

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Comportamiento de Cebadas Forrajeras Imberbes (*Hordeum vulgare* L.) a través de Cuatro Ambientes**

**Por :**

**MANUEL VIVIAN MÉNDEZ VEGA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Producción**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Septiembre del 2004.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Comportamiento de Cebadas Forrajeras Imberbes (*Hordeum  
vulgare L.*) a Través de Cuatro Ambientes**

POR:

**MANUEL VIVIAN MÉNDEZ VEGA**

TESIS

Presentada como Requisito parcial para  
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

A P R O B A D A

---

**Ing. Modesto Colín Rico.**  
PRESIDENTE DEL JURADO

---

**Mc. Arnoldo Oyervides García.**  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Septiembre del 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento de Cebadas Forrajeras Imberbes (*Hordeum  
vulgare L.*) a través de Cuatro Ambientes

POR

MANUEL VIVIAN MÉNDEZ VEGA

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

A P R O B A D A

---

Ing. Modesto Colín Rico.  
PRESIDENTE DEL JURADO

---

Dr. Víctor M. Zamora Villa.  
SINODAL

---

Dr. Alejandro J. Lozano del Río.  
SINODAL

---

Dr. Gaspar Martínez Zambrano.  
SINODAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

---

Mc. Arnoldo Oyervides García.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Septiembre del 2004

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>2</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>Origen biogeográfico.....</b>	<b>4</b>
<b>Clasificación taxonómica.....</b>	<b>5</b>
<b>Botánica de la planta de cebada.....</b>	<b>6</b>
<b>Importancia económica y distribución geográfica.....</b>	<b>8</b>
<b>Principales usos de la cebada.....</b>	<b>9</b>
<b>La cebada como planta forrajera.....</b>	<b>10</b>
<b>Características de una especie forrajera.....</b>	<b>11</b>
<b>Calidad forrajera de la cebada.....</b>	<b>12</b>
<b>Momento óptimo de corte para cebada forrajera.....</b>	<b>13</b>
<b>Caracteres agronómicos de la planta relacionados con el rendimiento.....</b>	<b>14</b>
<b>La cebada comparada con otros cereales de grano pequeño.....</b>	<b>16</b>
<b>Factores que afectan el crecimiento de las plantas forrajeras.....</b>	<b>17</b>
<b>Adaptación.....</b>	<b>18</b>
<b>Plasticidad.....</b>	<b>19</b>
<b>Homeostasis genética.....</b>	<b>19</b>
<b>Adaptabilidad.....</b>	<b>22</b>
<b>Correlaciones.....</b>	<b>23</b>

<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
Localización y descripción de los sitios experimentales....	26
Desarrollo del Experimento en Campo.....	27
Material Genético utilizado.....	27
Preparación de terreno.....	27
Datos registrados.....	29
Análisis Estadístico.....	30
Análisis de Varianza Individual.....	30
Análisis de Varianza Combinado.....	30
Comparación de medias.....	31
Correlaciones.....	34
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
Resultados de los análisis de varianza individuales correspondientes a cada uno de los ambientes.....	35
Resultados de los análisis de varianza combinados a través de ambientes.....	48
Correlaciones entre las variables estudiadas en cada uno de los cuatro ambientes.....	52
Correlaciones entre las variables estudiadas a través de ambientes.....	56
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
2.1	Clasificación taxonómica de la Cebada .....	5
2.2	Principales productores a nivel mundial de cebada.....	9
3.1	Genotipos utilizados en la investigación.....	27
3.2	Características del Análisis de Varianza individual para las diferentes variables estudiadas.....	32
3.3	Características del análisis de Varianza Combinado para las diferentes variables estudiadas.....	33
4.1	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza individuales en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2002-2003.....	35
4.2	Resultados de la comparación de medias de cada una de las variables estudiadas en Ampuero, Torreón, Coah. ciclo 2002-2003.....	37
4.3	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza individuales en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2003-2004.....	38
4.4	Resultados de la comparación de medias de cada una de las variables estudiadas en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2003-2004.....	40
4.5	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza individuales en Navidad, NL. Ciclo 2002-2003.....	42
4.6	Resultados de la comparación de medias de cada una de las variables estudiadas en Navidad, NL. Ciclo 2002-2003.....	44
4.7	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza individuales en Celaya, Gto. Ciclo 2002-2003.....	45
4.8	Resultados de la comparación de medias de cada una de las variables estudiadas Celaya, Gto. Ciclo 2002-2003.....	47

4.9	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados a través de los cuatro ambientes.....	48
4.10	Resultados de la prueba de comparación de medias entre ambientes.....	49
4.11	Resultados de la comparación de medias de tratamientos a través de los cuatro ambientes.....	51
4.12	Correlaciones entre las variables estudiadas en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2002-2003.....	53
4.13	Correlaciones entre las variables estudiadas en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2003-2004.....	54
4.14	Correlaciones entre las variables estudiadas en Navidad NL. Ciclo 2002-2003.....	55
4.15	Correlaciones entre las variables estudiadas en Celaya, Gto. Ciclo 2002-2003.....	56
4.16	Correlaciones entre las variables estudiadas a través de ambientes.....	57

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento en producción de forraje de 36 líneas uniformes de cebada imberbe desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y compararlas con dos testigos comerciales (Triticale Var. Eronga-83 y Cebada Var. Cerro Prieto), así como determinar el grado de asociación de las variables de importancia forrajera en la integración del rendimiento de materia seca mediante correlaciones fenotípicas. El experimento se llevó a cabo en cuatro ambientes: Celaya, Guanajuato; dos ciclos agrícolas en Ampuero, Torreón, Coahuila y en Navidad, Nuevo León.

Las variables consideradas en el experimento fueron: Rendimiento de Forraje Seco Total (RFST), Peso Seco de Espigas (PSE), Peso Seco de Hojas (PSH), Peso Seco de Tallos (PST), Altura de Planta (AP) y Etapa fenológica al corte en la Escala de Zadoks (EZ).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada ambiente, con sus respectivos Análisis de Varianza y Pruebas de Comparación de Medias (DMS). Se realizó también un análisis de varianza combinado para evaluar el comportamiento de los genotipos a través de los cuatro ambientes y se calculó el grado de asociación entre variables por medio de correlación simple.

Los resultados obtenidos demuestran que aún cuando los materiales genéticos utilizados son líneas hermanas hubo diferencias significativas en la mayoría de las variables para cada ambiente y a través de éstos.

En lo que se refiere a RFST, las líneas BV-1911, BV-1976, BV-1912 y BV-1943 mostraron el mayor rendimiento con 12.34, 21.04, 7.617 y 15.91 ton/ha. en los ambientes Ampuero, Torreón, Coah 2002-2003; Ampuero,



Torreón, Coah., 2003-2004; Navidad NL, 2002-2003 y Celaya, Gto., 2002-2003 respectivamente. De igual modo las líneas BV-1904, BV-1976, BV-1916, y el testigo comercial Cerro Prieto fueron las que exhibieron los valores más altos en PSE en los ambientes Ampuero, 2002-2003, Ampuero, 2003-2004, Navidad y Celaya con 5.833, 8.756, 2.930 y 3.347 ton/ha. en ese orden.

