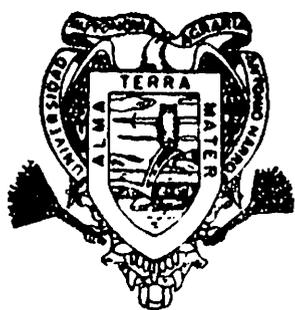


RESPUESTA FISIOLÓGICA DE TRES VARIEDADES DE
AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) BAJO EL
EFECTO DEL ABATIMIENTO HÍDRICO

JOSE DE JESUS MARIO RAMIREZ GONZALEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

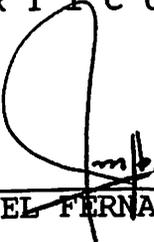
PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.
ABRIL DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de
asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE PASTIZALES

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



DR. JOSE MANUEL FERNANDEZ BRONDO.

Asesor:



ING. M. C. LUIS PEREZ ROMERO.

Asesor:



ING. M. C. FELIX DE JESUS SANCHEZ PEREZ.



DR. JESUS FUENTES RODRIGUEZ
SUBDIRECTOR DE POSTGRADO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Abril de 1996.

AGRADECIMIENTOS

A TI, por permitirme alcanzar una meta en mi vida profesional, y acudir a mis llamados cuando más te necesité..
.. Gracias.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y agropecuarias (INIFAP) por haberme depositado su confianza y el apoyo económico para la realización de una meta de mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento económico recibido durante mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad de continuar con mi formación profesional y el apoyo económico durante mis estudios de postgrado.

A los miembros de mi comité particular de asesoría:

Dr. José Manuel Fernández Brondo por entregarme sus conocimientos en la Maestría, su amplia disposición y apoyo para realizar la investigación y su culminación que es la presente tesis.

Ing. M.C. Luis Pérez Romero por formar parte de mi comité particular de asesoría, por las revisiones y correcciones al escrito final y por el apoyo que me brindó durante su gestión como coordinador de la maestría.

Ing. M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez por aceptar formar parte de mi comité de asesoría, por las revisiones y correcciones estadísticas efectuadas al escrito final.

Al Ing. M.Sc. Juan Ricardo Reynaga Valdés por sus valiosos conocimientos, acertadas observaciones y ayuda dada durante mis estudios de postgrado.

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a la academia y personal administrativo del Departamento de Recursos Naturales Renovables quienes hicieron más agradable mi estancia en la Universidad. A Manuel Ramírez por el apoyo en la toma de datos de campo. A las Sras. Leticia Lara, Irene Ayala, Lourdes Robledo y Srita. Lourdes Noriega.

A la Ing. Mryna Julieta Ayala Ortega compañera con quien tuve la oportunidad de convivir.

A los Sres. Octaviano Hernández y Sra. Cleotilde Báez, que forman parte de mi familia y de la cual me siento muy orgulloso.

Al C. P. Víctor Manuel Pérez Blanco, por alentarme y motivarme en todo momento para la realización de una meta en mi vida.

Al M.V.Z. Juvencio Lagunes, por motivarme como investigador y por el apoyo incondicional y desinteresado que me brindo para realizar mis estudios de maestría.

Para todas aquellas personas que desinteresadamente contribuyeron de alguna manera u otra para la realización de este trabajo de tesis, y que por el simple hecho de no nombrarlos no dejan de ser importantes.

A toda mi familia por estar siempre conmigo **MIL GRACIAS.**

DEDICATORIA

Dedico esta trabajo:

A mis padres:

Sr. Enrique Ramírez Juárez
Sra. Luz González de Ramírez

A quienes les debo la vida, que con su dedicación, cariño y respeto, despertaron en mí la inquietud de buscar nuevas metas, que les debo la mejor y provechosa de las herencias que hasta el momento he recibido... mi formación profesional.

A mi esposa:

Edelmira Hernández

Con todo el amor que siento por ti, como una muestra de cariño para los momentos buenos y malos que hemos vivido y que después de tantos obstáculos, limitantes económicas hoy finalmente logramos superar.

A mis hijos:

Mario Enrique
Marlene Eliana

Con todo mi amor y de quienes me siento muy orgulloso.

a mis Hermanos:

Lourdes, Rutilo, Silvia, Enriqueta
Luz María, Irma y Jorge Enrique

Los cuales forman parte de mi vida y representan la riqueza más grande que la vida me ha proporcionado.

COMPENDIO

RESPUESTA FISIOLÓGICA DE TRES VARIEDADES DE AVENA FORRAJERA
(*Avena sativa* L) BAJO EL EFECTO DEL ABATIMIENTO HÍDRICO

por

JOSE DE JESUS MARIO RAMIREZ GONZALEZ

MAESTRO EN CIENCIAS

EN MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ABRIL DE 1996.

Dr. José Manuel Fernández Brondo - Asesor -

Palabras claves: Avenas, Manitol, Germinación, Abatimiento hídrico, Análisis de crecimiento, Parámetros funcionales Partición de biomasa y producción de forraje.

Los objetivos del presente estudio fueron: determinar la respuesta germinativa a concentraciones molares de Manitol, efecto del abatimiento hídrico en los parámetros funcionales y producción de forraje en tres avenas forrajeras.

Los niveles de abatimiento hídrico, se seleccionaron entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) del suelo. Cada tratamiento se inició de la CC dejándose abatir el 25, 50 y 75 por ciento del volumen total de agua retenida en el suelo, agregando únicamente la cantidad de agua correspondiente a cada tratamiento (B, C y D, respectivamente). Los resultados obtenidos en ésta investigación indican que:

En las tres variedades, el estrés hídrico atrasa la germinación y la movilización de los nutrimentos almacenados en el endospermo, hacia la plúmula en crecimiento.

El porcentaje de germinación fue el 29, 64 y 96 por ciento para Cuauhtémoc, Páramo y Cocker 234 respectivamente.

Bajo condiciones favorables, Cuauhtémoc tuvo la más alta TCR en el primer período de crecimiento, Páramo el segundo y Cocker 234 en el tercero (90-120 días).

Las diferencias en el desarrollo modificaron el comportamiento de la TCR en las variedades.

La eficiencia fotosintética de la superficie asimilatatoria y la partición de biomasa hacia la hoja son los procesos fisiológicos más relacionados con la producción de forraje.

El estrés hídrico disminuye, la eficiencia fotosintética de la superficie asimilatatoria, la acumulación de biomasa del vástago así como la producción de forraje.

Si dentro de los objetivos está la producción de forraje con avena, el cultivo puede soportar abatimiento hídrico hasta del 50 por ciento de la humedad aprovechable en el suelo.

ABSTRACT

RESPONSE PHYSIOLOGICAL OF THREE VARIETIES OF OATS FORAGE
(*Avena sativa* L) THE LOW EFFECT OF AVAILABLE MOISTURE

By

JOSE DE JESUS MARIO RAMIREZ GONZALEZ

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. APRIL 1996.

Ph.D. José Manuel Fernández Brondo - Adviser -

Keys Words: Oats, Mannitol, Germination, levels of moisture deflection, growth analysis, functional Parameter, partition biomass and production of forage.

The objectives of the present study were: to determine response germinative at concentrations molar's of Mannitol, the effect of moisture deflection upon functional parameters and production of forage of three oats forage.

The levels of moisture deflection, were selected from the field capacity-wilting point. Each treatment the moisture deflection was initiated from the field capacity until down 25, 50 and 75 percent of the total available moisture, aggregated only the quantity water correspondent at each treatment. Then results to obtaining in see research indicate that:

In the three varieties, the stress water delay the germination and mobilization of they nutriments storage at the endosperm, toward of plumula in growth.

The rates of germination see the 29, 64 y 96 rates percent for Cuauhtemoc, Paramo y Cocker 234 respective.

Lowland conditions favorable, Cuauhtemoc to present the more see TCR in the primer period of growth, Paramo in second and Cocker 234 in third (90-120 days).

The differences in unrolling modify the behavior of TCR in the varieties.

The efficiency photosynthetic of surface assimilatory and partition of biomass toward leaf see the process physiological more related with production of forage.

The water stress diminish, the efficiency photosynthetic of the surface assimilatory, accumulation of biomass of shoot as so production of forage.

If inside the objectives see production of forage with oat, the crop see support soil moisture deflections until up to 50 percent are desirable.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| INDICE DE CUADROS ----- | xiii |
| INDICE DE FIGURAS ----- | xvii |
| INTRODUCCION ----- | 1 |
| Objetivos ----- | 3 |
| REVISION DE LITERATURA ----- | 4 |
| Rendimiento de Forraje ----- | 4 |
| Efectos del Déficit Hídrico en las plantas -- | 10 |
| Respuesta al Déficit Hídrico ----- | 12 |
| Crecimiento y Desarrollo ----- | 13 |
| Area Foliar (AF) ----- | 15 |
| Desarrollo y Características | |
| Asociadas al Rendimiento ----- | 16 |
| Indice de Cosecha ----- | 17 |
| Uso eficiente de Agua ----- | 18 |
| MATERIALES Y METODOS ----- | 19 |
| Localización ----- | 19 |
| Descripción y Uso del Suelo del | |
| Predio Experimental. ----- | 19 |
| Métodos ----- | 20 |
| Germinación ----- | 20 |

| | |
|--|----|
| Análisis estadístico ----- | 22 |
| Abatimiento Hídrico ----- | 22 |
| Datos del Suelo ----- | 22 |
| Llenado de Macetas ----- | 23 |
| Aplicación de Tratamientos ----- | 23 |
| Material Biológico ----- | 24 |
| Selección de Semillas ----- | 24 |
| Siembra ----- | 25 |
| Variables que se Midieron ----- | 25 |
| Análisis Estadístico ----- | 26 |
| Productividad ----- | 27 |
| Análisis Estadístico ----- | 27 |
| RESULTADOS ----- | 28 |
| Germinación ----- | 28 |
| Análisis de Crecimiento ----- | 31 |
| Coeficientes de Partición de Biomasa ----- | 38 |
| Parcelas de Observación ----- | 49 |
| DISCUSION ----- | 53 |
| Germinación ----- | 53 |
| Análisis de Crecimiento ----- | 54 |
| Coeficientes de Partición de Biomasa ----- | 56 |
| Parcelas de Observación ----- | 58 |
| CONCLUSIONES ----- | 60 |
| RECOMENDACIONES ----- | 62 |
| RESUMEN ----- | 63 |
| LITERATURA CITADA ----- | 68 |

INDICE DE CUADROS

| CUADRO | PAGINA |
|--|--------|
| 2.1 Efecto del número de cortes sobre la producción de MS en ton/ha, en dos avenas forrajeras ----- | 6 |
| 2.2 Producción total acumulada de MS ton/ha de seis avenas forrajeras ----- | 8 |
| 2.3 Efecto de la fecha de siembra sobre la producción de MS (ton/ha) de seis avenas forrajeras ----- | 8 |
| 3.1 Características físicas del suelo empleado en la respuesta de tres variedades de avenas forrajeras, bajo el efecto del abatimiento hídrico ----- | 23 |
| 3.2 Niveles de abatimiento hídrico a que fueron sometidas las variedades de avenas forrajeras ----- | 24 |
| 3.3 Parámetros del Crecimiento Evaluados ----- | 25 |
| 3.3 Parámetros del Crecimiento Evaluados ----- | 26 |

- 4.1 Valores medios y error estándar de la resistencia a la germinación (RG), factor de uniformidad (FU) y porcentaje de germinación (% G) (evaluados a los cinco días del inicio del experimento)----- 29
- 4.2 Valores medios y error estándar de longitudes de radícula y plúmula (LR, LP) a los cinco días de iniciado el experimento - 30
- 4.3 Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluadas entre los 30 y 60 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico - 32
- 4.4 Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluadas entre los 60 y 90 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico - 34

- 4.5 Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluadas entre los 90 y 120 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico - 35
- 4.6 Comparación de medias de los índices de crecimiento de las variedades, a través de los niveles de abatimiento hídrico, en los tres períodos de crecimiento evaluados ---- 37
- 4.7 Valores medios y error estándar de los coeficiente de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (30 días después de la siembra) --- 39
- 4.8 Valores medios y error estándar de los coeficiente de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (60 días después de la siembra) --- 41
- 4.9 Valores medios y error estándar de los coeficiente de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (90 días después de la siembra) --- 44
- 4.10 Valores medios y error estándar de los coeficiente de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (120 días después de la siembra) -- 47

| | | |
|------|---|----|
| 4.11 | Valores medios y error estándar de los coeficiente de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (150 días después de la siembra) -- | 50 |
| 4.12 | Producción total de MS (ton/ha), en tres avenas forrajeras en clima templado húmedo | 52 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PAGINA |
|--|--------|
| 4.1 Medias para los coeficientes de partición de biomasa (30 días después de la siembra) --- | 40 |
| 4.2 Medias para los coeficientes de partición de biomasa (60 días después de la siembra) --- | 42 |
| 4.3 Medias para los coeficientes de partición de biomasa (90 días después de la siembra) --- | 45 |
| 4.4 Medias para los coeficientes de partición de biomasa (120 días después de la siembra) -- | 48 |
| 4.5 Medias para los coeficientes de partición de biomasa (150 días después de la siembra) -- | 51 |

INTRODUCCION

La creciente demanda de alimentos básicos, y la cada vez más baja productividad agrícola, han impulsado la investigación orientada al mejoramiento genético del potencial productivo y adaptativo de diversas especies cultivadas.

En los sistemas de producción animal a base de apacentamiento, la alimentación del ganado es el principal problema que enfrentan los productores.

La producción forrajera es estacional y altamente dependiente de las condiciones climáticas. Así, durante el verano, la lluvia, temperatura favorable y fotoperíodo largo favorecen la abundancia de pastos, pero en el invierno, que comprende los meses de noviembre a mayo, los zacates de verano son afectados negativamente por las condiciones climáticas antes mencionadas. Además, los pastizales naturales de apacentamiento están muy degradados y son poco productivos (Payán, 1992).

El interés por especies de alto rendimiento forrajero y calidad nutritiva ha propiciado que se intensifique el estudio sobre el aprovechamiento de plantas forrajeras, considerando las limitantes climáticas, así como las características de la especie (Echavarría, 1991).

La elección de una especie forrajera se basa en dos criterios; su adaptabilidad a diversos gradientes ambientales, como humedad disponible, temperatura y tipo de suelo, y su grado de palatabilidad.

Las especies forrajeras de crecimiento invernal son utilizadas para mantener los niveles productivos del ganado en épocas críticas. Entre los cereales de grano pequeño, la avena (*Avena sativa*) destaca como cultivo productor de forraje de alta calidad; satisface la demanda de forraje en gran parte de los períodos críticos, su rápido crecimiento, puede soportar uno o más cortes y presenta un amplio rango de adaptación a condiciones climatológicas, debido al gran número de variedades existentes. Tiene además la ventaja de iniciar su producción en noviembre-diciembre y continuar produciendo hasta mayo (Melgoza et al., 1991) y es considerada como el cereal más rústico, después del centeno, por no tener problemas debidos al tipo de suelo.

Existe poca información respecto a los requerimientos fisiológicos de la avena, y a las necesidades de agua para la producción de forraje (kilogramos de agua por kg. de materia seca (MS) de forraje).

El crecimiento es un proceso fisiológico complejo, que consiste en la velocidad de acumulación de biomasa en las diferentes etapas de la vida de un individuo (Hunt, 1982). El crecimiento es el proceso más importante del fenómeno de la vida *per-se* y es el que determina los niveles de producción de forraje, por lo que sería muy útil conocer el efecto de

diferentes niveles de abatimiento hídrico sobre el crecimiento en las diferentes etapas de la vida de la avena.

