

**Producción de Materia Seca, Valor Nutritivo e Interacción
Genotipo Ambiente en Líneas Imberbes de Cebada Forrajera**

MODESTO COLIN RICO

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial
Para Optar al Grado de
Maestro en Ciencias
en Fitomejoramiento**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
Programa de Graduados
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2007**

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

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: _____

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río

Asesor: _____

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Asesor: _____

Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor: _____

Dr. Jorge Raúl González Domínguez

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila. Noviembre 2007

AGRADECIMIENTOS

Al fondo sectorial SAGARPA – CONACYT por el apoyo financiero al proyecto: Generación de Variedades de Cebada Forrajera Imberbe para la Comarca Lagunera del cual se deriva este documento de tesis.

A los Drs. Víctor Manuel Zamora Villa y Alejandro Javier Lozano del Río, por su incondicional colaboración, asesoría, solidaridad y desinteresada amistad sin los cuales no solo este trabajo sino todo nuestro quehacer en lo personal y profesional habría sido posible.

A los Drs. Fernando Borrego Escalante y Jorge Raúl González Domínguez, por sus aportaciones para el enriquecimiento de este documento y por la motivación que me han conferido al compartir sus invaluable enseñanzas y experiencias.

Al personal técnico y de campo de las diferentes localidades donde se llevó a cabo el experimento, especialmente a los Ings. Jesús Santana, Carlos Efrén Ramírez, Jesús Muñoz, Martín Delgado y Antonio Hernández. Igualmente a los Srs. Jesús Rodríguez, Enrique Morales, Don Alejandro, Gildardo Rosas y Gil Pecina.

Agradezco infinitamente a Dios, el máximo mejorador de todos los tiempos y las especies.

A mi siempre entrañable “Alma Mater”.

DEDICATORIA

Con amor para mi esposa Martha A. Jaramillo Sánchez, como una pequeña muestra de gratitud por su paciencia, comprensión, motivación y sacrificio; a mis hijos a quienes espero sirva de estímulo para que dediquen su mayor esfuerzo y aspiren a una vida mejor para ellos y que cultiven siempre un espíritu de servicio hacia la sociedad. Por lo anterior y por todo lo que representa su presencia en mi vida.

Con mucho cariño, respeto y admiración a mis padres, hermanos, primos, sobrinos y a toda mi familia política por todo cuanto he recibido de cada uno de ellos.

A mis amigos y compañeros por la confianza depositada en mi propósito de superación, especialmente a: Rubén, Humberto, Chava, Larios, Tijerina, Antonio Carlos, Luis Martín, Gil y Nieto por los momentos compartidos.

A todos aquellos de quienes he aprendido como ser pero especialmente a quienes me han enseñado consiente o inconscientemente como no ser.

COMPENDIO

**Producción de Materia Seca, Valor Nutritivo e Interacción Genotipo
Ambiente en Líneas Imberbes de Cebada Forrajera**

POR

MODESTO COLIN RICO

MAESTRO EN CIENCIAS

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE, 2007

Dr. ALEJANDRO JAVIER LOZANO DEL RIO -Asesor-

Palabras clave: Cebada imberbe, cebada forrajera, producción de forraje
invernal, interacción genotipo – ambiente, AMMI, correlaciones.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de 26 líneas uniformes de cebada imberbe en cuanto a producción, calidad y estabilidad del rendimiento de forraje seco en comparación con avena, trigo y triticale a través de dos fechas de muestreo, se condujo la presente investigación en cuatro localidades del Estado de Coahuila (“Las Vegas”, Mpio., de Francisco I. Madero, ciclos O-I 05-06; “San Ignacio”, 05-06 y “El Retiro”, 06-07 ambos en el Mpio. de San Pedro de las Colonias), así como Zaragoza, 05-06 y 06-07 además de Navidad, N.L. 06-07 (siete ambientes en total).