Para la variable Peso Seco de Hojas (PSH) la línea BV-1985 tuvo un comportamiento superior en los ambientes Ampuero, 2002-2003 y Celaya, Gto., con 2.567 y 4.277 ton/ha. mientras que BV-1986 y Cebada forrajera P3 se comportaron mejor en Ampuero, 2003-2004 y Navidad NL. con 9.267 y 3.320 ton/ha, respectivamente.

Al considerar en forma conjunta los cuatro diferentes ambientes se encontró que las líneas BV-1985, BV-1916, BV-1986 y BV-1955 fueron las que mostraron el mejor comportamiento en cuanto a RFST, PSE, PSH y PST respectivamente a través de ambientes con 12.26, 4.689, 4.372 y 4.280 ton/ha.

Las variables que mostraron asociación positiva y significativa con el rendimiento de forraje seco fueron; Peso Seco de Espigas ( $r=0.815$ ), Peso Seco de Hojas ( $r=0.820$ ), y Peso Seco de Tallos ( $r=0.317$ ).

Las nuevas líneas de cebada forrajera imberbes se comportaron mejor que los testigos comerciales incluidos tanto en rendimiento de forraje como en otras características relacionadas con este, por lo que se consideran una buena alternativa por su rápido desarrollo ya que dichos materiales son capaces de producir alrededor de 100 Kg. de materia seca por hectárea por día.

## I. INTRODUCCIÓN

Muchas son las razones que hacen de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) un cultivo de gran importancia; su cultivo se remonta hacia los orígenes de la historia de la humanidad, de hecho se le considera como la primera planta cultivada ya que sus granos fueron utilizados para la elaboración de pan incluso antes que el trigo (Kent 1987). Plinio, citado por Robles (1983), asegura que la cebada fue el alimento más antiguo del hombre y algunos eruditos modernos la consideran como la primera planta cultivada.

Además de ser considerada esta especie como un cultivo muy antiguo, existen otras razones que hacen de la cebada una planta de gran importancia ya que: ocupa el cuarto lugar en cuanto a superficie sembrada en el mundo con más de 80 millones de hectáreas anualmente solo superada por el trigo, maíz y arroz; es una alternativa real como planta forrajera durante otoño-invierno; es un cultivo fuertemente tolerante a condiciones poco favorables como son escasez de agua y problemas de salinidad moderada en los suelos; presenta rápido desarrollo que le permite producir forraje y/o grano en relativamente menor tiempo y a menor costo en comparación con otros cereales; tiene adecuada calidad forrajera e industrial y constituye la principal materia prima de la popular industria cervecera (Oltjen y Bolsen 1980).

Indudablemente uno de los problemas más importantes en la producción de cultivos, sean estos para grano o forraje en la región norte de nuestro país es la cada vez más escasa y errática precipitación pluvial, otro aspecto que merece fuertemente de atención, es el hecho de que en estas áreas fundamentalmente semiáridas muchos suelos y a veces el agua de riego presentan problemas de sales que inhiben el establecimiento y desarrollo de muchos cultivos siendo en consecuencia otra limitante de la producción que reduce las áreas bajo explotación agrícola o ganadera.

La cebada como se sabe es un cereal invernal de amplia adaptación, sin embargo debemos destacar el hecho de que las variedades que actualmente se utilizan en nuestra área de influencia, fueron formadas y desarrolladas fundamentalmente en el Bajío mexicano en condiciones de suelo y agua considerados de alto potencial productivo, de modo que al establecerlas en el norte de México exhiben un comportamiento muy diferente al de aquellas áreas. Es pues importante desarrollar variedades con características apropiadas para esta región, considerando además los usos particulares que de ella se demandan, tal es el caso de la Comarca Lagunera, considerada la cuenca lechera más importante de México, en donde el objetivo fundamental de los cereales de invierno, es la formación de silos de alta calidad para alimentar vacas lecheras de alta producción.

Por todo lo anterior, se desarrolló el presente trabajo con la finalidad de obtener variedades de cebada específicamente forrajeras imberbes con alto potencial de rendimiento bajo las condiciones agroclimáticas prevalecientes en el área de influencia de la UAAAN bajo los siguientes objetivos e hipótesis.

#### **OBJETIVOS:**

- Evaluar el comportamiento en producción de forraje de 36 líneas uniformes de cebada forrajera imberbe y dos testigos (Cebada var. Cerro Prieto y Triticale var. Eronga-83) a través de cuatro ambientes.
- Determinar el grado de asociación de diferentes variables de importancia forrajera en la integración del rendimiento de materia seca mediante correlaciones fenotípicas.

**HIPÓTESIS:**

- El comportamiento de las líneas forrajeras imberbes evaluadas entre y dentro de ambientes, es diferente aun cuando son líneas hermanas.
- Las nuevas cebadas forrajeras imberbes en general se comportan mejor que los testigos comerciales incluidos tanto en rendimiento de forraje como en otras características relacionadas con este.

## II. REVISION DE LITERATURA

### ORIGEN BIOGEOGRÁFICO DE LA CEBADA

Su cultivo se conoce desde tiempos remotos. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura. En excavaciones arqueológicas realizadas en el valle del Nilo se descubrieron restos de cebada en torno a los 15.000 años de antigüedad, además los descubrimientos también indican el uso muy temprano del grano de cebada molido.

Poehlman (1981), cita que Vavilov describe 2 centros de origen. De un centro; Etiopía y África del Norte, proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que del otro centro; China, Japón, y El Tibet, proceden las variedades desnudas, de barbas cortas o imberbes y los tipos con granos cubiertos por caperuzas. El mismo autor cita que el género *Hordeum* comprende cerca de veinticinco especies, entre las que se encuentran tanto especies diploides ( $2N=14$ ), como tetraploides ( $2N=28$ ). Las especies diploides incluyen a las cebadas cultivadas como *H. vulgare* (de seis hileras); *H. distichum* (de dos hileras) y *H. irregulare* (intermedio entre las dos anteriores).

Dentro del tipo silvestre se encuentran *H. spontaneum*, *H. agriocrithon*, *H. pucillum*, entre otras. Las especies tetraploides no son cultivadas e incluyen solo especies silvestres como *H. murinum*, *H. bulbosum*, *H. jubatum*, *H. nodosum*.

Las cebadas cultivadas se han clasificado recientemente dentro de tres especies: *H. vulgare*, *H. distichum* y *H. irregulare*. Estas especies se describen como sigue:

*Hordeum vulgare*. De seis carreras con tres florecillas fértiles en cada uno de los nudos del raquis: a) Grupo típico con seis carreras, los granos

laterales son ligeramente más pequeños que los del centro, b) grupo intermedio, con granos laterales ligeramente más pequeños que los del centro.

*Hordeum distichum*. De dos carreras, solamente las flores de la hilera central producen granos normalmente: a) grupo típico de dos carreras, las florecillas laterales tienen sus órganos sexuales reducidos, b) grupos deficientes, las florecillas laterales no tienen órganos sexuales.

*Hordeum irregulare*. Las florecillas centrales son fértiles, las florecillas laterales pueden ser fértiles, estériles, sin sexo, estando distribuida de un modo irregular la producción de la misma en la espiga.

## CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La planta de la cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica de la Cebada

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Tracheophyta
<b>Subdivisión</b>	Pterosidae
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Subclase</b>	Monocotiledonea
<b>Grupo</b>	Glumiflora
<b>Orden</b>	Graminales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Género</b>	Hordeum
<b>Especie</b>	vulgare

## **BOTÁNICA DE LA PLANTA DE CEBADA.**

Robles (1983), establece que la cebada tiene un hábito de crecimiento anual, con tendencia a convertirse en perenne bajo condiciones muy especiales. Existen variedades de primavera e invierno. Las primeras tienen un ciclo corto de 80 a 90 días. Se siembran a fines de invierno o a principios de la primavera, usándose principalmente para la producción de grano. Las variedades de invierno poseen un ciclo hasta de 160 días, utilizándose principalmente para la producción de forraje.

**Raíz:** El sistema radical de la cebada es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con otros cereales. Desarrolla un sistema de raíces adventicias espesas al tiempo de amacollar.

**Flores.** La cebada es una planta sexual, monoica, hermafrodita y perfecta. La flor está encerrada dentro de una lema y una palea, el pistilo tiene un estigma con dos ramificaciones plumosas, en cada nudo de la espiga se forman tres florecillas. Las glumas tienen aproximadamente la mitad del tamaño de la lema en la mayor parte de las variedades y terminan en una delgada barba. En los tipos de seis carreras cada espiguilla lleva tres flores, y en los tipos de dos carreras solamente se desarrolla la flor central, y las florecillas laterales son estériles o vestigiales (Warren y Martín, 1970., citados por Zúñiga, 1987).

**Tallo:** el tallo llega a medir un promedio de 20 cm en las variedades cortas bajo condiciones de sequía y 154 cm en variedades altas en condiciones buenas de manejo ( Zúñiga, 1987). El número usual de tallos por planta es de 3 a 6 cuando la densidad de siembra es normal. Los tallos son cilíndricos, huecos y gruesos, formado por ocho entrenudos los cuales son ligeramente más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos; estos son gruesos.

**Hojas.** Las hojas de las plantas de cebada son más largas y de un color más claro que las de trigo, siendo en general lisas y rara vez pubescentes; su ancho varía entre 5 y 15 mm. Los cultivares primaverales se caracterizan por presentar hojas lisas; los cultivares invernales, por su parte, presentan hojas rizadas y más angostas.

Las hojas están compuestas por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula. La vaina de cada hoja envuelve la sección del tallo ubicada por sobre el nudo a partir del cual se origina; en la unión de la vaina con la lámina se observa un par de aurículas largas y abrazadoras, la lígula, por último, es lisa, corta y dentada.

**Inflorescencia.** Las inflorescencias corresponden a espigas, las cuales se caracterizan por ser compactas y generalmente barbadas. La espiga es una extensión del tallo, tiene un raquis en forma de zig-zag de 2.5 a 12.7 cm de longitud el cual cuenta con 10 a 30 nudos. La espiga está conformada por estructuras llamadas espiguillas, cada una integrada por el grano y dos glumas con barbas de longitud variable, lisa o aserrada, las cuales son alternas y están adheridas al raquis. Las variedades de 6 hileras tienen 25 a 60 granos por espiga mientras que las de 2 hileras tienen de 15 a 30 (Warren y Martín, 1970. citados por Zúñiga, 1987).

**Grano.** El grano de cebada es parte de un fruto denominado cariósido, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y la cubierta seminal (testa), están estrechamente unidas, siendo inseparables; el fruto, por lo tanto, es de carácter indehiscente.

El cariósido se presenta con la lemma y la palea adosadas, conformando por lo tanto un fruto vestido, sin embargo, existen variedades desnudas cuyo grano se encuentra libre de estas. El grano esta compuesto por



pericarpio, endospermo y embrión, el cual esta localizado en la parte dorsal del mismo. Su color puede ser crema, blanco, negro, rojo o azul. Los últimos colores son el resultado de pigmentos de antocianina. (Zúñiga, 1987).

### **IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

Pocos cultivos tienen la importancia social de la cebada, ya que de la producción de este cereal dependen económicamente más de 36,000 familias en las zonas temporaleras del país. El cultivo de la cebada tiene la ventaja que en países de invierno benigno se puede producir durante todo el año debido a su amplia adaptación, por lo cual se le considera de invierno y primavera.

Considerando las características que presenta la cebada en cuanto a su rusticidad, y tomando en cuenta que aproximadamente el 80% del área agrícola en nuestro país es de temporal, el aprovechamiento de este cultivo es de gran importancia para su establecimiento sobre todo en aquellas áreas en las que otros cultivos no prosperan. (Hernández, 1987)

A nivel mundial, la producción de cebada no tiene la misma relevancia que otros granos como el trigo, pero aún así, es materia prima importante en algunos países, principalmente en los en vías de desarrollo, ya que para las naciones industrializadas este grano es utilizado como alimento para animales y como malta (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Principales países productores de cebada a nivel mundial:

Países	Producción año 2001 (millones de toneladas)
Alemania	13.589
Australia	5.893
Canadá	11.103
República Checa	1.850
China	4.00
Dinamarca	4.100
España	6.944
E.E.U.U.	5.737
Finlandia	1.850
Francia	9.851
Irán	1.400
Kazajstán	2.330
Marruecos	1.216
Polonia	3.339
Reino Unido	6.690
Suecia	1.600
Turquía	6.600
Ucrania	7.100
México	0.639
Uruguay	0.225

Fuente: Internet 1.

## PRINCIPALES USOS DE LA CEBADA

En México la acentuada necesidad de grano para la alimentación animal y humana invita a la búsqueda de nuevas áreas en las que especies mejor adaptadas sean capaces de producir algún alimento para la creciente población. Al respecto Ramírez (1977) menciona los siguientes usos:

- En la alimentación animal o uso forrajero. La cebada proporciona mayor cantidad de proteínas y un mejor balance de aminoácidos; a la vez proporciona cantidades comparables de hidratos de carbono a los que proporcionan otros cereales empleados en las raciones alimenticias.
- Para la industria. De un 20 a un 25 por ciento de la producción de este cereal se emplea como fuente de malta, producto que sirve para la elaboración de cerveza y para obtener varios extractos y productos alimenticios; para este propósito son preferibles las cebadas de dos carreras que contienen menos proteína, su endospermo es más blanco y harinoso, además de tener una cubierta más delgada.
- Para el consumo humano. El uso de este cereal está restringido únicamente a la cebada perla, hojuelas para sopas y harina para la alimentación de infantes.
- Shands y Dicson (1953) citados por Vega (1994) dicen que puede utilizarse como cobertura vegetal para evitar la erosión del suelo durante el invierno.

### **LA CEBADA COMO PLANTA FORRAJERA.**

Diversos trabajos confirman que las distintas especies de cereales de grano pequeño son un recurso forrajero de buena calidad principalmente por ser plantas de rápido crecimiento, lo que las hace más eficientes en áreas de temporal y responden con facilidad a los estímulos de riego (Hart et al., 1971).

Bajo condiciones normales de crecimiento la cebada que produce alto rendimiento y buen peso por unidad de volumen es satisfactoria para su uso como forraje (Poehlman, 1981).