Así, los objetivos de este estudio son:

- 1 - Determinar las tasas de crecimiento y niveles de producción de forraje de tres variedades de avena Cuauhtémoc, Páramo y Cocker 234.
- 2 - Identificar los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y la producción de forraje.
- 3 - Determinar el efecto del estrés hídrico sobre la germinación el crecimiento y el rendimiento de cada variedad.

REVISION DE LITERATURA

En los trabajos de Robles (1981), donde se describe la morfología de avenas, cebadas y triticales, se menciona a la primera como un cereal que puede adaptarse a gran variedad de climas semicálidos y fríos, y se señala que consume más agua que cualquier otro cereal para la síntesis de un kilogramo de materia seca (MS) (Sánchez, 1982). Entre los cereales de grano pequeño sólo el arroz supera a la avena en cuanto a requerimientos de humedad (Cherney y Marten, 1982). Por otra parte, las altas temperaturas disminuyen el rendimiento y la calidad del forraje, el fotoperíodo largo apresura la floración y reduce la altura de planta y el fotoperíodo corto retrasa la floración y madurez e incrementa la altura de la planta.

Rendimiento del Forraje.

La avena es un cultivo preferido por el ganadero entre otros cereales forrajeros de grano pequeño, puesto que proporciona rendimientos aceptables de forraje de alta calidad (Payán, 1992). En California, el rendimiento de heno y los factores que afectan la palatabilidad y valor nutritivo se estudiaron durante seis años en cinco variedades de avena

(Shoner et al., 1982), entre esos factores encontraron que el rendimiento de grano, resistencia a enfermedades, diámetro del tallo e índice de hojas, la variedad Cayuse produjo el rendimiento medio mayor de heno, tanto en condiciones de riego como de seco. Señalando los autores que al realizar el corte en estado de floración, el rendimiento de heno es superior, que cuando se realiza el corte en estado lechoso o suave masoso del grano, representando una ventaja para alimentar cierto tipo de ganado.

En México, las evaluaciones de diferentes materiales forrajeros de grano pequeño, entre los que se encuentra la avena, se han efectuado desde hace tiempo. Siendo Chihuahua el estado donde más trabajos se han realizado sobre este tipo de cereales Echavarría (1991). Vargas (1989), en Nuevo León, comparó la producción de forrajes en dos cortes de avenas, trigo y cebada; en orden descendente, la avena superó en rendimiento al trigo y éste a su vez a la cebada, y además encontró que la avena tuvo el mayor porcentaje de eficiencia diaria, confirmando su superioridad como especie forrajera. Aunque indicó que la cebada fue inferior a la avena, menciona sus cualidades, como precocidad, que permiten al agricultor desocupar rápidamente el terreno cuando la siembra de otoño-invierno se atrasa.

Bajo temporal, Máynez (1984), en Chihuahua, reportó que las avenas Tarahumara y Páramo produjeron los mayores rendimientos de forraje y grano.

Se recomienda cortar la avena cuando se encuentra en el

período comprendido entre la fase lechosa y madurez blanda del grano, para el ganado lechero, debido a la mayor producción de hojas en esta época (Payán, 1992).

Estudios realizados en California y Arkansas han demostrado que la producción total de MS aumenta rápidamente durante la fase lechosa del grano pero muy lentamente después de la madurez final (Collins *et al.*, 1990).

Bajo condiciones de riego Payán (1992), evaluó el efecto del corte sobre el rendimiento de MS de las avenas Chihuahua y Páramo, efectuando dos cortes (Cuadro 2.1.)

Cuadro 2.1. Efecto del número de corte sobre la producción de MS en ton/ha, en dos avenas forrajeras.

| No. de corte | Chihuahua | Páramo |
|--------------|-----------|--------|
| 1 | 7.8 | 6.0 |
| 2 | 4.11 | 4.79 |
| PTFS | 11.91 | 10.79 |

PTFS = Peso total de forraje seco.

Esqueda y Rubio en Chihuahua (1991), evaluaron 14 avenas para producción de forraje y grano, así, como la posibilidad de producir avena para doble propósito, con los siguientes tratamientos:

1) corte a 28 días y cosecha final de grano y forraje, 2) corte a 35 días y cosecha posterior de grano y forraje y 3) cosecha de grano y forraje sin cortes al principio.

Estos investigadores encontraron diferencias significativas

en MS acumulada para variedades y tratamientos.

En el primer corte del tratamiento uno, las variedades nativas y del Norte de E.U.A. presentaron los mayores rendimientos de MS en ton/ha, con valores medios de 1.25 y 1.2, respectivamente, las forrajeras con 0.95 ton de MS/ha. En el segundo corte (madurez) los cultivares Cocker, Tamo, Nora, Walken, presentaron rendimientos superiores a 3.0 ton de MS/ha superando a las otras. El tratamiento dos muestra una tendencia similar al tratamiento uno. Sobresalió Nora con 5.4 ton de MS/ha y rendimientos mayores a 4.0 ton de MS/ha Cocker, Tamo y Walken.

En el tratamiento tres, Nora, Tamo y Cocker mostraron rendimientos similares al segundo tratamiento demostrando que son resistentes al corte.

Esqueda et al. (1991), evaluaron seis avenas y tres fechas de siembra bajo condiciones de riego, los materiales fueron: Tamo, Horicon, Walken, Cocker 227, Cusi y Nora; densidad de siembra de 90 kg. de semilla por hectárea, las fechas fueron; 31 de agosto, 14 y 28 de septiembre. Cortaron el forraje cuando sobrepasó 30 cm de altura con una altura al corte de 10 cm. Se evaluó: Producción total acumulada (PTA), producción de forraje en otoño (PFO), ambas variables en un análisis de varianza en parcelas divididas con bloques al azar, donde las parcelas grandes fueron las fechas de siembra y las subparcelas las variedades. Los resultados muestran diferencias entre variedades para PTA, no así, para fechas ni para la interacción (Cuadro 2.2.)

Cuadro 2.2 Producción total acumulada de MS (ton/ha), de seis avenas.

| V A R I E D A D E S | | | | | |
|---------------------|--------|------|---------|------|------|
| Cocker 227 | Walken | Tamo | Horicon | Nora | Cusi |
| 12.4 | 12.16 | 11.5 | 5.93 | 4.71 | 3.9 |

Para producción de forraje en otoño (PFO), no encontraron efecto de variedad o de interacción, caso contrario sucedió con fechas de siembra (Cuadro 2.3.)

Cuadro 2.3. Efecto de la fecha de siembra sobre la producción de materia seca (ton/ha) de seis avenas

| Fecha de Siembra | C 227 | Walken | Tamo | Horicon | Nora | Cusi |
|------------------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|
| 31/VIII | 3.475 | 3.245 | 3.080 | 3.457 | 3.565 | 3.897 |
| 28/IX | 2.675 | 2.727 | 2.237 | 2.007 | 1.915 | 2.530 |

Esta disminución la atribuyen a que la última fecha produjo más tarde que las otras, razón por la cual sólo se cosechó en noviembre y enero; los autores concluyen que: Cocker 227, Walken y Tamo, pueden ser utilizadas para producir forraje de octubre a mayo con buenos rendimientos sin importar la fecha de siembra. Para PFO puede ser sembrada cualquier variedad, siempre y cuando se siembren lo más temprano posible.

Meraz et al. (1991), que evaluaron los siguientes materiales: Cuatro avenas (Cocker, Tamo, Nora y Cuauhtémoc),

dos trigos (Scout y Balleza), un triticale (Caborca) y un centeno forrajero, con densidades de siembra de 100 kg. de semilla por ha, fertilización 100-50-00 a la siembra y 50-00-00 después de cada apacentamiento, las evaluaciones de la producción se realizaron a los 60, 93, 163, 197 y 233 días posteriores a la siembra, midieron la materia seca (MS) y relación tallo-hoja.

Los resultados obtenidos para los cortes muestran diferencias estadísticas entre variedades en la producción de MS. Cocker presentó mayor producción de MS con 21.4 ton/ha, distribuidos en cinco apacentamientos, esto concuerda a lo reportado por Esqueda et al., (1991) en Chihuahua. En otro estudio en la zona centro de Tamaulipas, la variedad Cocker superó en 41.3 por ciento al ballico Gulf y en 54.8 por ciento al triticale Eronga (Martínez et al., 1991). El menor rendimiento fue para Cuauhtémoc con 6.8 ton/ha de MS, esta variedad fue desarrollada para corte y no para pastoreo, la mejor calidad fue para Cocker y la menor calidad para Cuauhtémoc; la mayor relación hoja-tallo fue para la variedad Tamo, la más baja para Cuauhtémoc.

Los cambios climáticos presentados recientemente, han motivado la realización de evaluaciones sobre las características fisiológicas, morfológicas y fenológicas en las plantas para adaptarse a éstos cambios Alscher y Cummings (1990). Así, los aspectos fisiológicos evaluados por Smith y Griffiths (1993), sobre efectos del estrés hídrico en los procesos fundamentales como la fotosíntesis y de la

interacción con otros factores ambientales por ejemplo luz (Baker y Bowyer, 1994) y oxígeno (Pell y Steffen, 1991; Smirnoff, 1993), haciendo mucho énfasis sobre el abatimiento hídrico en los cultivos (Richards, 1993).

Existen pocos trabajos de investigación relacionado con el abatimiento hídrico en plantas C_3 y más aún con avena en relación al número realizado en C_4 . Así, Jingxian y Kiram (1994) evaluaron el efecto del estrés hídrico sobre la división de la radícula en plantas C_3 (girasol) y C_4 (sorgo), bajo condiciones de invernadero y obtuvieron información al efecto del nivel de abatimiento hídrico sobre las siguientes variables: los potenciales hídrico y osmótico, transpiración, fotosíntesis, concentración interna de CO_2 etileno y crecimiento. Asimismo otros investigadores mencionan que plantas C_3 tienen una más baja resistencia estomatal y una más alta tasa de transpiración que plantas C_4 (He et al., 1992; Nie et al., 1992; Rachidi et al., 1993a).

Efectos del Déficit Hídrico en las Plantas.

Los trabajos realizados por Pande y Singh (1981) con zacates C_4 introducidos, demostraron que el déficit hídrico ocasiona reducciones del 50 por ciento del peso de culmos y de 55 por ciento del peso de la raíz. Para Sandhu y Horton (1977), el déficit o estrés hídrico causa descensos significativos en la fotosíntesis neta de la avena. Coyne y Bradford (1985), encontraron que el déficit hídrico ocasionó

mayor producción de fitomasa por área foliar y mayor número de culmos y de hojas por vástago. Para Begg y Turner (1986), previo a la floración ocurre un rápido incremento del área foliar, y durante ésta las raíces se expanden. La disponibilidad de agua está directamente relacionada con el número y la tasa de aparición de vástagos en zacates C_4 , y con el número de flores capaces de producir semilla de zacates C_4 (Gutiérrez, 1992). Por su parte, Dorenbos *et al.* (1989) encontraron que al disminuir la disponibilidad de agua el peso del grano es menos afectado que el número de flores. Según Turner y Begg (1981), el peso de granos está en función de la transpiración, del uso eficiente del agua y de la proporción del peso seco total al final del llenado de semillas. Referente a este aspecto Sandhu y Horton (1977a), cuantificaron los efectos del déficit de humedad en algunos procesos fisiológicos de avena de primavera en Dakota del Sur; expusieron las plantas a deficiencias de agua durante 9 a 11 días en estados de embuche, anthesis-inicio de formación de grano, y combinación de ambos, encontrando en los tratamientos que el estrés de agua causó un significativo descenso en fotosíntesis neta (hasta un 80 por ciento). El contenido relativo de agua en hojas se uso como medida del déficit hídrico. Al dar nuevamente riego a las plantas el contenido de agua se recuperó, pero la fotosíntesis neta no alcanzó su nivel normal en estrés de la anthesis, debido probablemente a un descenso en el contenido de clorofila. En cambio, cuando el estrés fue durante el embuche, el riego

indujo actividad en las plantas, para compensar las pérdidas ocurridas durante el estrés de humedad.

Respuesta Funcional al Déficit Hídrico.

La respuesta de la planta a condiciones limitantes de agua y salinidad se han estudiado intensivamente. Smith y Griffiths (1993), evaluaron características fisiológicas, morfológicas y fenológicas en diversos cultivos, para resistir condiciones limitantes de humedad.

El arroz sujeto a déficit hídrico durante la antesis mostró anomalías de polinización resultantes en rendimientos bajos de grano (Ekanayake et al., 1990).

En especies forrajeras C₃, se han efectuado mediciones hídricas a diferentes niveles de abatimiento y han indicado que conforme disminuyen el nivel de hidratación de la hoja, se propicia al incremento del ajuste osmótico. Por otra parte, Richards (1993), menciona que las plantas a manera de evitar daños bajo déficit hídrico regulan su actividad fotosintética, mediante el control del CO₂ y conductancia estomática; tal respuesta, se manifiesta en plantas C₃ y C₄ y les confiere mayor habilidad para prosperar en ambientes áridos, mediante una mayor eficiencia en el uso del agua (Rachidi et al., 1993b). Los trabajos en girasol de Almoguera et al., (1993), establecen que los estomas se abren y cierran en respuesta a diferencias del potencial de presión interno de las células que regulan la turgencia del tejido. Turner

(1986), agrega que una restricción del agua disminuye el crecimiento, porque disminuye la fotosíntesis. Jingxian y Kirkham (19954), encontraron que plantas C₄ mostraron alta resistencia estomatal y ligera transpiración, manteniendo altos potenciales hídricos durante períodos de sequía, este fenómeno fue interpretado como una táctica practicada en fases vegetativas para conservar agua para el desarrollo de inflorescencias. A este respecto (Gutiérrez, 1992), trabajando en invernadero con un zacate C₄ a tres niveles de abatimiento hídrico (25, 50 y 75 por ciento) del suelo, encontró que *Cenchrus ciliaris* redujo la eficiencia de transpiración, rendimiento de materia seca y otros parámetros biológicos, al aumentar el nivel de abatimiento hídrico.

Jones (1985), presenta una respuesta integral al déficit hídrico en zacates C₄ y cereales resaltando lo siguiente:

1. Reducción en elongación foliar y de vástagos
2. Reducción en división celular
3. Reducción en actividad enzimática (nitrito reductasa y RuBP carboxilasa).
4. Reducción del potencial hídrico
5. Cierre estomatal con lo cual disminuye la transpiración y asimilación de CO₂.

Crecimiento y Desarrollo.

Para Brown y Blaser (1968), Salisbury (1978) y Hunt (1982), crecimiento es un término que describe un cambio

irreversible en tamaño, forma y ocasionalmente en número (este último sólo aplicado a vegetales). Aitken (1974) lo define como el incremento diario en número de células y diferenciación que da lugar a un aumento de peso seco.

El desarrollo, es considerado por Steward (1969) como el patrón de cambio de organización conforme el crecimiento avanza, mientras Aitken (1974) lo define como la actividad fisiológica que ocurre a nivel del ápice del tallo y lo divide para su estudio en tres etapas:

- a). Etapa vegetativa. De la siembra a la iniciación floral.
- b). Etapa reproductiva inicial. De iniciación floral a floración.
- c). Etapa reproductiva final. De floración a madurez fisiológica.

Respecto a los puntos anteriores se ha indicado (Evans, 1972) que la ontogenia debe ser inseparable del estudio del crecimiento de las plantas, ya que ésta puede variar y alterarse con el continuo crecimiento y por efectos ambientales. Muñoz (1980) informa en relación a lo anterior, que la resistencia a la sequía es muy alta al inicio del desarrollo y va disminuyendo a medida que se diferencian los órganos reproductivos, hasta la ocurrencia de la floración, en cuya etapa la resistencia es mínima.

Para efectuar un análisis de crecimiento de planta es necesario se consideren las siguientes características:

1. Materia seca presente en cada parte de la planta.

2. Magnitud del sistema de asimilación de la planta.

(tamaño, peso verde y seco, longitud).