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones para las variables de campo y dos para las variables de calidad, la densidad de siembra fue de 85 kg/ha, el tamaño de parcela experimental fue de 6.3 m² en tanto que la parcela útil consistió en 0.175m²; en campo se registraron rendimientos de forraje seco (FS), altura de planta (ALT) y etapa fenológica al corte (ETAPA); en tanto que la variables de calidad consideradas fueron entre otras proteína cruda ajustada base seca (PCABS), fibra ácido detergente (FDA), fibra detergente neutro (FDN), energía neta de lactancia (ENL), máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN) y valor relativo del forraje (VRF). Se hicieron análisis de varianza individuales y combinados para forraje seco en ambos muestreos, cuando fue significativa la interacción genotipo ambiente (IGA) se realizó su análisis mediante el método AMMI. Adicionalmente se calcularon correlaciones entre pares de variables.

Las cebadas en general presentaron un mejor comportamiento en la producción de forraje seco a través de ambientes en comparación con los

testigos de diferente especie en ambos muestreo, destacando los genotipos Cerro Prieto, Narro-95-02, Narro-482-02, Narro-218-02 y Narro-154-02, los cuales promediaron 9.55 t ha^{-1} en tanto que los testigos presentaron en promedio 6.72 t ha^{-1} en el primer muestreo, lo que representa una superioridad de más de 40% de esas cinco cebadas sobre los testigos. Con referencia al segundo muestreo, el mejor comportamiento a través de ambientes lo presentaron los genotipos Narro-218-02, Narro-95-02, Narro-482-02 y Narro-274-02 con un promedio entre ellos de 12.63 t ha^{-1} cuando triticale, trigo y avena promediaron 9.39 t ha^{-1} .

Las líneas más destacadas y deseables son; Narro-95-02, Narro-154-02, Narro-218-02 y Narro-482-02 ya que además de rendidoras, presentaron poca interacción con el ambiente de acuerdo a los resultados del modelo AMMI.

Por lo que respecta al valor nutritivo en los dos ciclos (05-06 y 06-07), trigo, triticale y avena exhibieron en general un comportamiento superior a la mayoría de las cebadas para el primer muestreo, debido posiblemente a su menor etapa fenológica pero en contraste para el segundo fueron las cebadas las que mostraron superioridad para la mayoría de las características.

Por lo que a correlaciones entre variables se refiere, destacan las asociaciones negativas y altamente significativas entre PCABS y las dos fibras (FDN y FDA), éstas a su vez con VRF, CZAS, TND y las energías. En sentido positivo, se asociaron PCABS con VRF y ETAPA con las tres energías (ENL, ENM y ENG) y VRF, esta última relación se presenta principalmente en cebada.

Lo anteriormente expuesto permitió concluir que: Todas las cebadas observaron un comportamiento superior en cuanto a rendimiento a través de ambientes en comparación con los testigos de diferentes especies en ambos muestreos.

En cuanto a calidad forrajera del primer muestreo, trigo, triticale y avena exhibieron en general un comportamiento superior a la mayoría de las cebadas pero con rendimientos de forraje mucho menores. Sin embargo en el segundo muestreo, fueron las cebadas las que mostraron superioridad para la mayoría de las características de calidad; en cebada y en especial para las nuevas líneas imberbes, se mantiene adecuada calidad aun en etapas avanzadas de su desarrollo, lo que las hace más atractivas para su utilización en áreas como la Comarca Lagunera y otras de condiciones parecidas.

ABSTRACT

Dry matter production, Nutritive value and Genotype – Environment
Interaction of Awnless forage barley lines

By

MODESTO COLIN RICO

MASTER'S DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER, 2007

Dr. ALEJANDRO JAVIER LOZANO DEL RIO -Advisor-

Key words: Awnless barley, forage barley, winter forage production, genotype – environment interaction, AMMI, correlations.