Robles (1983) al referirse a las características de crecimiento de las plantas de trigo reportó que a medida que van creciendo los tallos se producen nuevos brotes en la base de la planta, mismos que darán origen a nuevos tallos en número variable dependiendo principalmente de la variedad, aunque influyen otros factores. Esto tiene una explicación en el proceso de amacollamiento característico de las Poaceas (además de cebada, avena, centeno y triticale pertenecen a esta misma familia botánica).

Es importante considerar que las cebadas de dos hileras presentan características forrajeras superiores a su contraparte de seis hileras debido a su mayor capacidad de amacollamiento además de una mayor tolerancia a enfermedades y un mejor desarrollo del grano. Estas características y otras presentes en las cebadas de dos hileras son de importancia para el desarrollo de variedades mejoradas para alto rendimiento y resistencia a enfermedades, así como para la obtención de cebadas de doble propósito (producción de grano y forraje) tanto en este tipo de cebadas como en las de seis hileras. (Zúñiga, 1987).

## **CARACTERÍSTICAS DE UNA ESPECIE FORRAJERA**

Echeverri (1958) dice que las características más importantes de una especie forrajera de invierno son:

- Resistencia al frío para sobrevivir a las heladas.
- Resistencia a las enfermedades para que no se reduzca la producción ni la calidad del forraje.
- Tolerancia a la sequía y a las inundaciones.
- Capacidad para soportar periodos ocasionales de pastoreo
- Calidad nutricional del forraje
- Adaptabilidad para labores de cosecha.

También es conveniente que en las cebadas forrajeras se rompan fácilmente las barbas durante la trilla, en los países en donde se usa mucho la cebada para alimentación animal, generalmente ya se usan variedades imberbes. (Poehlman, 1981)

En resumen, una cebada para forraje deberá ser de barba suave o preferentemente imberbe, o de espiga cubierta (Flores, 1977).

### **CALIDAD FORRAJERA DE LA CEBADA**

Poehlman (1981), menciona que las cebadas que se utilizan para alimentación del ganado deben ser de alta productividad por lo que se busca:

- Elevado ahijamiento
- Elevado número de granos por espiga
- Alto peso hectolítrico
- Resistencia al acame
- Resistencia al desgrane
- Resistencia a enfermedades
- Elevado contenido de proteínas

El valor nutritivo del forraje va disminuyendo conforme avanza en edad, pero si la cebada se henifica antes de espigar, tendrá mucho mayor porcentaje de proteínas que si se henifica cuando ha madurado el grano.

Para la producción de forraje se debe elegir las variedades de cebada que produzcan la máxima cantidad de forraje húmedo (Morrison, 1956. citado por Gil, 1968).

## **MOMENTO ÓPTIMO DE CORTE PARA CEBADA FORRAJERA**

El momento óptimo de corte de los cultivos forrajeros utilizados como heno y como único alimento depende, además de los factores propios del cultivo, de los requerimientos del animal que va a ser alimentado. El momento óptimo de corte de cebada forrajera es en inicio de floración cuando se van a alimentar borregos en crecimiento u ovejas secas o en comienzos de gestación y en estado vegetativo, cuando se van a alimentar ovejas en gestación avanzada o lactancia; si el cultivo acepta más de un corte, el momento óptimo sería en estado vegetativo avanzado, independientemente del estado fisiológico de los ovinos (Orcarberro, 1983).

La cebada destinada para forraje debe segarse cuando las hojas y tallos aun estén verdes, pues de lo contrario el heno resulta poco apetecible. En las regiones semiáridas puede obtenerse un buen heno de cebada cortándolo un poco más tarde que en las regiones húmedas (Gil, 1968).

Sledler et al. (1988) citado por Salazar (1989) al pastorear novillos en cebada, triticale y trigo, encontraron que los valores para digestibilidad de los nutrientes, composición química del líquido y suero ruminal y la ganancia de peso variaron en el orden triticale=cebada>trigo.

Heinemann, (1986) encontró que las ganancias diarias promedio para novillos en crecimiento fueron similares con dietas que contenían igual proporción de ensilado de maíz, ensilado de cebada y ensilado de triticale.

Milloslavitch (1971), observó que la madurez fisiológica en los cereales afecta la calidad del forraje ya sea en verde o henificado.

## **CARACTERES AGRONÓMICOS DE LA PLANTA RELACIONADOS CON EL RENDIMIENTO**

Convento (1987), discute sobre la importancia de diferentes factores característicos de la planta que influyen en el rendimiento, de los cuales a continuación se presenta un breve resumen referente a cada uno de ellos.

### ➤ **Altura de planta**

Es el factor más importante para determinar la respuesta al nitrógeno en el arroz y trigo. Las plantas demasiado altas generalmente presentan acame temprano y efecto de disturbios en el movimiento de fotosintatos en el sistema vascular de la planta. También se ha encontrado una estrecha relación entre la altura de la planta y otras características tales como las hojas erectas y relación paja-grano.

En relación con el balance fotosíntesis-respiración, los tallos más cortos podrían minimizar la baja respiración por el tallo y de esta forma incrementar la ganancia neta. Por otro lado, la altura del tallo podría tener ciertas ventajas sobre los tallos cortos en la penetración de la luz.

### ➤ **Características de la hoja.**

Algunas características de la hoja están relacionadas con la habilidad para mayor rendimiento entre estas, la principal es la posición erecta de la hoja. El ángulo de la hoja con respecto al tallo está estrechamente correlacionado con la respuesta al nitrógeno en arroz, cebada y trigo.

Existe evidencia directa del efecto de hojas erectas en el incremento de la función fotosintética y, por lo tanto, de un aumento en el rendimiento del arroz. Por lo anterior, el ángulo de la hoja se ha utilizado con mucho éxito como un criterio de selección en el mejoramiento para alto rendimiento.

➤ **Capacidad de amacollamiento**

Esta se ha dividido en dos aspectos: el relacionado con el espacio que ocupan los tallos y el relacionado con la capacidad para producirlos, los tallos de una misma planta pueden estar juntos (tipo cerrado) o dispersos (tipo abierto), considerando al primero como deseable para altos rendimientos.

➤ **Espiga**

La relación paja-grano (índice de cosecha), es otro criterio importante en la selección de variedades para alto rendimiento. Existe una gran variación respecto a este factor entre las variedades de cebada, arroz, trigo, maíz y otros ya que este factor es influido por los niveles de nitrógeno, espaciamiento entre plantas, medio ambiente y en cierto grado la diferencia varietal, por lo cual este carácter es considerado como una característica varietal. Un incremento en el potencial de rendimiento de una variedad está usualmente asociado con un incremento en el índice de cosecha.

➤ **Capacidad de rendimiento**

La capacidad o potencial de rendimiento de un cereal puede ser formulado como:

Capacidad de rendimiento = (número de espigas por metro cuadrado) x (número de espiguillas por espiga) x (número de granos por espiga) x (tamaño potencial de grano).

De la fórmula anterior podemos deducir que:

Capacidad de rendimiento = (número de granos/m<sup>2</sup>) x (tamaño potencial de grano).

➤ **Peso de 1000 granos**

El peso de 1000 granos varía en razón de la densidad de las espigas, climatología del año, riqueza del suelo y la fertilización.



## **LA CEBADA COMPARADA CON OTROS CEREALES DE GRANO PEQUEÑO**

Ciha (1983) encontró que la cebada se compara favorablemente con avenas, triticale, y trigos en términos de producción de forraje y contenidos de proteína.