3. Los cambios 1 y 2 en función al tiempo.

Así, en cada muestreo se deben determinar el peso seco (PS) de cada parte de la planta y el área foliar (AF); Myers (1972), Larcher (1977) y Daubenmire (1982) establecen que la manera de iniciar la medición de la dinámica de crecimiento es evaluar su productividad a través del tiempo, considerando la velocidad con que cambian las estructuras, e incluso la tasa de asimilación neta (TAN). Por lo anterior, el análisis de crecimiento, determinado por la acumulación de materia seca y área foliar, a través del desarrollo, puede ser un medio para interpretar en forma más precisa el efecto interactivo entre planta-tiempo-ambiente (Biscoe y Gallagher, 1977; Hunt, 1982) y con ellos conocer mejor el comportamiento de los cultivos.

Area Foliar (AF).

Sadras et al. (1993), mencionan que el área foliar (AF) es importante para el estudio del crecimiento de comunidades de plantas o el efecto de la intercepción de luz por el dosel vegetal. El AF es la principal fuente interceptora de radiación solar, de ésta depende la producción de materia seca (MS) (Biscoe y Gallagher, 1977) y el rendimiento de grano (Zavala, 1982; Sobrado y Turner, 1983; Ramírez, 1985). En muchas investigaciones se ha observado que el AF es una de

las partes de las plantas más sensibles a deficiencias de humedad (Pandey, et al., 1979; Boyer, 1970a); esto ocasiona que la producción de materia seca y el rendimiento de grano se reduzcan fuertemente, como encontraron en trigo, Sionit, et al. (1980). Así, Brown y Blaser (1968) Salisbury y Ross (1978), Stickler et al. (1961) y Guy (1964), observaron que el AF, es el valor indicador del crecimiento de las plantas y la asocian al peso seco total, altura de plantas, acumulación de fitomasa y madurez fisiológica del cultivo. Para autores como Ashley et al. (1965), el AF ha presentado valores significativos ($P \leq 0.01$) con variables de planta. Aase (1978), por su parte reporta altos coeficientes de determinación entre AF y peso seco de la planta ($r^2=0.948$). Aparicio-Tejo y Boyer (1983), consideran que una senescencia acelerada de las hojas por sequía, puede ser importante para reducir las pérdidas de agua por las plantas; sin embargo, Kriedemann y Barrs (1983) mencionan que bajo deficiencias de humedad existen plantas que manifiestan respuestas diferenciales en la iniciación, expansión y retención del follaje, que las hace figurar como resistentes a la sequía.

Desarrollo y Características Asociadas al Rendimiento.

La respuesta de los cultivos anuales al déficit hídrico depende de la especie, etapa de desarrollo de la planta y del tiempo cuando el agua es limitante (Smith y Griffiths, 1993).

Uno de los medios más efectivos de apreciación del rendimiento en los procesos de las plantas, es enfocarlo a los componentes número de semillas y/o frutos y tamaño de éstos. El número de semillas por lo común está más correlacionado positivamente con el rendimiento que su tamaño (Eastin, et al. 1983). En el desarrollo, el número potencial de semillas es determinado durante la etapa reproductiva inicial, mientras el peso de semillas se considera más relacionado con la etapa del llenado del grano (Bicoe y Gallahger, 1977; Eastin, et al. 1983). Estos mismos investigadores han sugerido que el tamaño de la semilla es un componente compensatorio cuando ambientes rigurosos como el abatimiento hídrico o el calor reducen el número potencial de semillas.

Indices de Cosecha

Allan (1983), considera que los índices de cosecha representan la capacidad fisiológica de las plantas para movilizar y translocar fotosintatos a órganos de interés económico. Por otra parte Fisher y Kertesz (1976) y Vanderlip y Arkin (1977), indican que mediante índices de cosecha es factible establecer criterios de selección de tratamientos, y reportan que el índice de cosecha equivale al rendimiento de grano sobre el rendimiento biológico (peso seco total). De ahí que para la evaluación del rendimiento sea conveniente

medir el número de espigas, número de cariósides por gramo, por espiga y el peso en (g) de cada uno de éstos.

Uso Eficiente de Agua.

La evaluación del uso eficiente del agua considera a cada una de las estructuras de la planta (Villa, 1987), ejemplo, gramos de cada estructura producida por la planta por gramos de agua consumida. Frank y Larker (1976), en su trabajo con zacates C_3 , concluyen que desde un punto de vista agronómico, el uso eficiente del agua está basado en la producción de materia seca por la extracción de agua del suelo.

MATERIALES Y METODOS.

Localización.

El trabajo fue realizado en dos fases una de invernadero y otra de campo. Primero, bajo condiciones de invernadero (excepto para los parámetros funcionales), donde se controló la temperatura de 25 a 27°C y humedad relativa de 55 a 60 por ciento, las instalaciones se encuentran dentro del Campus Universitario de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Segundo, en el rancho "Los Alejandros" en Teteles de Ávila Castillo, en el noreste del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19°50'49", 19°52'06" de latitud norte y los meridianos 97°23'18", 97°26'25" de longitud occidental. Se encuentra dentro de la zona de climas templados de la Sierra Norte, con dos climas, templado húmedo C(m) abundantes lluvias en verano y C(fm) con lluvias todo el año.

Descripción y Uso del Suelo del Predio Experimental.

Andasol (T) suelos derivados de cenizas volcánicas

recientes, muy ligeros y alta capacidad de retención de agua y nutrimentos, con alta susceptibilidad de erosión y fuerte fijación de fósforo. (los Municipios de Puebla, 1988).

El propietario del rancho es el Sr. Alejandro Ortega, productor cooperante dentro del área de influencia del INIFAP con un sistema de producción de leche con ganado Holstein, Pardo Suizo y Jersey en apacentamiento con zacates kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye grass (*Lolium perenne*).

Métodos

La investigación se desarrollo en tres fases experimentales: laboratorio, invernadero y campo.

Germinación

Se evaluó la respuesta germinativa de las variedades al Manitol, con peso molecular de 182.178 y en concentraciones molares de: 0.05, 0.10 y 0.15. Se utilizó agua deionizada como testigo. Se depositaron 25 semillas por variedad en cajas petri con papel filtro e introducidas en una germinadora Fisher Scientific, modelo 655D con temperatura de 27°C. Se considero germinada una semilla, cuando a simple vista era visible la radícula. La germinación se evaluó contando el número de semillas germinadas cada 24 horas, en este momento se aplicaban las soluciones molar y el agua deionizada de acuerdo al tratamiento y cuidando que se

mantuvieran siempre hidratadas. Estos datos fueron utilizados para calcular la resistencia y velocidad de germinación de acuerdo a Gordon (1971).

Resistencia a la germinación. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$GR = \frac{t \frac{1}{2} (n_1) + \frac{t_2 + t_1}{2} (n_2 - n_1) + \dots + \frac{t_i + t_{i-1}}{2} (n_i - n_{i-1})}{n_i}$$

Donde t_1, t_2, t_i , etc. = primera, segunda, i -enésima hora de prueba.

n_1, n_2, n_i , etc. = número total de granos germinados sobre tiempo.

Factor de Uniformidad. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$UF = \sqrt{\frac{[GR - t \frac{1}{2}]^2 n_1 + [GR - \frac{(t_2 + t_1)}{2}]^2 (n_2 - n_1) + \dots + [GR - \frac{(t_i + t_{i-1})}{2}]^2 (n_i - n_{i-1})}{n_i - 1}}$$

Donde $[UF - t_1/2]^2 n_1, [UF - 1 + t_2/2]^2 (n_2 - n_1)$, etc. = primero, segundo, i -enésimo Factor de Uniformidad.

n_1, n_2, n_i , etc. = número total de granos germinados sobre el tiempo.

Las longitudes de radícula y plúmula o coleoptilo se midieron a los 5 días de iniciado el experimento.

Análisis Estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 donde, tres variedades de avena tres concentraciones molares de Manitol y un testigo, con cuatro repeticiones por tratamiento. Cuando existió significancia se empleó la prueba de Tukey para la comparación de medias, a una probabilidad de $P \leq 0.05$.

Abatimiento Hídrico

Se trabajó dentro de invernadero, donde se evaluó la respuesta fisiológica, de crecimiento, desarrollo y rendimiento de las variedades sometidas al efecto de cuatro niveles de abatimiento hídrico.

Datos del suelo

Se utilizó un suelo de textura migajón, el cual posee una capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de 34.84 y 22.35 por ciento respectivamente. La caracterización se efectuó en membranas y ollas de presión en el laboratorio de análisis de suelos de la División de Ingeniería de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). También se utilizó el laboratorio de Relación-Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (RASPA) del Departamento de Riego y Drenaje de la misma Universidad (Cuadro 3.1.).

Cuadro 3.1. Características del suelo empleado en el estudio de respuesta de tres variedades de avena al abatimiento hídrico.

| Características | Porcentaje | Contenido | Valor absoluto |
|---------------------|------------|-----------|------------------------|
| Materia orgánica | 12.7 | | |
| Nitrógeno (Kg/ha.) | | 305.5 | |
| fósforo (Kg/ha.) | | 112.5 | |
| Potasio (Kg/ha.) | | 671.8 | |
| Textura migajón | | | |
| Arena | 40.0 | | |
| Limo | 35.6 | | |
| Arcilla | 24.4 | | |
| Carbonatos totales | 7.6 | | |
| Capacidad de campo | 34.84 | | |
| Punto de Marchitez | | | |
| Permanente | 23.35 | | |
| pH. | | | 10.5 |
| Densidad Aparente | | | 1.03 g/cm ³ |
| Densidad de sólidos | | | 2.06 g/cm ³ |
| Estructuras porosas | 36.0 | | |

Llenado de Macetas

El suelo utilizado en este experimento fue cribado y desinfectado con bromuro de metilo. Como macetas se utilizaron cubetas de 8 litros de capacidad sin perforaciones, para evitar la pérdidas de agua. Se agregaron 5 kg. de suelo y se etiquetaron con el número de tratamiento y repetición correspondiente.

Aplicación de Tratamientos.

Se utilizó un testigo y tres niveles de abatimiento hídrico (NAH), A= 0, B = 25, C = 50 y D = 75 por ciento, entre la capacidad de campo (CC.) y el punto de marchitez permanente (PMP.). A cada tratamiento se le agregó agua hasta

alcanzar su CC. dejándose abatir posteriormente hasta alcanzar el 25, 50 y 75 por ciento del volumen total de agua retenida en el suelo (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Niveles de abatimiento hídrico a que fueron sometidas las variedades de avenas forrajeras.

| Tratamientos | NAH | Kg. de agua por maceta |
|--------------|-----|------------------------|
| A | 0 | 2.460 |
| B | 25 | 1.845 |
| C | 50 | 1.230 |
| D | 75 | 0.615 |

Para medir el nivel de abatimiento hídrico, se utilizó el método gravimétrico (De la Peña, 1978). Las macetas fueron pesadas todos los días que duró el experimento, agregándose la cantidad de agua perdida de acuerdo al nivel de abatimiento (0, 25, 50 y 75 por ciento respectivamente).

Material Biológico

Se utilizaron tres variedades de avena forrajera (*Avena sativa*), Páramo (PA), Cuauhtémoc (CH) y Cocker 234 (CK). Con una germinación de 64, 29 y 96 por ciento respectivamente.

Selección de la semilla.

Los granos utilizados como semilla fueron de tamaño y peso uniforme, seleccionados mediante cribas y un separador de columna de aire, para garantizar el máximo porcentaje de germinación y establecimiento de las plántulas.

Siembra.

La siembra se realizó el día uno de agosto de 1994, depositándose 20 semillas en forma equidistante en cada maceta, a una profundidad de 1.0 cm. Cuando las plántulas tuvieron la segunda hoja expuesta con lígula definida, se aclareó dejando 5 plantas por maceta.

VARIABLES QUE SE MIDIERON

Análisis de crecimiento. Se midió el peso seco de las diferentes partes de la planta y el área foliar en cinco muestreos con un intervalo entre muestreos de 30 días. En los dos primeros se utilizó una balanza analítica BOSCH modelo S2000, y en los restantes una balanza OHAUS modelo TS400S al 0.1 gramos. Se midieron las siguientes parámetros (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Parámetros del Crecimiento Evaluados

$$TCRV = \frac{\ln PSV_2 - \ln PSV_1}{t_2 - t_1}$$

$$TAN = \frac{PSV_2 - PSV_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{AF_2 - AF_1}$$

$$RAF = \frac{(AF_1 / PSV_1) + (AF_2 / PSV_2)}{2}$$

$$RPF = \frac{(PSH_1 / PSV_1) + (PSH_2 / PSV_2)}{2}$$

$$AFE = \frac{(AF_1 / PSH_1) + (AF_2 / PSH_2)}{2}$$

Unidades: Análisis dimensional

TCRV = mg de PS acumulado en el vástago/g de PS presentes en el vástago por día.

TAN = mg de PS acumulados en el vástago/cm⁻² de hoja por día.

RAF* = cm² de hoja/g de PS del vástago

RPF = g de PS de hoja/g de PS del vástago

AFE = cm² de hoja/g de PS de hoja.

CPB = g de cada parte de la planta/g totales del vástago.

* Integrador de área foliar LOGITECH CI-202.

Análisis Estadístico.

Se consideró un diseño bloques al azar con arreglo factorial 3 x 4, donde; tres variedades de avena y cuatro niveles de abatimiento hídrico, con tres repeticiones por tratamiento. Cuando existió significancia se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$.

Productividad.

El cultivo se manejó como los productores lo hacen en la región. La preparación del terreno se realizó con un barbecho y dos pasos de rastra. La siembra se llevó a cabo el uno de Julio de 1994, por el método del voleo, con densidades de siembra de 90 Kilogramos por hectárea. Se fertilizó con la fórmula 120-60-00, aplicada al momento de la siembra. El primer muestreo se realizó al mes de la postsiembra, y los muestreos posteriores cada 14 días. Además se realizó el control de malezas y plagas; roya lineal en Cuauhtémoc y Páramo y carbón volador en Cocker 234.

Las áreas de muestreo de 1m^2 y subdivididas en 0.25m^2 , los cortes se realizaron cada 14 días.

Se Midió producción acumulativa total de materia seca.

Análisis Estadístico.

Se consideró un diseño completamente al azar con tres repeticiones por variedad. Pruebas de medias de Tukey con una probabilidad de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS.

Germinación.

