
5	5.36	5.34	5.85	6.82	5.84
6	7.38	6.53	7.02	6.01	6.73

CUADRO 4A. Contenido de proteína cruda (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	10.02	8.44	6.29	9.99	8.68
2	9.89	8.17	9.80	8.10	8.99
3	8.45	7.34	8.51	7.98	8.07
4	10.28	9.42	12.85	10.44	10.79
5	8.70	7.44	9.38	9.50	8.75
6	8.34	8.46	9.77	8.41	8.74

CUADRO 5A. Contenido de extracto etéreo (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				$\bar{x}$
	I	II	III	IV	
1	5.60	3.95	4.20	4.25	4.50
2	4.85	5.40	5.20	4.35	4.95
3	6.35	5.79	7.07	6.41	6.40
4	4.57	3.01	3.93	3.56	3.76
5	6.21	5.73	3.81	4.58	5.08
6	3.25	3.43	5.97	5.46	4.52

CUADRO 6A. Contenido de fibra cruda (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				$\bar{x}$
	I	II	III	IV	
1	35.65	38.53	34.20	37.33	36.42
2	31.65	32.11	33.82	34.41	32.99
3	37.23	35.42	33.91	36.65	35.80
4	35.19	35.51	33.33	35.53	34.89
5	34.56	38.25	35.09	35.92	35.95
6	41.90	39.07	35.95	39.46	39.09

CUADRO 7A. Contenido de extracto libre de nitrógeno (%) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	X
1	42.20	43.68	49.78	42.29	44.48
2	46.96	47.07	43.65	46.14	45.95
3	41.70	46.56	44.01	42.95	43.80
4	43.84	45.97	43.53	44.08	44.35
5	45.17	43.24	45.87	43.18	44.36
6	39.13	42.51	41.29	40.66	40.89

CUADRO 8A. Altura de planta (cm) al corte de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	X
1	90.70	93.10	95.50	100.00	94.82
2	102.50	91.70	92.60	94.90	95.42
3	101.55	96.50	99.20	99.25	99.12
4	89.30	97.50	89.50	93.85	92.53
5	90.60	95.55	97.95	104.65	97.18
6	103.10	106.70	96.40	103.20	102.35

CUADRO 9A. Longitud de hoja (cm) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	23.20	22.40	23.50	23.50	23.15
2	32.35	27.60	26.95	27.70	28.65
3	28.85	29.80	25.40	25.00	27.26
4	26.20	27.50	27.40	26.85	26.98
5	28.10	30.45	28.80	29.00	29.08
6	21.50	21.20	22.40	22.95	22.01

CUADRO 10A. Ancho de hoja (cm) de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Trat.	B L O Q U E S				
	I	II	III	IV	$\bar{X}$
1	1.90	1.68	1.71	1.93	1.80
2	1.89	1.76	1.55	1.80	1.75
3	1.97	1.87	1.72	1.85	1.85
4	1.56	1.61	1.59	1.62	1.59
5	1.56	1.61	1.50	1.46	1.53
6	1.24	1.32	1.25	1.20	1.25

CUADRO 11A. Análisis de varianza del rendimiento de materia verde de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	1,381.43	276.28	24.38	2.90	4.56**
Bloque	3	67.03	22.34	1.97	3.29	5.42N.S.
Error	15	169.93	11.32			
Total	23	1,618.40				

\*\* Altamente significativa

N.S. No significativa

CUADRO 12A. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	96.30	19.26	15.38	2.90	4.56**
Bloque	3	21.92	7.30	5.38	3.29	5.42**
Error	15	17.78	1.25			
Total	23	137.01				

\*\* Altamente significativa

CUADRO 13A. Análisis de varianza del contenido de cenizas de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	4.93	0.98	4.17	2.90*	4.56
Bloque	3	0.48	0.16	0.68	3.29	5.42 N.S.
Error	15	3.54	0.23			
Total	23	8.96				

\* Significativa

N.S. No significativa

CUADRO 14A. Análisis de varianza del contenido de proteína cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	16.57	3.31	2.71	2.90	4.56 N.S
Bloque	3	5.35	1.78	1.46	3.29	5.42 N.S
Error	15	18.31	1.22			
Total	23	40.24				

N.S. no significativa

CUADRO 15A. Análisis de varianza del contenido de extracto etéreo de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	15.50	3.10	3.72	2.90*	4.56
Bloque	3	1.25	0.41	0.50	3.29	5.42N.S
Error	15	12.50	0.83			
Total	23	29.26				

\* Significativa

N.S no significativa

CUADRO 16A. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	79.73	15.94	8.60	2.90	4.56**
Bloque	3	23.93	7.97	4.30	3.29*	5.42N.S
Error	15	27.79	1.85			
Total	23	131.47				

\*\* Altamente significativa

N.S no significativa

\* Significativa

CUADRO 17A. Análisis de varianza del contenido de extracto libre de nitrógeno de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	55.91	11.18	2.82	2.90	4.56 N.S
Bloque	3	14.89	4.96	1.25	3.29	5.42 N.S
Error	15	59.37	3.95			
Total	23	130.18				

N.S no significativa

CUADRO 18A. Análisis de varianza de la altura de planta de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	240.99	48.19	2.56	2.90	4.56 N.S
Bloque	3	54.55	18.18	0.96	3.29	5.42 N.S
Error	15	281.67	18.77			
Total	23	577.21				

N.S no significativa

CUADRO 19A. Análisis de varianza de la longitud de hoja se seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	171.70	34.34	13.27	2.90	4.56**
Bloque	3	4.07	1.35	0.52	3.29	5.42 N.S
Error	15	38.81	2.58			
Total	23	214.59				