En evaluaciones de calidad forrajera, Castro (1976), reporta que en cebadas, avenas, centenos, trigo y triticales, no hubo diferencia en contenido de proteína entre las especies, encontrándose un promedio de 35 por ciento en las primeras etapas de desarrollo y un 7 por ciento a la mitad del espigamiento. Tampoco encontró diferencias entre especies para lignina. En cenizas la cebada presentó junto con triticale y trigo un nivel significativamente más alto, con un promedio de 15 por ciento en las seis etapas fenológicas.

Por otra parte, García (1989), al trabajar sobre potencial forrajero en avenas, cebadas y triticales en tres localidades de Navidad NL. bajo condiciones de temporal, encontró que la variedad de triticale Cananea 79 y la cebada Apizaco, tuvieron la mayor eficiencia de producción de materia seca por milímetro respectivamente con un rendimiento de tres a cuatro ton/ha. con una precipitación durante el ciclo de 391 milímetros.

Malm et al. (1973), estudiaron triticale, avena y centeno en 5 fechas de siembra, reportando que la producción de forraje fue diferente entre las especies y entre las fechas, aunque avena produjo bien, fue superada por cebada.

## **FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS FORRAJERAS**

Jiménez (1986) señaló que los principales factores que afectan el crecimiento de las plantas forrajeras son: clima (temperatura, radiación solar, precipitación); suelo (fertilidad, propiedades físicas, humedad, topografía); especie forrajera (potencial genético de producción, valor nutritivo, adaptabilidad); y manejo (fertilización, control de malezas, frecuencia e intensidad de corte o pastoreo).

El clima es la limitante básica de la producción de forrajes principalmente por la incidencia estacional de energía, bajas temperaturas y niveles críticos de agua (Jiménez, 1986).

Yoshida (1972), citado por Hernández (1987) menciona que la temperatura tiene una relación compleja con el desarrollo de las espiguillas, la madurez y el rendimiento del grano. Trabajando en medios ambientes controlados demostró que las temperaturas relativamente bajas incrementan el tamaño de la inflorescencia, el número de espiguillas, el número de flores por espiga y el rendimiento de grano en cebada, trigo y centeno.

Martínez (1979), menciona que los rendimientos obtenidos en distintos ciclos con avena forrajera tuvieron diferencias, siendo los ciclos con temperaturas frías, los que tuvieron mayor producción. Esto da una idea de que puede existir una tendencia a aumentar el rendimiento en los cereales a medida que la etapa de crecimiento del cultivo se encuentra en los meses con las más bajas temperaturas.

Aunado a los elementos climáticos anteriores está el agua, fundamental en el proceso fotosintético como donador de los átomos de hidrógeno necesarios en la formación de carbohidratos (Jiménez, 1986).

Muchas investigaciones han reportado efectos positivos entre mayor cantidad de lluvia o riego sobre la distribución y producción total de forraje (Jiménez, 1986)

## **ADAPTACIÓN.**

Bessudo y Carballo (1992) dicen que en los programas de mejoramiento se han desarrollado, por las condiciones de humedad, dos tipos de variedades; las de riego y las de temporal. Para ambos tipos de variedades es deseable que, en el caso particular de México, posean un alto grado de estabilidad de rendimiento, debido a la gran variabilidad de condiciones ambientales que se presentan en las regiones cerealeras aun en áreas relativamente pequeñas. En el mejoramiento genético, el proceso de selección se lleva a cabo en ambientes con un manejo de humedad acorde con las condiciones en que será cultivada la variedad; esto es, buscando adaptabilidad a las condiciones prevalecientes en las áreas de riego o en las de temporal. Aun cuando en lo general las variedades mejoradas expresan su mejor comportamiento a las condiciones para las que fueron seleccionadas; cabe la posibilidad de que algunas resulten con adaptabilidad amplia.

La única forma en la cual los factores ambientales como sequía, temperatura, sales, patógenos, etc; pueden afectar el rendimiento, es actuando sobre los procesos fisiológicos de la planta, por lo tanto, la única vía por la que los mejoradores pueden generar de alto potencial de rendimiento es produciendo genotipos que sean tanto estructural como fisiológicamente más eficientes en un ambiente particular. Asimismo, se considera que uno de los objetivos que debe tener en mente el fitomejorador es el producir variedades que estén bien adaptadas a las variaciones ambientales impredecibles (fluctuaciones en el clima en función del tiempo). Estas variedades deben ser amortiguadoras, es decir, que sean hábiles en ajustar sus procesos vitales y

escapar a las fluctuaciones impredecibles del ambiente, manteniendo su rendimiento en un nivel alto (Borrego, 1989).

Algunos términos relacionados son: plasticidad, homeostasis y adaptabilidad

### **Plasticidad.**

Es la modificación en la expresión de un carácter por influencias ambientales. No incluye la variación de tipo genético y puede considerarse como equivalente a la falta de homeostasis.

La plasticidad puede manifestarse de dos formas: morfológica y fisiológica. Fisiológicamente es difícil de observar, la mayoría de las evidencias son morfológicas; la plasticidad no tiene ninguna implicación y relación al valor adaptativo de los cambios que ocurren, no obstante, muchos tipos de plasticidad pueden dar efectos adaptativos importantes (Bradshaw 1965, citado por Salazar, 1989).

### **Homeostasis Genética**

Hernández (1987) la define como la capacidad de una población para mantener su frecuencia génica en una situación óptima de valor adaptativo y asocia la uniformidad fenotípica a través de los ambientes con una mayor heterocigosidad.

Este mismo autor señala que los genotipos heterocigotes presentan mayor capacidad de amortiguamiento cuando son cultivados en diferentes ambientes y los genotipos homocigóticos son altamente afectados por el ambiente en general.

Rodríguez (1982) citado por Hernández (1987) explica que las diferentes variedades de un cultivo determinado presentan diferente comportamiento según el área geográfica donde son utilizados, por lo cual es importante

identificar esas variedades por su estabilidad de rendimiento, esto es con el fin de determinar variedades estables, las cuales presentan buena adaptación a los diferentes ambientes, variedades que rindan mejor en ambientes de alto potencial y variedades que se comportan bien en ambientes desfavorables. Conociendo los factores antes señalados trae como consecuencia la mayor utilización de las variedades, las cuales al expresar su máximo potencial optimizan su rendimiento en una área determinada.

Hay dos tipos de adaptación: amplia y local. La adaptación amplia es característica de variedades que son capaces de producir un rendimiento alto y estable en diferentes localidades; la adaptación local es presentada por variedades con un rendimiento consistentemente estable sobre las fluctuaciones estacionales y anuales del ambiente en un sitio especial (Hernández, 1987)

Simmonds (1962) citado por Colín (1986) describe cuatro tipos de adaptación:

#### Adaptación Genotípica Específica

Es la adaptación estrecha de un genotipo correspondiendo a un ambiente limitado, ejemplo: el arroz que se produce en áreas de aguas profundas, desarrolla rápidamente su tallo debido a la capacidad de rápida elongación de los entrenudos durante el anegamiento, característica esencial de su adaptación específica.