Las variables del proceso germinativo, evaluadas en este estudio, no mostraron respuesta significativa ($P \leq 0.05$) a las concentraciones de Manitol, en ninguna de las variedades (Cuadro 4.1). Sin embargo, la resistencia a la germinación (RG) y el factor de uniformidad (FU) mostrados por Cocker 234, fueron significativamente diferentes a los de las otras variedades. Con respecto al porcentaje de germinación, evaluado a los cinco días de iniciado el experimento, se observó un comportamiento diferente entre las tres variedades. Así, mientras Cuauhtémoc tuvo 29 por ciento de germinación, a través de las diferentes concentraciones de Manitol, los porcentajes de Páramo y Cocker 234 fueron 64 y 96, respectivamente. Esto pudiese ser un indicador de diferentes grados de viabilidad (calidad de semilla) de los lotes de semillas utilizados. La ausencia de respuesta de la germinación a las concentraciones de Manitol puede ser debida a que aún el tratamiento 0.15 molar no representó un fuerte estrés hídrico. La longitud de la plúmula (LP) mostró efecto de las concentraciones de Manitol en las tres variedades (ver Cuadro 4.2). en general, los valores medios de

Cuadro 4.1. Valores medios y error estándar de la resistencia a la germinación (RG), factor de uniformidad (FU) y porcentaje de germinación (% G) (evaluado a los cinco días del inicio del experimento).

| TRATAMIENTOS | | RG (horas) | | FU (horas) | | % Germinación | |
|--------------|-----------------------|------------|---------|------------|---------|---------------|---------|
| Variedad | Molaridad del Manitol | Media | e.e | Media | e.e. | Media | e.e |
| Páramo | 0.00 | 29.4 | ± 1.4 | 6.2 | ± 0.6 | 66 | ± 9.5 |
| | 0.05 | 29.2 | ± 1.4 | 5.8 | ± 0.2 | 69 | ± 10.5 |
| | 0.10 | 31.0 | ± 2.1 | 6.4 | ± 1.3 | 63 | ± 8.9 |
| | 0.15 | 31.9 | ± 1.1 | 6.3 | ± 1.1 | 60 | ± 20.4 |
| | media | 30.4 | ± 1.3 A | 6.2 | ± 0.3 A | 64 | ± 3.9 B |
| Cuahtémoc | 0.00 | 31.1 | ± 2.1 | 8.1 | ± 1.7 | 28 | ± 11.8 |
| | 0.05 | 28.2 | ± 4.2 | 4.8 | ± 3.4 | 25 | ± 8.3 |
| | 0.10 | 30.7 | ± 3.7 | 6.5 | ± 3.1 | 36 | ± 5.7 |
| | 0.15 | 28.3 | ± 3.4 | 4.8 | ± 3.4 | 27 | ± 10.0 |
| | media | 29.6 | ± 1.5 A | 6.0 | ± 1.6 A | 29 | ± 4.8 C |
| Cocker 234 | 0.00 | 24.6 | ± 0.7 | 1.8 | ± 3.4 | 99 | ± 12.0 |
| | 0.05 | 24.9 | ± 0.5 | 3.0 | ± 0.8 | 96 | ± 3.3 |
| | 0.10 | 25.1 | ± 0.7 | 3.3 | ± 2.0 | 96 | ± 0.0 |
| | 0.15 | 26.6 | ± 1.0 | 4.8 | ± 0.6 | 92 | ± 6.5 |
| | media | 25.3 | ± 0.9 B | 3.2 | ± 1.2 B | 96 | ± 2.9 A |

Valores de Tukey (P≤0.05) 1.92 y 1.74. Valores medios seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

Cuadro 4.2. Valores medios y error estándar de longitudes de radícula y plúmula (LR, LP) a los cinco días de iniciado el experimento.

| Variedad | TRATAMIENTOS | | Media e.e | Media e.e |
|------------|-----------------------|-------------|----------------|-----------|
| | Molaridad del Manitol | LR (cm) | | |
| Páramo | 0.00 | 1.93 ± 0.9 | 5.85 ± 0.77 a | |
| | 0.05 | 2.47 ± 0.9 | 3.75 ± 1.11 bc | |
| | 0.10 | 1.14 ± 1.0 | 4.65 ± 0.97 ab | |
| | 0.15 | 1.81 ± 1.0 | 2.4 ± 0.6 c | |
| | media | 1.83 ± 0.5 | 4.16 ± 1.46 B | |
| Cuauhtémoc | 0.00 | 1.47 ± 0.14 | 3.81 ± 0.63 ab | |
| | 0.05 | 1.68 ± 0.6 | 5.02 ± 0.57 a | |
| | 0.10 | 1.50 ± 0.7 | 3.5 ± 1.14 ab | |
| | 0.15 | 1.44 ± 0.8 | 2.6 ± 0.53 b | |
| | media | 1.52 ± 0.1 | 3.73 ± 1.00 B | |
| Cocker 234 | 0.00 | 1.60 ± 0.6 | 10.17 ± 1.02 a | |
| | 0.05 | 1.63 ± 1.0 | 6.65 ± 1.19 b | |
| | 0.10 | 1.93 ± 0.9 | 5.65 ± 0.58 bc | |
| | 0.15 | 1.78 ± 0.8 | 4.85 ± 0.19 c | |
| | Media | 1.73 ± 0.1 | 6.83 ± 2.34 A | |

Valores de Tukey (P<0.05) 0.72. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

de la LP fueron mayores en agua deionizada y menores en las soluciones 0.15 molar; con excepción de Cuauhtémoc, estas diferencias fueron estadísticamente diferentes. Esto es congruente con los valores medios de RG observados en el Cuadro 4.1; a mayor RG menor LP dado que al atrasarse la germinación se atrasa también la movilización de los nutrimentos contenidos en los tejidos de reserva del endospermo hacia el eje del embrión (radícula y plúmula o coleoptilo) en crecimiento. A diferencia de la longitud de la plúmula, la longitud de la radícula no presentó ningún patrón de respuesta al Manitol, en ninguna de las variedades.

Análisis de Crecimiento (AC).

Con las evaluaciones del peso seco de la diferentes partes de la planta y el área foliar a los 30-60, 60-90 y 90-120, días después de la siembra, se construyeron valores promedio (entre la fecha consecutiva) de los índices de crecimiento mostrados en los Cuadros 4.3 al 4.5.

En el período comprendido entre los 30 y 60 días después de la siembra (Cuadro 4.3), sólo la tasa de asimilación neta (TAN) mostró efecto del nivel de abatimiento hídrico en las tres variedades. En Cuauhtémoc se observa claramente la reducción significativa de los valores medios de la TAN del 25 al 75 por ciento de abatimiento hídrico.

Como la TAN - que en este estudio expresa los mg de peso seco acumulados por cm^2 de hoja por día - puede variar debido

Cuadro 4.3. Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluados entre los 30 y 60 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico (NAH%).

| VARIEDAD | NAH % | TCR mg g ⁻¹ d ⁻¹ | TAN mg cm ⁻² d ⁻¹ | RAF cm ² g ⁻¹ | RPF mg g ⁻¹ | AFE cm ² g ⁻¹ |
|------------|----------|---|--|--|---------------------------|--|
| Páramo | 0 | 53.7 ± 9.5 | .84 ± 0.2 b | 90.86 ± 24.6 | 402.5 ± 59.6 | 215.6 ± 83.1 |
| | 25 | 50.7 ± 10.7 | .91 ± 0.3 a | 75.8 ± 6.28 | 415.6 ± 8.1 | 173.9 ± 9.9 |
| | 50 | 52.7 ± 50.4 | .68 ± 0.6 b | 141.4 ± 108.8 | 445.0 ± 89.7 | 308.4 ± 192.2 |
| | 75 | 55.9 ± 7.4 | .74 ± 0.8 b | 108.5 ± 25.9 | 420.5 ± 61.1 | 232.8 ± 37.8 |
| | media | 52.2 ± 2.2 | .79 ± 0.10 A | 104.1 ± 28.2 | 420.9 ± 17.8 B | 232.7 ± 56.2 |
| Cuahtémoc | 0 | 62.8 ± 7.8 | 1.18 ± 0.4 a | 76.4 ± 7.1 | 356.5 ± 27.2 | 198.6 ± 12.9 |
| | 25 | 72.2 ± 16.5 | 1.13 ± 0.4 a | 105.8 ± 27.3 | 274.9 ± 84.4 | 525.9 ± 466.0 |
| | 50 | 53.8 ± 2.5 | .75 ± 0.04 b | 94.2 ± 11.0 | 381.0 ± 15.2 | 231.0 ± 23.0 |
| | 75 | 42.3 ± 6.4 | .40 ± 0.12 c | 126.7 ± 32.7 | 437.8 ± 33.7 | 281.5 ± 32.1 |
| | media | 57.7 ± 12.8 | .86 ± 0.36 A | 100.8 ± 21.1 | 337.5 ± 86.5 B | 309.2 ± 148.4 |
| Cocker 234 | 0 | 59.4 ± 11.5 | 0.72 ± 0.2 b | 91.1 ± 27.1 | 494.2 ± 34.0 | 185.0 ± 41.6 |
| | 25 | 56.4 ± 14.0 | 0.45 ± 0.16 c | 131.0 ± 13.1 | 534.4 ± 43.7 | 248.3 ± 10.4 |
| | 50 | 62.0 ± 11.7 | 0.50 ± 0.14 c | 128.8 ± 15.7 | 506.0 ± 99.9 | 264.0 ± 39.0 |
| | 75 | 58.7 ± 3.8 | 0.43 ± 0.08 c | 139.2 ± 11.6 | 584.1 ± 65.0 | 240.2 ± 8.4 |
| | media | 59.1 ± 2.3 | 0.52 ± 0.13 B | 122.5 ± 21.4 | 529.7 ± 40.0 A | 234.4 ± 34.4 |

Valores de Tukey (P≤0.05) 0.03 y 0.06. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

a la eficiencia fotosintética de la superficie asimilatoria, al corte de producción de biomasa en los diferentes sitios donde se está acumulando, o a ambos, podríamos decir que los valores más bajos observados en el 50 o 75 por ciento de abatimiento hídrico, en las tres variedades, se deben a una reducción en la eficiencia fotosintética de la superficie asimilatoria en este período de crecimiento.

Los errores estándar de los valores medios, de los otros índices de crecimiento mostrados en el Cuadro 4.3 indican en general una fuerte variación dentro de los tratamientos, por lo que no se muestra ningún patrón de respuesta. La variedad Cuauhtémoc, sin embargo, tiende a reducir su tasa de crecimiento relativo (TCR) y adelgazar su hoja (ver los valores de AFE) al pasar de 50 a 75 por ciento de abatimiento hídrico.

En general, en los siguientes dos períodos de crecimiento (ver Cuadros 4.4 y 4.5) también se observó un efecto significativo del abatimiento hídrico sobre los índices de crecimiento. Sólo los valores medios de RAF del testigo fueron significativamente menores que los del mayor nivel de abatimiento hídrico en las variedades Cuauhtémoc y Cocker 234. Esto significa que a cada gramo de peso seco de vástago corresponde un mayor número de centímetros cuadrados de hojas. Con base en los valores de AFE y de TAN para este mismo tratamiento, podríamos aseverar que el máximo nivel de

Cuadro 4.4. Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluados entre los 60 y 90 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico (NAH%).

| VARIEDAD. | NAH % | TCR mg g ⁻¹ d ⁻¹ | TAN mg cm ⁻² d ⁻¹ | RAF cm ² g ⁻¹ | RPF mg g ⁻¹ | AFE cm ² g ⁻¹ |
|------------|----------|---|--|--|---------------------------|--|
| Páramo | 0 | 32.1 ± 2.3 | .708 ± .239 | 42.7 ± 1.1 a | 307 ± 33.2 ab | 157 ± 38.7 |
| | 25 | 12.8 ± 12.8 | .317 ± .279 | 49.9 ± 2.0 a | 262 ± 30.4 b | 319 ± 285.3 |
| | 50 | 36.1 ± 35.0 | .606 ± .517 | 60.0 ± 1.4 a | 377 ± 86.9 a | 172 ± 58.9 |
| | 75 | 26.2 ± 9.6 | .531 ± .133 | 47.7 ± 0.5 a | 309 ± 73.4 ab | 173 ± 38.4 |
| | media | 26.8 ± 10.2 | .540 ± 0.160 | 51.2 ± 6.0 B | 314 ± 47.4 B | 205 ± 76.2 |
| Cuauhtémoc | 0 | 26.6 ± 7.0 | .913 ± .164 | 29.5 ± 0.2 b | 200 ± 8.7 a | 148 ± 17.1 |
| | 25 | 21.4 ± 10.5 | .700 ± .361 | 32.6 ± 0.3 b | 204 ± 21.1 a | 160 ± 27.7 |
| | 50 | 20.4 ± 4.4 | .503 ± .145 | 41.6 ± 0.5 ab | 254 ± 8.5 a | 165 ± 25.8 |
| | 75 | 21.6 ± 5.8 | .327 ± .115 | 69.5 ± 0.6 a | 290 ± 42.0 a | 242 ± 30.8 |
| | media | 22.5 ± 2.8 | .610 ± 0.250 | 43.3 ± 18.2 B | 237 ± 43.0 C | 179 ± 42.8 |
| Cocker 234 | 0 | 24.9 ± 6.6 | .413 ± .193 | 68.3 ± 2.2 b | 444 ± 39.3 ab | 174 ± 61.2 |
| | 25 | 35.0 ± 11.0 | .400 ± .81 | 96.1 ± 1.7 ab | 536 ± 26.3 a | 186 ± 40.5 |
| | 50 | 26.3 ± 2.3 | .430 ± .18 | 86.1 ± 1.1 ab | 424 ± 37.1 b | 234 ± 49.1 |
| | 75 | 29.0 ± 1.1 | .280 ± .24 | 110.4 ± 1.7 a | 483 ± 53.0 ab | 229 ± 20.2 |
| | media | 28.8 ± 4.5 | .380 ± 0.07 | 90.2 ± 17.7 A | 472 ± 49.3 A | 206 ± 30.2 |

Valores de Tukey (P<0.05), 1.32, 0.10, 1.68 y 0.046. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

Cuadro 4.5. Valores medios y error estándar de la tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica, evaluados entre los 90 y 120 días después de la siembra, bajo diferentes niveles de abatimiento hídrico (NAH%).

| VARIEDAD. | NAH. (%) | TCR $\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$ | TAN $\text{mg cm}^2 \text{d}^{-1}$ | RAF $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ | RPF mg g^{-1} | AFE $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ |
|------------|-------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Páramo | 0 | 8.6 ± 5.6 | 0.89 ± 0.95 | 29.96 ± 10.37 | 192.9 ± 60.9 | 102 ± 36 |
| | 25 | 35.6 ± 25.3 | 1.64 ± 0.11 | 34.94 ± 23.30 | 276.3 ± 92.6 | 143 ± 300 |
| | 50 | 21.7 ± 9.7 | 0.89 ± 0.95 | 38.24 ± 0.48 | 246.3 ± 58.6 | 120 ± 18 |
| | 75 | 24.9 ± 12.7 | 1.22 ± 0.70 | 29.38 ± 1.23 | 318.0 ± 44.3 | 112 ± 47 |
| | media | 22.7 ± 11.1 | 1.16 ± 0.35 | 33.13 ± 4.22 B | 258.4 ± 52.3 A | 119 ± 17.6 A |
| Cuauhtémoc | 0 | 5.9 ± 5.6 | 0.70 ± 0.9 | 16.09 ± 4.51 | 146.7 ± 47.9 | 79 ± 18 |
| | 25 | 21.2 ± 14.0 | 2.02 ± 1.2 | 15.23 ± 3.21 | 137.2 ± 14.9 | 78 ± 9 |
| | 50 | 16.3 ± 0.8 | 1.33 ± 0.3 | 20.98 ± 3.15 | 149.4 ± 42.1 | 92 ± 12 |
| | 75 | 36.7 ± 15.3 | 1.83 ± .03 | 33.45 ± 9.07 | 271.7 ± 21.6 | 127 ± 4 |
| | media | 20.0 ± 12.8 | 1.47 ± 0.59 | 21.44 ± 8.40 B | 176.2 ± 63.9 B | 94 ± 22.9 AB |
| Cocker 234 | 0 | 14.8 ± 17.0 | 1.33 ± 1.8 | 35.29 ± 9.71 | 230.7 ± 70.2 | 90 ± 3 |
| | 25 | 20.7 ± 7.9 | 1.20 ± 1.01 | 32.23 ± 5.41 | 273.7 ± 50.4 | 65 ± 8 |
| | 50 | 22.4 ± 9.3 | 1.58 ± 1.5 | 27.52 ± 19.8 | 265.5 ± 137.3 | 64 ± 4 |
| | 75 | 18.5 ± 26.4 | 0.52 ± 0.7 | 49.88 ± 3.23 | 364.2 ± 71.1 | 115 ± 22 |
| | media | 19.1 ± 3.3 | 1.15 ± 0.45 | 36.22 ± 9.65 A | 283.5 ± 56.9 A | 84 ± 24.0 B |

Valores de Tukey ($P \leq 0.05$), 0.01, 0.07 y 0.08. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

abatimiento hídrico ocasionó un adelgazamiento de la hoja (1) y una reducción de su eficiencia fotosintética (2) comparado con el testigo.