\*\* Altamente significativa

N.S no significativa

CUADRO 20A. Análisis de varianza del ancho de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.C.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>	
					0.05	0.01
Tratamiento	5	0.99	0.19	27.16	2.90	4.56**
Bloque	3	0.05	0.01	2.57	3.29	5.42 N.S
Error	15	0.10	0.007			
Total	23	1.15				

\*\* Altamente significativa

N.S no significativa

CUADRO 21A. Comparación de medias del rendimiento de materia verde de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
AB-177	1	41.015 a
Cuauhtémoc	3	37.265 ab
Chihuahua	2	34.843 bc
Saia	6	31.484 c
Opalo	5	22.734 d
Gema	4	19.925 d

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan P = 0.05).

CUADRO 22A. Comparación de medias del rendimiento de materia seca de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
AB-177	1	12.80 a
Cuauhtémoc	3	12.16 a
Chihuahua	2	11.65 a
Saia	6	8.96 b
Opalo	5	8.72 b
Gema	4	7.22 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan P = 0.05).

CUADRO 23A. Comparación de medias del contenido de cenizas de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Chihuahua	2	7.10 a
Saia	6	6.73 ab
Gema	4	6.21 bc
Cuahtémoc	3	6.16 bc
AB-177	1	5.90 c
Opalo	5	5.84 c

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P=0.05$ ).

CUADRO 24A. Comparación de medias del contenido de proteína cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Gema	4	10.79 a
Chihuahua	2	8.99 b
Opalo	5	8.75 b
Saia	6	8.74 b
AB-177	1	8.68 b
Cuahtémoc	3	8.07 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P = 0.05$ ).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 25A. Comparación de medias del contenido de extracto etéreo de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Cuauhtémoc	3	6.40 a
Opalo	5	5.08 ab
Chihuahua	2	4.95 b
Saia	6	4.52 b
AB-177	1	4.50 b
Gema	4	3.76 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan P = 0.05).

CUADRO 26A. Comparación de medias del contenido de fibra cruda de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Saia	6	39.09 a
AB-177	1	36.42 b
Opalo	5	35.95 b
Cuauhtémoc	3	35.80 b
Gema	4	34.89 bc
Chihuahua	2	32.99 c

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan P = 0.05).

CUADRO 27A. Comparación de medias del contenido de extracto libre de nitrógeno de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Chihuahua	2	44.95 a
AB-177	1	44.48 a
Opalo	5	44.36 a
Gema	4	44.35 a
Cuauhtémoc	3	43.80 ab
Saia	6	40.89 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P = 0.05$ ).

CUADRO 28A. Comparación de medias de la altura de planta al corte de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Saia	6	102.35 a
Cuauhtémoc	3	99.12 ab
Opalo	5	97.18 ab
Chihuahua	2	95.42 ab
AB-177	1	94.82 b
Gema	4	92.53 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P = 0.05$ ).

CUADRO 29A. Comparación de medias de la longitud de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C.

Variedad	Tratamiento	Media
Opalo	5	29.08 a
Chihuahua	2	28.65 a
Cuahtémoc	3	27.26 a
Gema	4	26.98 a
AB-177	1	23.15 b
Saia	6	22.01 b

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P=0.05$ ).

CUADRO 30A. Comparación de medias del ancho de hoja de seis variedades de avena (Avena sativa L.) en el área agrícola de la F.E.S.-C

Variedad	Tratamiento	Media
Cuahtémoc	3	1.85 a
AB-177	1	1.80 a
Chihuahua	2	1.75 a
Gema	4	1.50 b
Opalo	5	1.53 b
Saia	6	1.25 c

Las medias con la misma letra, no son significativamente diferentes (Duncan  $P = 0.05$ ).

CUADRO 31A. Análisis de correlación entre las variables estudiadas

	M.V.	M.S.	CEN.	P.C.	E.E.	F.C.	ELN.	ALTP.	LONH.	ANCH.
M.V.		0.90	0.01	-0.52	0.28	0.08	0.08	-0.21	-0.30	0.42
M.S.			-0.07	-0.55	0.25	-0.008	0.23	0.10	-0.08	0.56
CEN.				0.25	-0.07	-0.13	-0.24	0.16	-0.10	-0.18
P.C.					-0.25	-0.26	-0.26	-0.27	0.08	-0.08
E.E.						-0.21	-0.08	-0.09	0.19	0.29
F.C.							-0.72	0.47	-0.56	-0.45
ELN.								-0.31	0.48	0.42
ALTP.									-0.12	-0.23
LONH.										0.41
ANCH.										

M.V. Materia verde

M.S. Materia seca

CEN. Cenizas

P.C. Proteína cruda

E.E. Extracto etéreo

F.C. Fibra cruda

ELN. Extracto libre de nitrógeno

ALTP. Altura de la planta

LONH. Longitud de la hoja

ANCH. Ancho de la hoja

CUADRO 32A. Temperaturas promedio presentadas durante el experimento

Mes	T E M P E R A T U R A S			
	Ambiente	Máxima	Mínima	Días con heladas
Diciembre	6.9	20.9	4.5	5
Enero	3.1	20.5	0.5	24
Febrero	6.5	23.3	3.4	12
Marzo	7.0	24.2	3.4	9
Abril	13.0	26.6	8.8	0

FUENTE: Servicio Meteorológico Nacional (1985-1986)  
Estación de San Martín Obispo.