#### Adaptación Genotípica General

Es la capacidad de un genotipo para producir una serie de fenotipos compatibles con una variedad de ambientes. Un ejemplo de esto, son los trigos y arroces semienanos que se pueden cultivar sobre una amplia gama de condiciones ambientales.

### Adaptación Poblacional Específica

Es la adaptación específica de una población heterogénea atribuible a interacciones entre sus componentes, más bien que a la adaptación de los componentes por sí mismos, ejemplo: un compuesto o una mezcla varietal que presenten producción estable corresponden a esta categoría.

### Adaptación Poblacional General

Es la capacidad de poblaciones heterogéneas de adaptarse a una serie de ambientes. Las variedades sintéticas de los cultivos forrajeros pertenecen a esta categoría.

Algunos factores que influyen en la adaptación de la cebada son: sensibilidad al fotoperíodo y la resistencia a plagas y enfermedades. Variedades sensibles al fotoperíodo florecen sólo cuando se tienen días de cierta duración, de modo que el período de crecimiento de los tipos sensibles se alarga o se acorta por la duración del día durante el ciclo del cultivo. Los tipos no sensibles tienen un período de crecimiento más bien fijo, sean sembrados cerca o lejos del ecuador y de allí su adaptación, por lo cual una de las formas de obtener una mejor adaptación es rompiendo la sensibilidad al fotoperíodo.

En el mejoramiento de variedades para producción regional, se adopta uno de los dos métodos siguientes:

1. Desarrollo de variedades bien adaptadas al amplio espectro de ambientes que pueden existir en el área de mejoramiento.

Estas variedades están caracterizadas por su baja variabilidad, propiamente identificadas cuando las pruebas de selección realmente representen adecuadamente la población ambiental.

2. Desarrollo de algunas variedades, cada una ampliamente adaptada a una subregión definida estrechamente, con un ambiente relativamente uniforme.

La ventaja de este método es que las pruebas de selección pueden mostrar una menor varianza de interacción genotipo por ambiente y una gran variación genética, lo que resulta en un mejoramiento genético más fácilmente obtenido.

La selección entre los dos métodos para una región particular dependerá de la magnitud de la interacción genotipo por localidad, así como otras prácticas y consideraciones económicas (García, 1989).

### **Adaptabilidad**

Borrego (1989) dice que es la capacidad para modificar la aptitud de sobrevivir al cambiar el ambiente; propiedad por la cual los organismos capacitados sobreviven y se reproducen en ambientes fluctuantes. Habilidad genética que resulta de la estabilización en las interacciones genético-ambientales, a través de reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos, habiendo sido heredado tal carácter por medio del proceso evolutivo.

Menciona también que en las plantas la adaptabilidad es una capacidad genética de las variedades para producir un rendimiento alto en ambientes diferentes.

Allard y Hanshe (1964) citados por Salazar (1989) marcan un postulado en genética de poblaciones que dice: “la adaptación y la adaptabilidad son antagónicas y para lograr mejorar la primera se requiere que la población bajo selección sea genéticamente variable; el antagonismo se manifiesta porque al mejorar la adaptación la variabilidad se reduce y esto tiene como consecuencia una reducción en la capacidad para el cambio.

## CORRELACIONES

Resulta de gran interés en la práctica de fitomejoramiento el determinar el grado de asociación entre dos variables, en este caso entre el rendimiento y cada uno de los caracteres agronómicos evaluados.

La correlación es una relación mutua entre dos caracteres o cosas, de tal manera que un aumento o disminución en una, va generalmente asociada con un aumento o disminución de la otra. La correlación lineal está determinada por el coeficiente de correlación "r", cuyo valor puede variar de -1 a +1. Las correlaciones observadas en una población, son solamente aplicables a las poblaciones específicamente analizadas, ya que en otras poblaciones las asociaciones y correlaciones pueden ser totalmente diferentes (Robles, 1983).

La correlación entre distintos caracteres, ha constituido un camino para ahorrarse esfuerzo y tiempo en la selección de genotipos superiores. La existencia de correlaciones negativas en algunas circunstancias, determinan el malogramiento de esfuerzos, el conocimiento previo ayuda a la elección de procedimientos genéticos o métodos para prevenirla (Hernández, 1987)

Robinson, *et al.* (1951), citados por Hernández (1987) exponen que el grado de correlación genotípica y fenotípica de los caracteres, es también importante, además, estas correlaciones tienen no solo interés teórico en cuanto a la herencia cuantitativa de los caracteres, sino desde el punto de vista práctico, ya que la selección es usualmente concerniente en el cambio de dos o más caracteres simultáneamente, y un mejorador experimentado tiene ciertas características deseables en su mente cuando selecciona para genotipos particulares y de esta manera aplica varios criterios para diferentes características que le permiten tomar decisiones.



Menciona también que la mayoría de las características de importancia económica, como el rendimiento, son complejos en herencia y podrían involucrar algunos caracteres relacionados, por ello el grado de correlación genotípica y fenotípica de los caracteres también es importante

Poehlman (1981) menciona que la capacidad intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta como el amacollamiento, la longitud y densidad de la espiga, el número de granos por espiguilla y el tamaño del grano. Sin embargo, ninguno de estos componentes físicos del rendimiento puede considerarse por sí mismo como un índice de rendimiento.

Reyna (1979) citado por Convento (1987), menciona que los índices más eficientes en cebada, son aquellos que incluyen los siguientes caracteres: Rendimiento, espiguillas por espiga, granos por espiga, macollos efectivos, relación grano paja y el área foliar de la hoja bandera.

Colín (1986) en una evaluación de 25 genotipos de triticales para rendimiento y sus componentes en la región de Navidad, N.L. durante el ciclo 1984-1985, encontró correlación positiva y significativa entre rendimiento, peso de 1000 granos y altura de planta.

López (1986) en un ensayo sobre la caracterización de 50 genotipos de trigo harinero, por su capacidad de rendimiento y otras variables agronómicas en la región de Navidad N.L., encontró correlación significativa entre rendimiento con tallos por metro cuadrado, días a espigamiento y peso de 1000 granos, y que los caracteres que mostraron la más amplia variabilidad genética fueron: tallos por metro cuadrado, altura de planta y peso de 1000 granos

Convento (1987), en una investigación con 25 genotipos de cebada encontró una correlación altamente significativa y positiva para rendimiento y madurez fisiológica; rendimiento y peso hectolítrico; longitud de espiga y peso hectolítrico; y altura de planta y madurez fisiológica, concordando con los resultados obtenidos por Seth, *et al.*, (1972) quienes trabajaron con variedades de cebada desnuda reportaron una correlación positiva y significativa para rendimiento y madurez fisiológica. Además, de correlaciones significativas y positivas para peso de 1000 granos y longitud de espiga; y peso de 1000 granos y peso hectolítrico.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **Localización y Descripción de Los sitios Experimentales**

El presente trabajo se realizó en cuatro diferentes ambientes: Celaya Guanajuato; dos fechas de siembra en Ampuero, Torreón, Coahuila y en Navidad, Nuevo León, con la ubicación geográfica y condiciones climáticas que se citan a continuación:

#### **Celaya, Guanajuato.**

Latitud: 20° 32' N  
Longitud: 100° 49' W  
Altitud: 1754 msnm  
Temperatura media anual: 20° C  
Precipitación pluvial media anual: 597 mm.