1 = (AFE de 75 NAH > AFE de 0 NAH)

2 = (TAN de 75 NAH < TAN de 0 NAH)

Aunque Páramo muestra un comportamiento similar, la diferencia entre los valores medios de RAF no fue estadísticamente significativa entre 0 y 75 por ciento de nivel de abatimiento hídrico.

La carencia de un patrón de respuesta de crecimiento entre los 60 y 90 días después de la siembra (ver Cuadro 4.5) tal vez se deba a cambios en el desarrollo (período reproductivo). Comparando las medias de los índices de crecimiento de las variedades, a través de los niveles de abatimiento hídrico, en los tres períodos de crecimiento evaluados (Cuadro 4.6) podemos observar lo siguiente

- 1º. En el primer período de crecimiento Cocker 234 mostró significativamente menor TAN y mayor RPF que Cuauhtémoc y Páramo.
- 2º. En el segundo período de crecimiento tanto en RAF como RPF los valores de Cocker 234 fueron estadísticamente superiores a los de las otras variedades.
- 3º. En el tercer período de crecimiento Cuauhtémoc mostró la mayor TAN y la menor RAF.

Cuadro 4.6. Comparación de medias de los índices de crecimiento de las variedades, a través de los niveles de abatimiento hídrico, en los tres periodos de crecimiento. evaluados.

| VARIEDAD | TCR | | | TAN | | | RAF | | | RPF | | | AFE | | |
|------------|------|------|------|-----|-----|------|-------|------|------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| PARAMO | 52.2 | 26.8 | 22.7 | .79 | .54 | 1.16 | 104.1 | 52.1 | 33.1 | 420.9 | 314 | 258 | 232.7 | 205 | 119 |
| CUAUHTEMOC | 57.7 | 22.5 | 20 | .86 | .61 | 1.47 | 100.8 | 43.3 | 21.4 | 337.5 | 237 | 176 | 309.2 | 179 | 94 |
| COCKER 234 | 59.1 | 28.8 | 19.1 | .52 | .38 | 1.15 | 122.5 | 90.2 | 36.2 | 529.7 | 472 | 283 | 234.4 | 206 | 84 |

Coeficientes de Partición de Biomasa.

Los resultados de la evaluación de los coeficientes de partición de biomasa (CPB) en las diferentes partes de la planta, con base en el peso seco del vástago (PSV), a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra, se muestran en los Cuadros 4.7 al 4.11.

En el Cuadro 4.7 se observa que, con relación al testigo, la condición 75 por ciento de abatimiento hídrico, en las tres variedades, ocasionó una significativamente menor acumulación de biomasa en el vástago y una menor proporción de ésta en el tallo que en las hojas.

En forma gráfica se puede observar patrones similares de respuesta de partición de biomasa a hoja y tallo, a los niveles de abatimiento hídrico (ver Figura 4.1) en las tres variedades. Al aumentar de 50 a 75 por ciento de abatimiento hídrico se reduce el peso seco del vástago, debido a una reducción en la acumulación de biomasa en la hoja (ver Cuadro 4.7).

A los 60 días después de la siembra (Cuadro 4.8), Cuauhtémoc presentó mayor biomasa en el vástago, en los cuatro niveles de abatimiento hídrico, que las otras variedades, de tal manera que su valor medio de PSV, a través de los niveles de abatimiento hídrico, fue significativamente mayor. Es importante mencionar que sólo Cuauhtémoc presentó estructuras reproductivas (18.8 por ciento del peso seco del

Cuadro 4.7. Valores medios y error estándar de coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (30 días después de la siembra).

| VARIEDAD | NAH % | PSh/PSV | | PSt/PSV | | PSV (g) | |
|------------|----------|-----------|-----|-----------|-----|-------------|-----|
| | | Media | e.e | Media | e.e | Media | e.e |
| Páramo | 0 | .50 ± .09 | a | .50 ± .09 | a | 1.135 ± .24 | a |
| | 25 | .52 ± .04 | a | .48 ± .04 | b | 1.188 ± .19 | a |
| | 50 | .56 ± .06 | a | .44 ± .06 | b | .635 ± .34 | c |
| | 75 | .46 ± .07 | b | .54 ± .07 | a | .330 ± .04 | c |
| | media | .51 ± .05 | | .49 ± .04 | | .827 ± .40 | |
| Cuauhtémoc | 0 | .50 ± .13 | a | .50 ± .02 | a | 1.278 ± .11 | a |
| | 25 | .52 ± .19 | a | .48 ± .09 | b | .709 ± .23 | b |
| | 50 | .51 ± .09 | a | .49 ± .04 | b | .841 ± .12 | b |
| | 75 | .48 ± .01 | b | .52 ± .05 | a | .537 ± .05 | bc |
| | media | .50 ± .18 | | .50 ± .16 | | .841 ± .32 | |
| Cocker 234 | 0 | .52 ± .29 | a | .48 ± .27 | b | 1.257 ± .55 | a |
| | 25 | .50 ± .15 | a | .50 ± .12 | a | .718 ± .26 | b |
| | 50 | .44 ± .2 | b | .56 ± .07 | a | .613 ± .07 | bc |
| | 75 | .36 ± .04 | b | .64 ± .04 | a | .487 ± .11 | c |
| | media | .53 ± .14 | | .55 ± .21 | | .769 ± .34 | |

Valores de Tukey ($P \leq 0.05$), 0.08, 0.32. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

vástago) y que éstas, modificaron el patrón de distribución de biomasa en esta etapa de crecimiento (ver figura 4.2), y que la proporción de biomasa en hojas es significativamente menor que en Páramo y Cocker 234. Por otra parte, la proporción de biomasa en tallos es mayor que Cocker 234 y menor que Páramo, en todos los niveles de abatimiento hídrico. En general, a mayor nivel de abatimiento hídrico

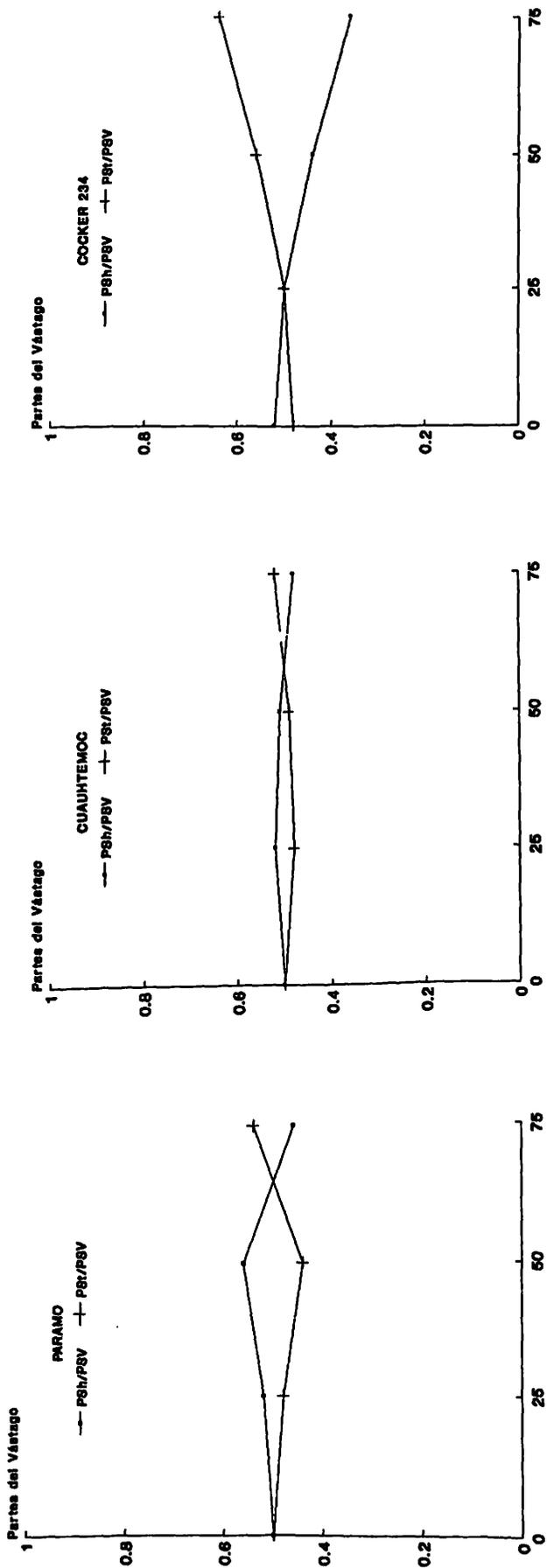


Figura 4.1. Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (30 días después de la siembra).

Cuadro 4.8. Valores medios y error estándar de los coeficientes de partición de biomasa en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (60 días después de la siembra).

| VARIEDAD. | NAH % | PSh/PSV | | PSt/PSV | | PSER/PSV | | PSV (g) | |
|------------|----------|---------------|-----|---------------|-----|-------------|------|----------------|-----|
| | | Media | e.e | Media | e.e | Media | e.e. | Media | e.e |
| Páramo | 0 | .306 ± .040 | | .694 ± .040 | | -- | -- | 5.613 ± 0.47 b | |
| | 25 | .355 ± .052 | | .645 ± .052 | | -- | -- | 5.478 ± 1.1 b | |
| | 50 | .458 ± .120 | | .542 ± .120 | | -- | -- | 3.367 ± 2.3 b | |
| | 75 | .299 ± .055 | | .701 ± 0.55 | | -- | -- | 1.903 ± 0.5 c | |
| | media | .354 ± .067 B | | .646 ± 0.67 A | | -- | -- | 4.067 ± 1.8 F | |
| ----- | | | | | | | | | |
| Cuahtémoc | 0 | .207 ± .015 | | .595 ± .055 | | .198 ± .058 | | 8.474 ± 1.4 a | |
| | 25 | .218 ± .019 | | .583 ± .021 | | .198 ± .027 | | 6.148 ± 1.1 a | |
| | 50 | .276 ± .029 | | .526 ± .066 | | .197 ± .039 | | 3.753 ± 0.8 ab | |
| | 75 | .321 ± .076 | | .518 ± .102 | | .160 ± .040 | | 1.914 ± 0.2 c | |
| | media | .255 ± .035 C | | .551 ± .047 B | | .188 ± .041 | | 5.815 ± 2.8 A | |
| ----- | | | | | | | | | |
| Cocker 234 | 0 | .508 ± .47 | | .492 ± .47 | | -- | -- | 7.068 ± 1.0 a | |
| | 25 | .569 ± .043 | | .431 ± .043 | | -- | -- | 3.822 ± 1.0 b | |
| | 50 | .443 ± .157 | | .566 ± .157 | | -- | -- | 3.991 ± 0.9 b | |
| | 75 | .523 ± .132 | | .477 ± .132 | | -- | -- | 2.867 ± 0.9 c | |
| | media | .511 ± .060 A | | .493 ± .060 B | | -- | -- | 4.437 ± 1.8 B | |

Valores de Tukey ($P \leq 0.05$), 0.08, 0.08, 0.02 y 1.44. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

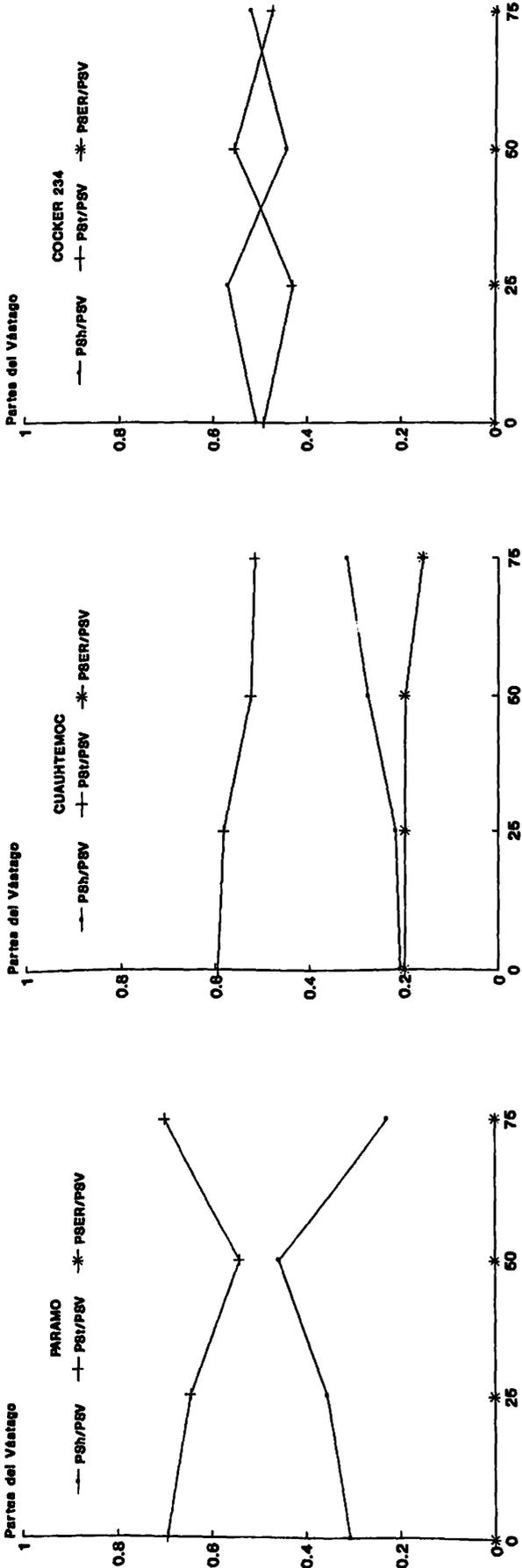


Figura 4.2. Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (60 días después de la siembra).

menor peso seco del vástago. En las tres variedades, el peso seco del vástago, bajo condiciones de 75 por ciento de abatimiento hídrico, fue significativamente menor que el testigo.

Una respuesta similar a la anterior, es observada treinta días después (Cuadro 4.9), sólo que Páramo y Cuauhtémoc presentan significativamente mayor peso seco en el grano que Cocker 234 (33.8, 31.2 y 10.6 por ciento, respectivamente). En forma gráfica, se observa que de 0 a 50 por ciento de abatimiento hídrico en Páramo las hojas y tallos tienen un comportamiento similar. En Cuauhtémoc de 25 a 75 por ciento de abatimiento hídrico aumenta las hojas pero se disminuyen los tallos y los granos. Para cocker 234 los niveles de abatimiento hídrico (0 a 75 por ciento) las hojas y los tallos manifiestan el mismo comportamiento. En todos los niveles esta misma variedad, presentó las menores proporciones de estructuras reproductivas y gramos, este comportamiento es atribuible a que manifestó la enfermedad de carbón volador y las espigas dañadas fueron cortadas para evitar la contaminación de la sanas. (ver Figura 4.3).

Al igual que los muestreos anteriores, a los 120 días después de la siembra, se observa una reducción del peso seco del vástago como respuesta al abatimiento hídrico en las tres variedades (Cuadro 4.10). Aunque no hay un patrón de respuesta de los coeficientes de partición de biomasa al

Cuadro 4.9. Valores medios y error estándar de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (90 días después de la siembra).

| VARIEDAD. | NAH % | Psh/PSV | | Pst/PSV | | PSER/PSV | | PSG/PSV | | PSV (g) Media e.e. |
|------------|----------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------|-----|-----------------------|
| | | Media | e.e. | Media | e.e. | Media | e.e | Media | e.e | |
| Páramo | 0 | .307 ± .099 | .413 ± .084 | .032 ± .022 | .248 ± .155 | 14.783 ± 2.2 a | | | | |
| | 25 | .168 ± .063 | .324 ± .117 | .031 ± .017 | .446 ± .194 | 7.370 ± 2.5 b | | | | |
| | 50 | .303 ± .082 | .366 ± .050 | .038 ± .009 | .294 ± .134 | 8.043 ± 1.9 b | | | | |
| | 75 | .318 ± .205 | .319 ± .112 | .028 ± .024 | .336 ± .293 | 3.863 ± 0.4 c | | | | |
| | media | .274 ± .111 B | .335 ± .090 B | .032 ± .018 B | .338 ± .194 A | 8.515 ± 4.5 | | | | |
| Cuauhtémoc | 0 | .192 ± .006 | .430 ± .028 | .057 ± .010 | .322 ± .024 | 18.770 ± 2.5 a | | | | |
| | 25 | .189 ± .028 | .452 ± .052 | .048 ± .001 | .311 ± .073 | 11.673 ± 2.0 b | | | | |
| | 50 | .232 ± .027 | .422 ± .017 | .062 ± .005 | .284 ± .017 | 7.807 ± 1.6 b | | | | |
| | 75 | .259 ± .014 | .363 ± .080 | .057 ± .010 | .320 ± .057 | 3.893 ± 0.9 c | | | | |
| | media | .218 ± .019 B | .417 ± .044 AB | .056 ± .006 A | .312 ± .043 A | 10.448 ± 6.3 | | | | |
| Cocker | 234 | 0 | .379 ± .041 | .435 ± .048 | .030 ± .011 | .156 ± .077 | 15.363 ± 4.7 a | | | |
| | 25 | .502 ± .012 | .474 ± .053 | .004 ± .008 | .019 ± .032 | 10.913 ± 2.1 b | | | | |
| | 50 | .403 ± .117 | .410 ± .048 | .021 ± .018 | .166 ± .144 | 8.753 ± 2.1 b | | | | |
| | 75 | .442 ± .074 | .453 ± .057 | .019 ± .019 | .085 ± .082 | 6.76 ± 1.9 c | | | | |
| | media | .431 ± .061 A | .443 ± .051 A | .018 ± .005 B | .106 ± .084 B | 10.515 ± 3.7 | | | | |

Valores de Tukey ($P \leq 0.05$), 0.08, 0.07, 0.01, 0.13 y 3.01. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

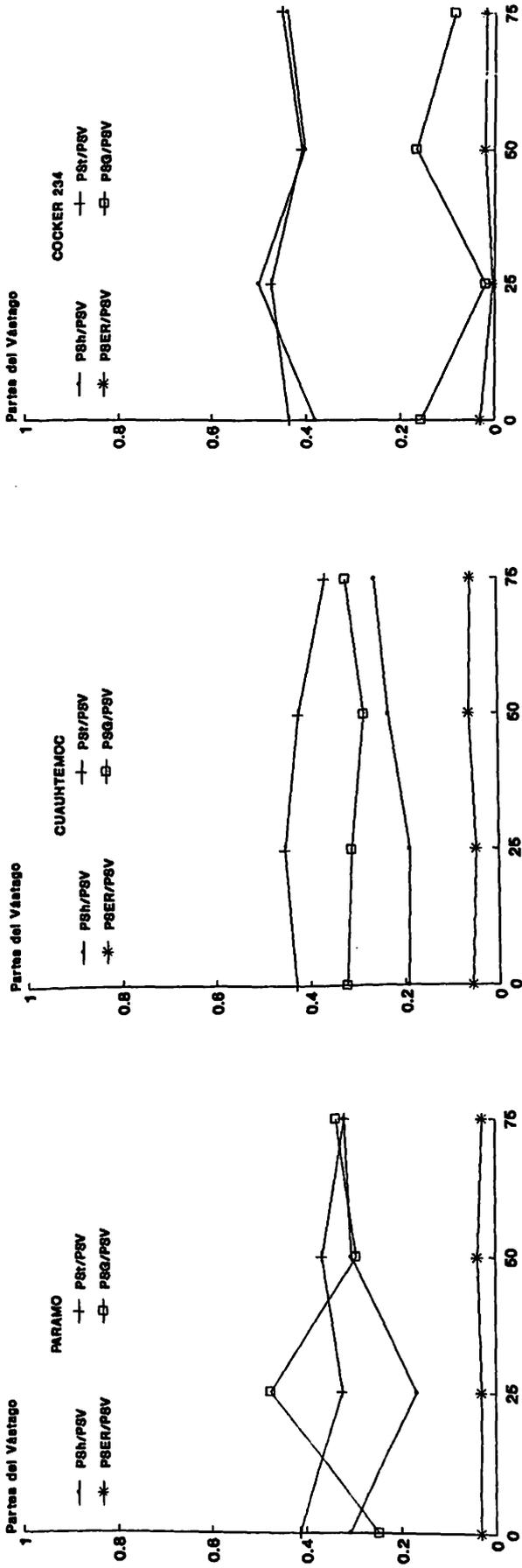


Figura 4.3. Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas, en condiciones de abatimiento hídrico (90 días después de la siembra).

abatimiento hídrico en ninguna de las variedades, se puede observar que Cuauhtémoc tuvo significativamente mayor proporción de peso seco de estructuras reproductivas que las otras variedades evaluadas.

En la Figura 4.4, se observa que en Páramo de los niveles 0 al 50 por ciento de abatimiento hídrico la hojas aumentan y disminuyen. del 0 al 75 por ciento de abatimiento hídrico la producción de granos tiende a disminuir. En Cuauhtémoc, en los niveles 0 al 50 por ciento disminuyen las hojas pero se incrementa los granos. Y en Cocker 234, en estos mismos niveles los granos aumentan y disminuyen, las hojas disminuyen y aumentan, y los tallos tienen un comportamiento igual. Es importante mencionar que en este período Cocker 234 nuevamente presentó la enfermedad de carbón volador en las estructuras reproductivas y que explican en gran parte el comportamiento de aumentar y disminuir los granos.

A los 150 días después de la siembra (Cuadro 4.11), se puede observar que Cocker 234 mostró los mayores valores de acumulación de biomasa en el vástago, en todos los niveles de abatimiento hídrico.

En la Figura 4.5, se observa, que en Páramo de 25 a 75 por ciento de abatimiento hídrico, el patrón de respuesta de hojas y tallos es similar pero opuesto al del grano. En Cuauhtémoc, en estos mismos niveles el patrón de respuesta de granos, tallos y hojas es similar. En Cocker 234, en estos mismos niveles, el patrón de respuesta de tallos y hojas es igual entre sí y diferente al del grano.

Cuadro 4.10. Valores medios y error estándar de los coeficientes de partición de biomasa en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (120 días después de la siembra).

| VARIEDAD. | NAH. | PSh/PSV | Pst/PSV | PSER/PSV | PSG/PSV | PSV (g) |
|------------|-------|-------------|---------------|---------------|-------------|----------------|
| | % | Media e.e. | Media e.e. | Media e.e. | Media e.e | Media e.e. |
| Páramo | 0 | .244 ± .038 | .215 ± .022 | .032 ± .003 | .509 ± .021 | 19.20 ± 3.4 a |
| | 25 | .453 ± .274 | .225 ± .014 | .019 ± .016 | .303 ± .272 | 21.89 ± 9.4 a |
| | 50 | .342 ± .020 | .220 ± .020 | .028 ± .003 | .409 ± .038 | 15.11 ± 0.7 ab |
| | 75 | .401 ± .083 | .186 ± .028 | .022 ± .003 | .391 ± .058 | 8.71 ± 3.4 b |
| | media | .360 ± .104 | .211 ± .021 B | .025 ± .006 B | .403 ± .097 | 16.23 ± 5.73 |
| Cuauhtémoc | 0 | .270 ± .048 | .321 ± .036 | .037 ± .007 | .372 ± .053 | 22.24 ± 0.7 a |
| | 25 | .238 ± .048 | .337 ± .028 | .040 ± .001 | .385 ± .077 | 22.27 ± 5.6 a |
| | 50 | .202 ± .048 | .308 ± .016 | .055 ± .020 | .434 ± .059 | 12.78 ± 2.6 ab |
| | 75 | .340 ± .023 | .280 ± .012 | .036 ± .004 | .343 ± .011 | 11.24 ± 3.2 b |
| | media | .262 ± .042 | .311 ± .023 A | .042 ± .008 A | .383 ± .050 | 17.13 ± 5.95 |
| Cocker 234 | 0 | .332 ± .120 | .382 ± .128 | .028 ± .029 | .258 ± .223 | 21.51 ± 7.9 a |
| | 25 | .229 ± .012 | .290 ± .032 | .032 ± .003 | .439 ± .026 | 19.97 ± 2.9 a |
| | 50 | .440 ± .101 | .294 ± .021 | .027 ± .007 | .243 ± .097 | 17.35 ± 6.6 ab |
| | 75 | .432 ± .161 | .338 ± .113 | .016 ± .017 | .185 ± .213 | 13.01 ± 8.5 b |
| | media | .358 ± .098 | .333 ± .145 A | .026 ± .015 B | .281 ± .140 | 18.04 ± 3.70 |

Valores de Tukey ($P < 0.05$), 0.05, 0.01, 6.98. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

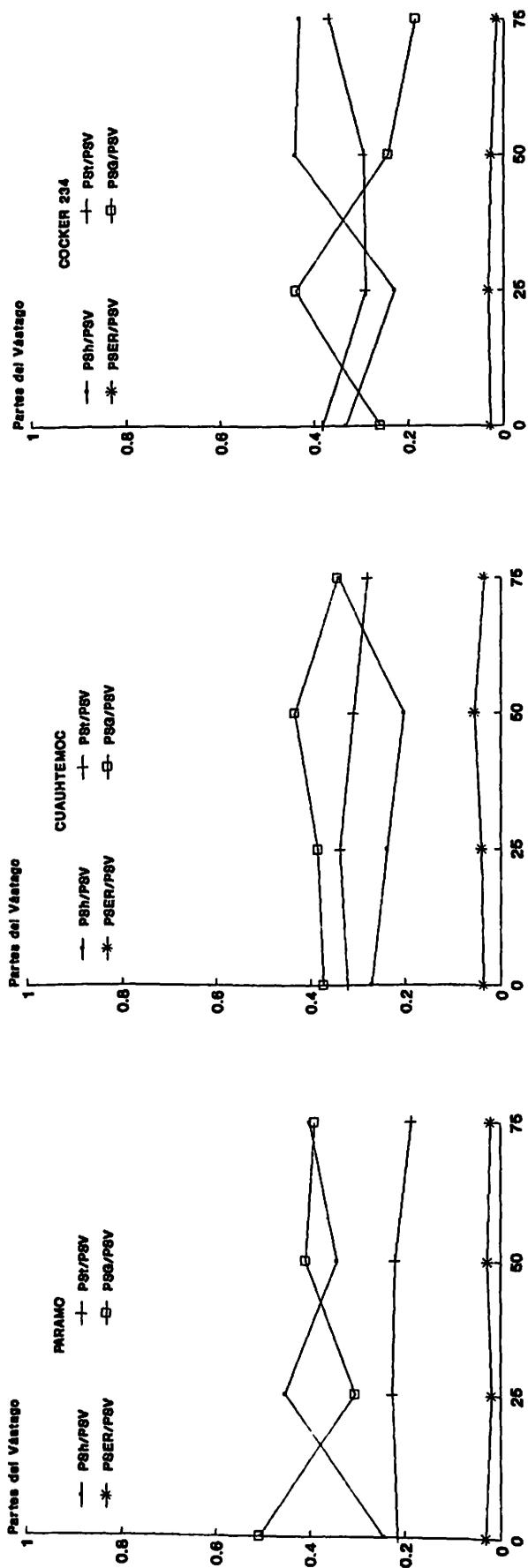


Figura 4.4. Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (120 días después de la siembra).

Parcelas de Observación

Fueron sembradas las tres variedades con el objetivo principal de evaluar la posibilidad de ser incluidas como parte de un paquete tecnológico para producción de leche, con productores cooperantes en la zona templado húmeda, de la Sierra Oriente del Estado de Puebla. Además para reafirmar los resultados obtenidos en el invernadero.

Se realizaron 9 muestreos en total, el primero se efectuó al mes de haberse realizado la siembra y los posteriores cada 14 días.

Las medias de los cortes uno al nueve, indican que Cuauhtémoc y Cocker 234 son diferentes de Páramo; en el dos no hay diferencias estadísticas ($P > 0.05$); el corte tres es igual al uno; de los cortes cuatro al nueve hay diferencias estadísticas entre las variedades teniendo un mejor comportamiento Cocker 234 respecto a Páramo y Cuauhtémoc (Cuadro 4.12.). Reafirmando con estos resultados la superioridad de la variedad Cocker 234.

Cuadro 4.11. Valores medios y error estándar de los coeficientes de partición de biomasa en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (150 días después de la siembra).

| VARIEDAD. | NAH % | PSh/PSV | | PSt/PSV | | PSER/PSV | | PSG/PSV | | PSV (g) | |
|------------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | Media | e.e | Media | e.e | Media | e.e | Media | e.e | Media | e.e |
| Páramo | 0 | .140 ± .009 | .259 ± .070 | .036 ± .005 | .565 ± .067 | 24.57 ± 7.93 | | | | | |
| | 25 | .139 ± .025 | .285 ± .138 | .041 ± .006 | .534 ± .130 | 23.99 ± 10.94 | | | | | |
| | 50 | .217 ± .105 | .319 ± .101 | .034 ± .011 | .430 ± .189 | 9.85 ± 6.12 | | | | | |
| | 75 | .323 ± .177 | .413 ± .177 | .019 ± .020 | .245 ± .323 | 7.93 ± 1.5 | | | | | |
| media | | .205 ± .078 A | .319 ± .121 | .032 ± .010 | .443 ± .177 | 16.57 ± 8.93 | | | | | |
| Cuauhtémoc | 0 | .109 ± .005 | .380 ± .019 | .045 ± .004 | .466 ± .029 | 19.66 ± 5.0 | | | | | |
| | 25 | .121 ± .013 | .374 ± .063 | .052 ± .003 | .452 ± .067 | 19.19 ± 8.5 | | | | | |
| | 50 | .110 ± .036 | .319 ± .054 | .158 ± .188 | .413 ± .107 | 15.37 ± 2.73 | | | | | |
| | 75 | .159 ± .099 | .298 ± .073 | .054 ± .007 | .489 ± .025 | 10.67 ± 0.97 | | | | | |
| media | | .125 ± .012 B | .343 ± .050 | .077 ± .050 | .455 ± .057 | 16.22 ± 4.17 | | | | | |
| Cocker 234 | 0 | .158 ± .044 | .359 ± .031 | .037 ± .005 | .446 ± .041 | 29.18 ± 10.21 | | | | | |
| | 25 | .171 ± .026 | .353 ± .020 | .038 ± .006 | .438 ± .040 | 26.65 ± 2.04 | | | | | |
| | 50 | .254 ± .105 | .441 ± .167 | .028 ± .020 | .277 ± .233 | 20.15 ± 4.22 | | | | | |
| | 75 | .147 ± .030 | .350 ± .007 | .045 ± .001 | .368 ± .179 | 13.58 ± 1.4 | | | | | |
| media | | .182 ± .037 AB | .376 ± .056 | .037 ± .008 | .382 ± .123 | 22.39 ± 7.0 | | | | | |

Valores de Tukey (P≤0.05), 0.08. Valores medios seguidos por letras diferentes son significativamente diferentes. (minúsculas dentro de variedades y mayúsculas entre variedades).