#### **Ampuero, Torreón, Coahuila.**

Latitud: 25° 33' N  
Longitud: 103° 26' W  
Altitud: 1137 msnm  
Temperatura media anual: 22.6° C  
Precipitación pluvial media anual: 217.1 mm.

#### **Navidad, NL**

Latitud: 25° 04' N  
Longitud: 100° 56' W  
Altitud: 1895 msnm  
Temperatura media anual: 14.4° C  
Precipitación pluvial media anual: 400 mm.

## Desarrollo del Experimento en Campo

### Material Genético utilizado

El material genético consistió en 36 Líneas experimentales de cebada forrajera imberbe desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN, la variedad comercial de cebada Cerro Prieto, así como un triticale de hábito primaveral (Var. Eronga-83) ambos utilizados como testigos (cuadro 3.1).

Cuadro No. 3.1. Genotipos utilizados en la presente investigación

1. BUENAVISTA-1903	20. BUENAVISTA-1944
2. BUENAVISTA-1904	21. BUENAVISTA-1946
3. BUENAVISTA-1907	22. BUENAVISTA-1948
4. BUENAVISTA-1909	23. BUENAVISTA-1955
5. BUENAVISTA-1910	24. BUENAVISTA-1956
6. BUENAVISTA-1911	25. BUENAVISTA-1973
7. BUENAVISTA-1912	26. BUENAVISTA-1975
8. BUENAVISTA-1914	27. BUENAVISTA-1976
9. BUENAVISTA-1915	28. BUENAVISTA-1977
10. BUENAVISTA-1916	29. BUENAVISTA-1980
11. BUENAVISTA-1918	30. BUENAVISTA-1981
12. BUENAVISTA-1923	31. BUENAVISTA-1982
13. BUENAVISTA-1924	32. BUENAVISTA-1983
14. BUENAVISTA-1925	33. BUENAVISTA-1985
15. BUENAVISTA-1926	34. BUENAVISTA-1986
16. BUENAVISTA-1927	35. BUENAVISTA-1990
17. BUENAVISTA-1928	36. Ceb. Forr. P3
18. BUENAVISTA-1929	37. Cerro Prieto
19. BUENAVISTA-1943	38. Triticale var. Eronga-83

### Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en las labores tradicionales utilizadas para el establecimiento de cereales de grano pequeño de invierno en

las diferentes regiones donde se siembra bajo condiciones de riego, esto es, barbecho, rastreo y nivelación.

Las labores de cultivo para cada ambiente se describen a continuación:

#### **Ampuero, Torreón Coah. 2002-2003**

- Riego de siembra: 24 de diciembre del 2002.
- Dosis de fertilización: 82-46-00, las fuentes fueron Sulfato de Amonio y superfosfato triple, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y el resto del nitrógeno al 2° riego de auxilio.
- Fecha de muestreo (corte de forraje): 9 de abril del 2003.

#### **Ampuero, Torreón Coah. 2003-2004**

- Riego de siembra: 26 de noviembre del 2003.
- Dosis de fertilización: 82-46-00, las fuentes fueron Sulfato de Amonio y superfosfato triple, se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y el resto del nitrógeno al 2° riego de auxilio.
- Fecha de muestreo (corte de forraje): 25 de marzo del 2004.

#### **Celaya, Gto. 2002-2003**

- Riego de siembra: 20 de diciembre del 2002.
- En este ambiente no se aplicaron fertilizantes.
- Fecha de muestreo (corte de forraje): 21 de marzo del 2003.

En los tres ambientes anteriores el control de malezas se realizó de forma manual

#### **Navidad N. L. 2002-2003**

- Riego de siembra: 19 de febrero del 2003
- Dosis de fertilización: 120-80-00 total, a la siembra 80-80-00 y 40-00-00 al segundo riego de auxilio, las fuentes fueron Urea y Fosfato Monoamónico (MAP).

- Fecha de muestreo (corte de forraje): 6 de junio del 2003
- Control de malezas: se aplicó 1 litro de hierbamina/ha el 1 de abril del 2003

En todos los ambientes el sistema de riego fue aspersión portátil excepto en Celaya que fue por gravedad en surcos.

Cada parcela experimental fue de 3.6 m<sup>2</sup>. y el corte de forraje (parcela útil) se realizó en un área con competencia completa, cortando aproximadamente a 5 cm. sobre la superficie del suelo. El tamaño de la parcela útil para los cuatro ambientes fue de 0.3 m<sup>2</sup>.

Se determinó el peso fresco (forraje verde), sin embargo, los datos de este no se presentan porque no fue posible cuantificarlo en todos los ambientes inmediatamente después del muestreo

Con el objetivo de determinar el peso seco, los materiales una vez cortados de llevaron a secar bajo asoleadero cubierto hasta secado total en equilibrio ambiental y posteriormente se procedió a realizar la separación manual de espigas, hojas y tallos; los datos así obtenidos fueron expresados en toneladas por hectárea.

### **Datos registrados**

- ❖ Rendimiento de Forraje Seco Total (RFST): se determinó mediante la sumatoria del Peso Seco de Espigas (PSE), Peso Seco de Hojas (PSH) y Peso Seco de Tallos(PST).
- ❖ Peso Seco de Espigas. Se pesó la totalidad de espigas para cada ambiente y los resultados fueron expresados en toneladas por hectárea.
- ❖ Peso Seco de Hojas. Se pesó la totalidad de hojas para cada ambiente y se expresaron en toneladas por hectárea.
- ❖ Peso Seco de Tallos. Se pesó la totalidad de tallos para cada ambiente y los resultados fueron expresados en toneladas por hectárea.

- ❖ Altura de planta: (AP) se tomó en cm. en cada parcela útil desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la mayoría de las espigas.
- ❖ Etapa Fenológica: (EZ) se determinó mediante la estimación visual en campo considerando el estadio que se presentó en más del 50% de la parcela de acuerdo a la Escala de Zadoks.

### **Análisis estadístico**

El modelo del diseño bajo el cual se efectuó el análisis de varianza para cada una de las variables consideradas en el experimento, fue el de bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada ambiente.

### **Análisis de varianza individual.**

Este se realizó para cada localidad y variable bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + r_j + l_{ij}$$

Donde :

$Y_{ij}$  = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$t_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$r_j$  = Efecto de la j-ésima repetición.

$l_{ij}$  = Efecto del error experimental.

$i = 1, \dots, t$  (tratamientos).

$j = 1, \dots, r$  (repeticiones)

Calculando y reportando la cantidad respectiva de cada fuente de variación, de acuerdo al Cuadro 3.2.

### **Análisis de varianza Combinado**

El análisis global del rendimiento y el resto de las variables se realizó utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_{jk} + \tau_k + (\tau)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde :

$Y_{ijk}$  = es la observación del  $i$ -ésimo tratamiento, en la  $j$ -ésima repetición del  $k$ -ésimo ambiente.

$\mu$  = efecto de la media general

$t_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$r_{jk}$  = efecto de la  $j$ -ésima repetición anidada en el  $k$ -ésimo ambiente.

$\tau_k$  = efecto del  $k$ -ésimo ambiente.

$(t\tau)_{ik}$  = Efecto de la interacción tratamiento por ambiente.

$\epsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental.