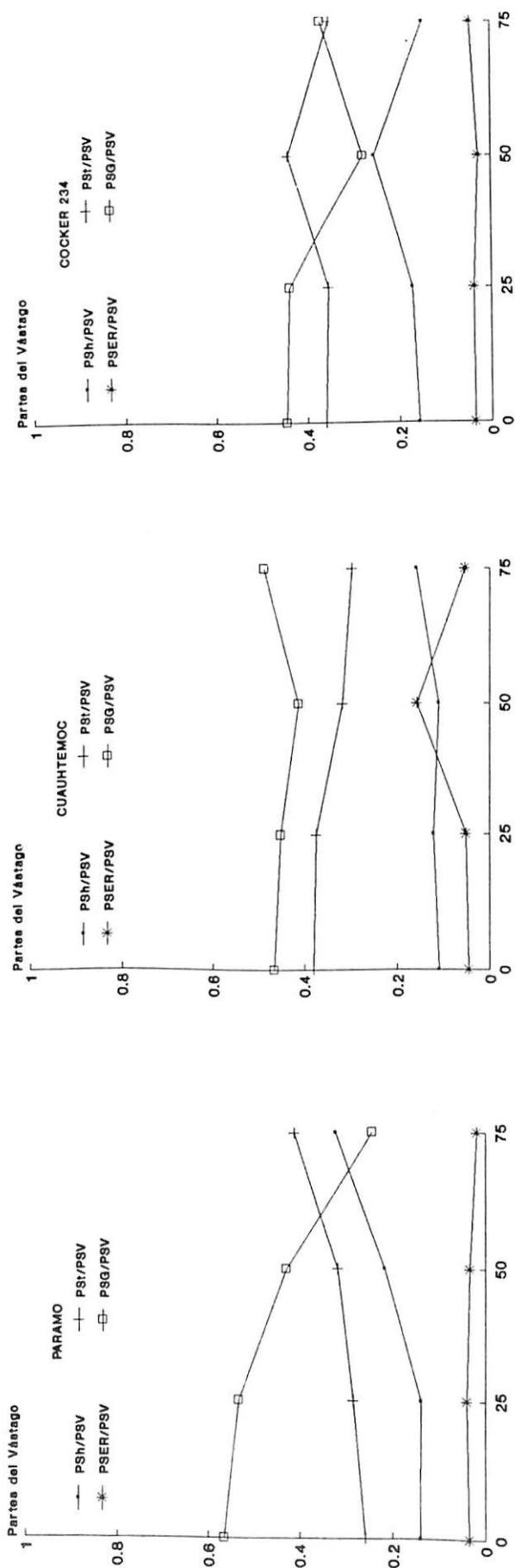


Figura 4.5. Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa, en avenas bajo condiciones de abatimiento hídrico (150 días después de la siembra).

Cuadro 4.12. Producción total de materia seca (ton/ha), en tres avenas forrajeras, evaluadas en condiciones de clima templado húmedo.

| VARIEDAD | Número de cortes | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Páramo | 0.621 | 1.333 | 2.075 | 2.142 | 3.395 | 2.503 | 1.922 | 2.722 | 6.345 |
| Cuahtémoc | 1.179 | 1.441 | 2.262 | 3.028 | 3.428 | 2.643 | 2.409 | 3.369 | 6.964 |
| Cocker 234 | 1.149 | 1.423 | 2.362 | 3.402 | 4.663 | 5.832 | 7.503 | 9.769 | 11.85 |

DISCUSION

Germinación

Los resultados encontrados para resistencia a la germinación (RG), factor de uniformidad (FU) en horas y por ciento de germinación, entre niveles y variedades, concuerdan a los reportados por Sharma (1973). Al aumentar el nivel de las concentraciones en la molaridad de Manitol hay un ligero incremento en la RG. Entre variedades la menor RG la presentó Cocker 234. El FU tiene el mismo comportamiento que la RG. Sin embargo, si se hace una comparación entre los valores medios de los niveles, es muy notable que la variedad Cocker 234 tiene una respuesta más homogénea que Páramo y Cuauhtémoc. La calidad es muy importante para asegurar una buena germinación. La presencia de semillas sin testa y quebradas encontradas en Cuauhtémoc, motivaron que las soluciones causaran daños en el embrión de las semillas. A pesar de presentar muchas impurezas, Páramo presentó mejor porcentaje de germinación que Cuauhtémoc, lo cual indica que la semilla era de mejor calidad. El mejor porcentaje fue para Cocker 234. Sin embargo manifestó la enfermedad de carbón volador en el embrión.

Los resultados de LR indican que el incremento en concentración de los tratamientos no afecta esta variable en los niveles y variedades, respectivamente. Lo cual puede significar, que esta variable no responde a dichos tratamientos o que los niveles empleados no fueron suficientemente estresantes para ocasionar alguna respuesta diferencial. La respuesta de la LP a las soluciones de Manitol indica que a medida que se incrementa la molaridad se disminuye la longitud de la plúmula o coleoptilo. Es muy importante considerar todos los factores que afectan la respuesta a la germinación de las variedades. Reafirmando los planteamientos de Gordon (1971), que el por ciento de germinación no es el mejor indicador que debe tomarse en cuenta para aceptar o rechazar la calidad de las semillas que serán utilizadas para evaluaciones en experimentos de campo.

Análisis de Crecimiento.

Las limitaciones de agua disminuyen el crecimiento de las variedades de avena, debido a que se reduce la asimilación de CO_2 (Ludlow y Ng, 1976). Pande y Singh (1981) al trabajar con zacates C_4 y C_3 bajo condiciones controladas determinaron que el déficit hídrico reduce el crecimiento de las plantas debido al decremento de la asimilación neta; esto a causa de una disminución del potencial hídrico en las hojas. Tales planteamientos coinciden con los detectados en

esta investigación porque a mayor déficit hídrico, ocurrió menor índice de eficiencia en el crecimiento.

El efecto de los niveles de abatimiento hídrico sobre TAN de las tres variedades indica que a medida que se incrementa el abatimiento hídrico la TAN se disminuye drásticamente. Las variedades Páramo y Cuauhtémoc tienen diferente fenología, que las hace figurar como de verano, caso contrario sucede con Cocker 234 que tiene un comportamiento de invierno. Es utilizada en Chihuahua para triple propósito; es decir, forraje verde, heno y producción de semilla (Esqueda y Rubio, 1991). Además, en este período la curva del crecimiento se encontraba en una fase lenta.

Las diferencias encontradas para RAF y RPF entre los niveles de abatimiento hídrico así como entre variedades, en el segundo período de evaluación indican que la curva del crecimiento se encontraba en la fase rápida. El comportamiento general del crecimiento en las tres variedades concuerda con el reportado por Peña (1986) en tres especies diferentes maíz, frijol y girasol, con deficiencias de humedad; y con los reportados por Gutiérrez (1992), con zacate Buffel en tres niveles de abatimiento hídrico. La comparación entre variedades indican que Cocker 234 manifiesta nuevamente ser una especie altamente rendidora. En RPF, los niveles de Cocker 234 reportan las mayores RPF en relación a los de Páramo y Cuauhtémoc. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas en RAF, entre Páramo y Cuauhtémoc si se encontraron diferencias en la

RPF entre estas dos variedades. La explicación a los resultados encontrados en este período en Cuauhtémoc, es que manifestó estructuras reproductivas el cual nos indican una mayor precocidad reproductiva y confirma nuevamente que es una variedad con un comportamiento de verano (Cuadro 4.8.).

En el tercer período de evaluación, la curva del crecimiento se encontraba en la fase lenta; indicando diferencias entre las variedades para RAF, RPF y AFE. En RAF las variedades Páramo y Cuauhtémoc, presentaron el mismo comportamiento reportado en el segundo período de evaluación. En RPF hay nuevamente diferencias entre Páramo y Cuauhtémoc, sin embargo, estas diferencias son atribuibles a que estas variedades a pesar de tener un comportamiento de verano, Cuauhtémoc es ligeramente más precoz que Páramo. La mejor RPF fue encontrada en Cocker 234. Además en este período se encontraron diferencias en AFE entre las variedades, resultados que ponen de manifiesto que tienen un comportamiento fenológico diferente y durante este período las variedades Páramo y Cuauhtémoc presentaron nuevo crecimiento, actividad no manifestada por Cocker 234 (Cuadro 4.5.).

Coefficientes de Partición de Biomasa

Respecto a las diferentes estructuras de las avenas (PSH, PST, PSER, PSG y PST) en forma general durante los

cinco cortes efectuados se encontró que guardan una relación positiva con los niveles de abatimiento hídrico; los resultados del corte a los 30 días señalan que al incrementarse el nivel de abatimiento hídrico el peso de las estructuras es afectado (Figura 4.1), sin embargo, las medias de variedades no indican diferencias para ninguna estructura (Cuadro 4.7.) en este período las plantas tienen un comportamiento similar en su funcionalidad, reafirmando lo mencionado sobre la curva del crecimiento en sus tres fases.

Por el contrario los CPB del corte a los 60 días muestran en forma general nuevamente que al aumentar el abatimiento hídrico el peso se disminuye considerablemente. Lo más notable en este período, es la alta producción de PST/PSV encontrados en Cuauhtémoc, ya que estos son necesarios para soportar la producción de estructuras reproductivas. Confirmando lo señalado anteriormente que esta variedad es más precoz reproductivamente (Cuadro 4.8.).

La presencia de enfermedades: roya lineal y/o amarilla en Páramo y Cuauhtémoc y carbón volador en Cocker 234 durante la vida productiva de las variedades. En el corte a los 90 días estas enfermedades alteraron la respuesta de las plantas, en Páramo y Cuauhtémoc fueron afectadas las hojas y en Cocker 234 la enfermedad se manifestó en las estructuras reproductivas; como la finalidad era evaluar la producción de semillas producidas por los diferentes niveles de abatimiento hídrico; para evitar la contaminación de las sanas las estructuras que manifestaron la enfermedad fueron cortadas;

alterando esta actividad de forma muy significativa la producción de PSER/PSV y PSG/PSV, pero aumentándose la producción de PSh/PSV y PSt/PSV (Cuadro 4.9.).

Los resultados a los 120 días mostraron diferencias entre las variedades debidas principalmente a los daños ocasionados por las enfermedades antes mencionadas pero sin embargo, para PSG/PSV no se detectaron diferencias estadísticas (Cuadro 4.10.).

A medida que avanza la fenología de las plantas son más visibles diferencias en los CPB entre las variedades. El corte a los 150 días se efectuó en diciembre de 1994, razón por la cual Cocker 234 tiene un mejor comportamiento al manifestado en Páramo y Cuauhtémoc (Cuadro 4.11.).

Parcelas de Observación

Como se mencionó anteriormente el objetivo fue evaluar la posible selección de la(s) mejores variedades para ser incluidas en el paquete tecnológico para producción de leche, en la zona templada humedad del Estado de Puebla.

Los resultados obtenidos para producción de MS de las parcelas de observación; indican que Cocker 234 fue mejor en que Páramo y Cuauhtémoc; sin embargo, las tres volvieron a manifestar las enfermedades antes mencionadas. La literatura reporta a Páramo y Cuauhtémoc como resistentes a roya. Sin embargo, se presentaron durante el experimento altas precipitaciones (1.500 a 2.000 mm), que favorecieron la

presencia del patógeno motivo por el cual la producción de forraje declinó drásticamente; Cocker aunque manifestó carbón volador, continuó produciendo forraje. Estos resultados concuerdan a los obtenidos por Esqueda y Rubio (1991), que reportan que la variedades Cocker pueden ser utilizadas para la producción de forraje.

CONCLUSIONES

- 1º Las variedades Cocker 234 y Cuauhtémoc presentaron mayores niveles de producción de forraje que Páramo, tanto en condiciones de invernadero como de campo.
- 2º Las diferencias en el desarrollo modificaron el comportamiento de la TCR en las variedades.
Bajo condiciones favorables, Cuauhtémoc tuvo la más alta tasa de CR en el primer período de crecimiento, Páramo en el segundo y Cocker 234 en el tercero (90-120 días).
- 3º La eficiencia fotosintética de la superficie asimilatoria y la partición de biomasa hacia la hoja, parecen ser los procesos fisiológicos más relacionados con la producción de forraje.
- 4º En las tres variedades, el estrés hídrico atrasa la germinación y la movilización de los nutrientes almacenados en el endospermo, hacia la plúmula o coleoptilo en crecimiento.
- 5º De la misma manera, el estrés hídrico reduce:

a) La eficiencia fotosintética de la superficie asimilatoria.

b) La Acumulación de biomasa en el vástago, principalmente en la lámina foliar.

c) La producción de forraje.

RECOMENDACIONES

Para los futuros análisis de crecimiento para cualquier especie vegetal en condiciones de invernadero, es necesario contar con más repeticiones de materiales para ser destruidos, para tener mayor certeza estadística sobre el comportamiento de los índices de eficiencia del crecimiento.

En la región templado húmeda la disponibilidad de agua no es ninguna limitante, sin embargo, con los experimentos bajo condiciones controladas se puede conocer hasta qué nivel de humedad aprovechable son afectadas las producciones de forraje.

Si dentro de los objetivos está la producción de forraje con avena; el cultivo puede soportar abatimientos hídricos hasta del 50 por ciento de la humedad aprovechable en el suelo.

Evaluar los efectos de los diferentes niveles de abatimientos hídricos sobre la viabilidad de las semillas obtenidas de esta investigación.

RESUMEN

La investigación se realizó en dos fases, invernadero y campo. Primero, en condiciones de invernadero con temperatura y humedad controlada (25 a 27°C y 55 a 60 por ciento respectivamente), las instalaciones se localizan en el Campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Segundo, en el rancho "Los Alejandros" en Teteles de Ávila Castillo, al noreste del estado de Puebla, localizado en los paralelos 19°50'49", 19°52'06" de latitud norte y los meridianos 97°23'18", 97°26'25" de longitud occidental. Con clima templado húmedo con lluvias todo el año. Suelo Andasol (T), derivado de cenizas volcánicas recientes, muy ligero y alta capacidad de retención de agua y nutrimentos, con alta susceptibilidad de erosión y fuerte fijación de fósforo.

El rancho es propiedad del Sr. Alejandro Ortega, productor cooperante del área de influencia del INIFAP y un sistema de producción de leche con ganado Holstein, Pardo Suizo y Jersey en apacentamiento con zacates kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Rye grass (*Lolium perenne*).

La investigación se desarrollo en tres etapas experimentales: laboratorio, invernadero y campo.

Los objetivos fueron: determinar las tasas de crecimiento y niveles de producción de forraje. Identificar los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y la producción de forraje. Determinar el efecto del estrés hídrico sobre la germinación el crecimiento y el rendimiento de tres variedades de avena; Páramo, Cuauhtémoc y Cocker 234.

Germinación. Se evaluó la respuesta germinativa de las variedades al Manitol, en concentraciones molares de 0.05, 0.10 y 0.15, y un testigo (agua deionizada) se pusieron a germinar 25 semillas por variedad en cajas petri con papel filtro en una germinadora Fisher Scientific, modelo 655D con temperatura de 27°C. La germinación se evaluó contando el número de semillas germinadas cada 24 horas.

Se evaluó la resistencia a la germinación (RG) y factor de uniformidad (FU), las longitudes de radícula y plúmula (LR y LP) a los 5 días de iniciado el experimento.

Abatimiento Hídrico. Se trabajó dentro de invernadero, donde se evaluó la respuesta fisiológica, de crecimiento, desarrollo y rendimiento de las variedades sometidas al efecto de cuatro niveles de abatimiento hídrico (NAH).

El experimento se estableció en macetas con suelo de textura migajón, con capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) de 34.84 y 22.35 por ciento

NAH entre la CC y PMP, cada tratamiento se inició desde la CC dejándose abatir posteriormente hasta alcanzar el 25, 50 y 75 por ciento del volumen total de agua retenida en el suelo. El monitoreo de la humedad en el suelo fue a través del método gravimétrico, pesando todos los días las macetas que duró el experimento. Las variedades utilizadas fueron; Páramo, Cuauhtémoc y Cocker 234. Los granos utilizados como semilla fueron de tamaño y peso uniforme. La siembra se realizó el día uno de agosto de 1994, depositándose 20 semillas en forma equidistante en cada maceta, a una profundidad de 1.0 cm. Cuando las plántulas tuvieron la segunda hoja expuesta con lígula definida, se aclareó dejando 5 plantas por maceta.

Las variables evaluadas fueron: análisis de crecimiento, se midieron los parámetros funcionales, tasa de crecimiento relativo del vástago (TCRV), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) y área foliar específica (AFE) en tres periodos de crecimiento (30-60, 60-90 y 90-120, días postsiembra). Se midió el PS de las diferentes partes de la planta (PSh/PSV, PSt/PSV, PSER/PSV, PSG/PSV y PSV) en cinco muestreos con un intervalo entre muestreos de 30 días.

Productividad. El cultivo se manejó como los productores lo hacen en la región. Se sembró el uno de Julio de 1994, por el método del voleo, densidad de siembra de 90 Kg/ha., se

fertilizó con la fórmula 120-60-00, al momento de la siembra. El primer muestreo se realizó al mes de la postsiembra, y los muestreos posteriores cada 14 días las áreas de muestreo de 1m^2 y subdivididas en 0.25m^2 . Además se realizó el control de malezas y plagas; roya lineal (Cuauhtémoc y Páramo) y carbón volador en Cocker 234.

Los resultados obtenidos en las tres etapas fueron:

Germinación. Las variables del proceso germinativo, evaluadas no mostraron respuesta significativa ($P \leq 0.05$) a las concentraciones de Manitol, en ninguna de las variedades. En las tres variedades, el estrés hídrico atrasa la germinación y la movilización de los nutrimentos almacenados en el endospermo, hacia la plúmula en crecimiento.

Análisis de Crecimiento (AC). La carencia de un patrón de respuesta de crecimiento entre los tres períodos de evaluación, tal vez se deba a cambios en el desarrollo (período reproductivo).

Las diferencias en el desarrollo modificaron el comportamiento de la TCR en las variedades. Bajo condiciones favorables, en el primer período de crecimiento Cuauhtémoc tuvo la más alta TCR, Páramo en el segundo y Cocker 234 en el tercero (90-120 días).

Coeficientes de Partición de Biomasa (CPB). En forma

general durante los cinco cortes se encontró que guardan una relación positiva con los NAH. Así al incrementarse el NAH el peso de las estructuras es afectado. La presencia de las enfermedades roya amarilla en Cuauhtémoc y Páramo y carbón volador en Cocker 234 modificaron el rendimiento en los CPB.

La eficiencia fotosintética de la superficie asimilatoria y la partición de biomasa hacia la hoja, parecen ser los procesos fisiológicos más relacionados con la producción de forraje. De la misma manera, el estrés hídrico reduce; a) la eficiencia de la superficie asimilatoria, b) la acumulación de biomasa en el vástago, principalmente en la lámina foliar y c) la producción de forraje.

Parcelas de Observación. Se realizaron 9 muestreos en total, el primero se efectuó a los 30 días postsiembra y los posteriores cada 14 días. Las medias de los cortes uno al nueve, indican que Cuauhtémoc y Cocker 234 son diferentes de Páramo; del corte cuatro al nueve hay diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre las variedades teniendo un mejor comportamiento Cocker 234 respecto a Páramo y Cuauhtémoc.

Las variedades Cocker 234 y Cuauhtémoc presentaron mayores niveles de producción de forraje que Páramo, tanto en condiciones de invernadero como de campo.

LITERATURA CITADA

- Aase, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70:563-65. USA.
- Aitken, I. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne University Press. 193 p.
- Alscher, R.G. and Cummings, J.R. 1990. Stress Response in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms. Wiley-Liss, New York
- Almoguera, C., Coca, M.A. and Jordano, J. 1993. Tissue-specific expression of sunflower heat shock proteins in response to water stress. *Plant J.* 4:947-958.
- Allan, R.E. 1983. Harvest indexes of backcross-derived wheat lines differing in culm height¹. *Crop Sci.* 23:1029-1032.
- Aparicio-Tejo, P.M. and J.S. Boyer. 1983. Significance of accelerated leaf senescence at low water potentials for water loss and grain yield in maize. *Crop Sci.* 23:2198-1202.
- Alvarez, G. A. 1991. Datos climatológicos del Estado de Chihuahua. servicio Meteorológico y Geográfico del Edo. de Chihuahua.
- Ashley, D.A., B.D. Doss, and O.L. Bennett. 1965. Relation of cotton leaf area index to plant growth and fruiting. *Agron. J.* 57:61-64. USA.
- Begg, J.E. and M.C. Turner. 1976. Crop water deficit. *Adv. Agron.* 28:161-217. USA.

- Baker, N.R. and Bowyer, J.R. 1994. Photoinhibition of Photosynthesis. From Molecular Mechanisms to the Field. BIOS Scientific Publishers, Oxford. Biscoe, P.V. and J.N. Gallagher. 1977. Weather, dry matter production and yield. 80-96 In: Landsburg, J.J. and C.V. Cutting (Eds.). Environmental effects on crop physiology. Academic Press Inc. (London). Ltd.
- Biscoe, P.V. and J.N. Gallagher. 1977. Weather, dry matter production and yield. In Landsburg, J.J. and C.V. Cutting (Eds.). Environmental effects on crop physiology. Academic Press Inc. (London) Ltd. 388 p.
- Boyer, J.S. 1970a. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiol. 46:233-235.
- Boyer, J.S. 1970b. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. Plant. Physiol. 46:236-239.
- Brown, R.D. and R.E. Blaser. 1968. Leaf area index in pasture growth. Herb. Abstr. 36:1-9. USA.
- Cherney, J.H. and G.C. Marten. 1982. Small grain crop forage potential: 1 Biological and chemical determinants of quality and yield. Crop Sci. 22:227
- Collins, M.A., M.A. Brinkman, and A.A. Salman. 1990. Forage yield and quality of oats cultivars with increasing rates of nitrogen fertilization. Agron. J. 82:724.
- Coyne R.L. and J.A. Bradford. 1985. Morphology and growth in seedlings of several C₄ perennial grasses. J Range. Manage. 38:504-512. USA.
- Daubenmire, R.F. 1982. Ecología vegetal: Tratado de Autoecología de Plantas. Ed. Limusa. 1er. Reimpresión. 496 p. México.
- De la Peña I. 1978. El buen uso del agua de riego (Primera parte) Boletín Técnico No. 8 del Comité Directivo del Distrito de Riego No. R-28-41. Cd. Obregon Son. 113 p. México.

Dorenbos, D.L. Jr., R.E. Mullen and R.M. Shibles. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. *Crop. Sci.* 29:476-480. USA.

Eastin, J.D., R.M. Castleberry, T.J. Hultquist, V. Mahalaksmi, V.B. Ongulela, and J.R. Rice. 1983. Physiological aspects of high temperature and water stress. pp. 191-217 In : Raper, C.D. and P.J. Kramer (Eds.). *Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperature climates*. Westview/Press/Boulder, Colorado.

Echavarría, M.S. 1991. Avances en el desarrollo de praderas en el Estado de Chihuahua. IX Simposium Internacional sobre Ganadería. EXPO-GAN. SARH-INIFAP. Centro de Investigaciones Regional Centro. Chihuahua. Publicación. Especial. 9. p. 6

Ekanayake, I.J., P.L. Steponkus and S.K. De Datta 1990. Sensitivity of pollination to water deficits at anthesis in upland Rice. *Crop. Sci.* 30:310-315. USA.

Esqueda, C.M. y Rubio H.O. 1991. Evaluación de variedades de avena para producción de forraje y doble propósito bajo condiciones de temporal en el Estado de Chihuahua. Resúmenes de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en Tamaulipas. p. 318.

Esqueda, C.M., H.O. Rubio y M.S. Flores 1991. La avena (*Avena sativa*); una alternativa para la producción de forraje en praderas irrigadas. Resúmenes de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en Tamaulipas. p. 320.

Evans, G.S. 1972. *The quantitative analysis of plant growth studies in Ecology*. Vol. I Blackwell Scientific Publication.

Fisher R.A. and Z. Kertesz. 1976. Harvest index spaced population and grain weight of microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. *Crop Sci.* 16:55-59. USA.

Frank A.B. and R.E. Barker. 1976. Rates of photosynthesis and transpiration and diffusive resistance of six grasses grown under controlled conditions. *Agron. J.* 68:487-490. USA.

Kriedemann, P.E. and H.D. Barrs. 1983. Photosynthetic adaptation to water stress and implications for drought resistance. pp. 215-219 In : Raper, C.D., and P.J. Kramer (Eds.). Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperature climates. Westview-Press-Boluder, Colorado.

Gordon, A.G. 1971. The germination resistance test. A new test for measuring germination quality of cereals. Canadian J. Plant Sci. 51:181-183.

Gutiérrez L.R. 1991. Efecto del abatimiento hídrico sobre el crecimiento y producción de forraje del zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L). Tesis M.C. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 64 p.

Guy, W.M. 1964. A coefficient for computing leaf area in hibrid corn. Agron. J. 56:240-241. USA.

He, H., M.B. Kirkham, D.J. Lawlor and Kanemasu. 1992. Photosynthesis and water relations of big bluestem (C₄) and Kentochy bluegrass (C₃) under high concentration carbon dioxide. Transactions of the Kansas Academy of Science. 95: 139-152.

Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Arnold, E. Edit. Great Britain. 247 p.

Jingxian, Z. and Kirkham, M.A. 1995. Water relations of water stressed, split-root C₄ sorghum and C₃ sunflower plants. American Journal of Botany. 82:1220-1229.

Jones, C.A. 1985. C₄ grasses and cereals. Growth, development, and stress responses. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons. New York. 419 p USA.

Kriedemann, P.E. and H.D. Barrs. 1983. Photosynthetic adaptation to water stress and implications for drought resistance. pp. 229-237 In: Raper, C.D. and P.J. Kramer (Eds.) Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperature climates. Westview Press/Boulder, Colorado.

- Larcher, W. 1977. *Ecofisiología Vegetal*. Ed. Omega. Barcelona España. 305 p.
- Los Municipios de Puebla. 1988. Secretaría de Gobernación.
- Ludlow, M.M. and T.T. Ng. 1976. Effect of water deficit on carbon dioxide exchange and leaf elongation rate of *Panicum maximum* var. *trichoglume*. *Aust. J. Plant. Physiol.* 3:401-413. Australia.
- Máynez, J.F. 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental Delicias. INIA-SARH-CAEDEL. Chihuahua, México. p. 100.
- Melgoza, C.A., A.H. Rubio y S.R. Nuñez 1991. Proporciones de Rye grass-avena para producción de forraje, bajo riego en Ojinaga, Chihuahua. Resúmenes de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en Tamaulipas. p. 322.
- Myers, L.F. 1972. Effects of grazing systems. p.19-23 In: J.H. Ligh and J.C. Noble (Ed). *Plant for sheep in Australia*. Edit. Headlead. Sidney, Australia.
- Muñoz, O.A. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT. No.33, p:26-35.
- Nie, D., H, He, M.B. Kirkham, and E.T. Kanemasu. 1992. Photosynthesis of a C₃ grass and a C₄ grass under elevated CO₂, *Photosynthetica*. 26:189-198.
- Pande, H. and J.S. Singh. 1981. Comparative biomass and status of four range grasses grown under two soil water conditions. *J. Range Manage.* 34:480-484. USA.
- Pandey, R.K., W.A. Herrera, A.N. Villegas and J.W. Pendleton. 1984. Droughth response of grain legume under irrigation gradient: III. *Plant growth. Agron. J.* 76:557-561.
- Payán, G.A., Chávez, S.N. 1992. Determinación del rendimiento de diferentes variedades de avena forrajera para corte o pastoreo en Delicias, Chihuahua. *Memorias de Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México*. p 198.

Pell, E.J. and Steffen, K.L. (eds). 1991. Active Oxygen-Oxidative Stress and Plant Metabolism. American Society of Plant Physiologists. Rockville, MD.

Peña R.A. 1986. Comportamiento de cuatro especies cultivadas bajo condiciones deficientes de humedad. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 130 p

Rachidi, F., M.B. Kirkham, L.R. Stone, and E.T. Kanemasu. 1993ab. Soil water deploin by sunflower and sorghum under rainfed conditions. Agricultural Water Management. 24:49-74.

Ramírez, D., J.L. 1985. Análisis del crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-31 y de sus progenitores. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Richards, R.A. 1993. Breeding crops with improved stress resistance. IN; Plant Responses to Cellular Dehydration During Environmental Stress. Current Topics in Plant Physiology. Volume 10 (Eds. T.J, Close and E.A. Bray). American Society of Plant Physiology, Rockville, MD. pp. 211-223.

Robles, S.R.. 1981. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa. México. D.F.

Sadras, V.O., F.J. Villalobos, and E. Fereres. 1993. Leaf expansion in field-grown sunflower in response to soil and water status. Agronomy Journal. 85:564-570.

Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1978. Plant physiology. 2d Wadsworth, Belmont, CA.

Sandhu, B.S. and M.L. Horton. 1977. (a) Response of oats to water deficit. I. Physiological characteristics. Agron. J: 63:357-360. USA.

_____. 1977. (b) Response of oats to water deficit. II. Growth and yield characteristics. Agron. J. 63:361-364. USA.

- Sharma, M.L. 1973. Simulation of Drought and Its Effect on Germination of Five Pasture Species. *Agronomy J.* 65:982-987.
- Sánchez, R. 1982. Producción de granos y forrajes. Tercera edición. Editorial Limusa. México. 608 p.
- Sionit, N., I.D. Teare and P.J. Kramer. 1980. Effect of repeated application of water stress on water status and growth of wheat. *Physiol. Plant.* 50:11-15.
- Shoner, A.A., T.E. Kearney and M.R. George. 1982. Update: oat hay variety trials. *California Agriculture* 36:1-2. USA.
- Smith, J.A.C. and Griffiths, H. (eds). 1993. Water Deficits. Plant Responses From Cell Community. BIOS Scientific Publishers, Oxford.
- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *Tansley Review No. 52. New Phytol.* 125:27-58.
- Stickler, F.C., S. Wearder and A.W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. J.* 53:187-188. USA.
- Sobrado, M.A. and N.C. Turner. 1983. Influence of water deficits on the water relations characteristics and productivity of wild and cultivated sunflowers. *Aust. J. Plant Physiol.* 10:195-203.
- Steward, F.C. 1969. Growth and development. The problem in perspective. pp. 168-177 In: Steward, F.C. (Ed.) *Plant physiology a treatise VA. Analysis of growth: Behavior of plants and their organs.* Academic Press, London.
- Turner, N.C. 1986. Crop water deficit: A decade of progress. *Adv. Agron.* 39:1-51. USA.
- Turner, N.C. and J.E. Begg. 1981 Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant and Soil* 58: 97-131. USA.

- Vanderlip, R.L. and G.F. Arkin. 1977. Simulating accumulation and distribution of dry matter in grain sorghum. *Agron. J.* 69:917-923. USA.
- Vargas B., L.G. 1989. Producción de forraje en dos cortes de tres variedades de Avena sativa L., trigo *Triticum vulgare* L. y cebada *Hordeum vulgare* L., con cuatro fechas de siembra en Apodaca, N.L. Tesis de Licenciatura. ITESM. Monterrey, N.L., México.
- Villa C., M.M. 1987. Potencial del agua en la hoja, conductancia estomática y producción de materia seca en el cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L), en función a la disponibilidad de agua en el suelo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 147 p.
- Watson, D.J. 1952. The physiology basis of variation in yield. *Av. Agron.* 4:101-145.
- Wilson, A.M. and J.A. Sarles. 1978. Quantification of growth drought tolerance and avoidance of blue grama seedlings. *Agron. J.* 70:231-237. USA.
- Zavala, G.F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L) Moench) Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.