Para fines de este análisis se consideran los tratamientos fijos y las localidades como una muestra aleatoria de los diferentes ambientes donde es factible la producción de cebada forrajera; participando la variación en la forma que aparece en el Cuadro 3.3.

### Comparación de medias.

Se utilizó la prueba de comparación de medias de diferencia mínima significativa (DMS), por ser sencilla, y eficiente, que se calcula con la fórmula siguiente:

$$DMS = t_{\alpha} \sqrt{\frac{2CMe}{r}}$$

Donde :

DMS = Diferencia Mínima Significativa

$t_{\alpha}$  = Valor tabulado y  $(\alpha)$  nivel de significancia.

$CMe$  = Cuadrado medio del error.

$r$  = Repeticiones.



Cuadro 3.2. Características del Análisis de Varianza individual para las diferentes variables estudiadas.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F .C	Suma de Cuadrados
Tratamientos	t-1	$CM_3$	$CM_3 / CM_1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Yi.^2}{r} - \frac{Y..^2}{rt}$
Bloques	r-1	$CM_2$	$CM_2 / CM_1$	$\sum_{j=1}^r \frac{Y.j^2}{t} - \frac{Y..^2}{rt}$
Error Experimental	(t-1) (r-1)	$CM_1$		SC Tot.-(SCt+SCB)
Total	tr-1			$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Yij^2 - \frac{Y..^2}{rt}$

Cuadro 3.3. Características del análisis de Varianza Combinado para las diferentes variables estudiadas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F. C	Suma de Cuadrados.
Ambiente	a-1	$CM_5$	$CM_5/CM_4$	$\sum_k \frac{Y..k^2}{rt} - \frac{Y...^2}{rta}$
Rep/Ambiente	(r-1)a	$CM_4$	$CM_4/CM_1$	$\sum_j \frac{Y.jk^2}{t} - \sum_k \frac{Y..k^2}{rt}$
Tratamientos	(t-1)	$CM_3$	$CM_3/CM_1$	$\sum_t \frac{Yi..^2}{ra} - \frac{Y...^2}{rta}$
Trat.*Ambiente	(t-1)(a-1)	$CM_2$	$CM_2/CM_1$	$\sum_{ik} \frac{Yi.k^2}{r} - \sum_i \frac{Yi..^2}{ra} - \sum_k \frac{Y..k^2}{rt} + \frac{Y...^2}{rta}$
Error Exp.	(t-1)(r-1)a	$CM_1$		POR DIFERENCIA
Total	t r a -1			$\sum_{ijk} Yijk^2 - \frac{Y...^2}{rta}$

Estas se realizaron tanto a los análisis de varianza individuales, como al análisis de varianza combinado, con niveles de significancia según el grado en que se presentan las diferencias entre genotipos o tratamientos. Asimismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento, utilizando la siguiente fórmula:

$$C.V. = \sqrt{\frac{CMEE}{\bar{X}}} \times 100$$

Donde: C.V.= Coeficiente de variación en unidades porcentuales

CMEE= Cuadrado medio del error experimental

$\bar{X}$  = Media general del carácter

### Correlaciones

Se procedió a establecer las correlaciones entre las diferentes variables estudiadas para conocer su grado de asociación por medio de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{txty}$$

Donde:

$r$  = Coeficiente de correlación

$\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})$  = Suma de productos cruzados de las variables  $x$ ,  $y$ .

$tx$  = Desviación estándar de la variable  $x$ .

$ty$  = Desviación estándar de la variable  $y$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Resultados de los análisis de varianza individuales correspondientes a cada uno de los ambientes.**

### **Ambiente 1. Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2002-2003**

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados de los análisis de varianza individuales realizados a cada una de las variables en este ambiente. Se encontró alta significancia en la fuente de variación Repeticiones para las variables Rendimiento de forraje seco total (RFST), Peso seco de espiga (PSE), Peso seco de hojas (PSH), Peso seco de tallos (PST) y Altura de planta en cm. (AP), mientras que para la variable Escala de Zadoks (EZ) no se encontró diferencia significativa. Para la fuente de variación Tratamientos, se registró diferencia altamente significativa para las variables PST, AP y EZ; en la variable PSE se encontró diferencia significativa ( $P=0.05$ ) y en las variables RFST y PSH no hubo significancia.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza individuales en Ampuero, Torreón, Coah. Ciclo 2002-2003.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>RFST</b>	<b>PSE</b>	<b>PSH</b>	<b>PST</b>	<b>AP</b>	<b>EZ</b>
Repeticiones	2	20.432**	4.228**	1.158**	2.165**	80.482**	2.140 NS
Tratamientos	37	2.813 NS	1.142*	0.266 NS	0.734**	74.544**	46.710**
Error	74	2.976	0.729	0.209	0.399	16.969	4.564
Total	113						
CV		16.83%	18.75%	24.61%	16.46%	3.80%	2.42%

NS, \*, \*\*; No significativo, significativo al cinco y uno por ciento respectivamente

Debido a que se encontró diferencia significativa para tratamientos o variedades en la mayoría de las variables, se realizó la Prueba de Comparación de Medias DMS al nivel de probabilidad 0.05 (Cuadro 4.2), encontrándose los siguientes resultados:

En la variable RFST se encontró que en las líneas experimentales BV-1911, BV-1943, BV-1912, BV-1904 y BV-1910 se obtuvieron los más altos rendimientos con 12.34, 12.03, 11.95, 11.92 y 11.90 ton/ha. respectivamente, las cuales fueron estadísticamente iguales a 27 genotipos más. En el caso de los testigos comerciales la variedad de triticale Eronga-83 fue la que tuvo el más alto rendimiento de forraje seco con 10.18 ton/ha., pero aun así, la línea BV-1911(tratamiento 6) fue 17.50 por ciento superior numéricamente; es decir, 2.16 ton/ha más.

Para la variable PSE, los resultados de la prueba de comparación de medias muestran que las líneas BV-1904, BV-1910, BV-1909, y BV-1911 obtuvieron la mayor cantidad de peso seco de espiga con 5.833, 5.823, 5.650, 5.50 ton/ha. respectivamente, siendo estadísticamente iguales al testigo comercial Cerro Prieto que obtuvo 5.643 ton/ha. para esta variable, el triticale Eronga-83 exhibe el valor más bajo con 3.277 ton/ha. probablemente debido a menor desarrollo fenológico al momento del corte (estadio 72.33 de Zadoks).

En el caso de la variable PSH, se encontró que las líneas BV-1985, BV-1943 y BV-1956 registraron los mayores valores con 2.567, 2.533, 2.510 ton/ha. Respectivamente; es importante mencionar que la línea BV-1985, que fue la que obtuvo el mayor peso seco de hoja rindió 22.48 por ciento más que el testigo que se comportó mejor para esta variable que fue Eronga-83 con 1.99 ton/ha.

Para la variable PST, se tiene que las líneas que obtuvieron los mayores valores fueron BV-1912, BV-1911, BV-1956 y BV-1946 (4.953, 4.6, 4.423 y 4.377 ton/ha respectivamente) las cuales fueron estadísticamente iguales al testigo comercial Eronga-83 con 4.91 ton/ha; por otra parte, la variedad con el mayor PST (BV-1912) fue 42.52 por ciento superior a el testigo comercial Cerro Prieto.