Was conducted this research in four locations of Coahuila State: (“Las Vegas”,

fall/winter seasons 05-06 and 06-07; “San Ignacio”, fall/winter season 05-06; “El Retiro”, fall/winter season 06-07; Zaragoza, fall/winter seasons 05-06 and 06-07, and Navidad, N.L., fall/winter season 06-07), with the purpose of evaluating the performance of 26 uniform lines of awnless barley for forage production, quality and dry matter yield stability in comparison with oats, wheat and triticale across two sampling dates. A randomized complete block design with three replications was used for the field variables and two replications for quality variables. Seeding rate was 85 kg/ha. The plots were 6.3 m², and effective plot size was 0.175 m². In field were measured the following parameters: dry forage yield (DF), plant height (PH), and phenological stage (PS). The quality parameters measured were: protein content (PC), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), net energy lactation (NEL), maximum digestibility of neutral detergent fiber (MDNDF) and relative value forage (RVF). Individual and combined analyses for dry forage in both samplings were performed; when genotype-environment interaction (G-EI) was significant, it was analyzed by means of the AMMI method. Additionally correlation coefficients were calculated among variables. The barley genotypes showed a better behavior in the dry forage production across environments in comparison with the controls of different species in both samplings. The best genotypes were: Cerro Prieto, Narro-95-02, Narro-482-02, Narro- 218-02 and Narro-154-02, which in average yielded 9.55 t ha⁻¹ in the first cut. The average dry forage yield of the controls was 6.72 t ha⁻¹, which represents a superiority of more than 40% over the controls. With reference to second sampling, the best performance across

environments it was registered by the Narro-218-02, Narro-95-02, Narro-482-02 and Narro-274-02 genotypes, with an average yield of 12.63 t ha⁻¹. The triticale, wheat and oat controls yielded in average 9.39 t ha⁻¹. The most outstanding and desirable lines were: Narro-95-02, Narro-154-02, Narro-218-02 and Narro-482-02, since besides high-yielding, presented few interaction with the environments, in agreement to the results of AMMI model. With concern to nutritive value of the genotypes in both seasons (05-06 and 06-07) in the first sampling, the controls exhibited a superior quality than the barley genotypes, due possibly to his minor phenological stage. In contrast, in the second sampling, the barley genotypes were the best for forage quality. Was detected high negative correlations among PC and both fibers (ADF and NDF), this in turn with RVF, TDN and NEL. Was detected high positive correlations among PC and RVF, and STAGE with NEL, NEM, NEG and RVF. The last relation appears mainly in barley. This research allowed conclude that: all the barley genotypes showed a top performance for dry forage yield across environments in comparison with the controls in both samplings. For forage quality in the first sampling, the controls exhibited a superior behavior than the barley genotypes, but with minor dry forage yield. Nevertheless, in the second sampling, the barley genotypes showed the top quality. In the barley genotypes, mainly the new awnless lines, suitable quality is kept even in advanced phenological stages, which makes them more attractive for his utilization in areas as Lagunera Region and others of similar conditions.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.	xiv
INDICE DE FIGURAS.	xvi
INTRODUCCION.	1
REVISION DE LITERATURA.	4
Origen geográfico de la cebada.	4
Breve descripción botánica de la planta de cebada.	5
Condiciones ecológicas y edáficas.	7
Importancia de la cebada.	7
¿Qué son las cebadas forrajeras?.	9
Características de una especie forrajera de invierno.	10
Calidad Forrajera.	11
¿Qué es calidad de forraje?.	12
¿Qué afecta la calidad de forraje?.	13
Principales factores que influyen sobre la calidad.	14
Rendimiento y calidad forrajera de la cebada en comparación con otros cereales de invierno.	17
Interacción Genotipo – Ambiente.	21
MATERIALES Y METODOS.	25
Localización y descripción de los sitios experimentales.	25
Desarrollo del experimento en campo.	26
Material genético.	26
Datos registrados.	29
Diseño experimental.	32

RESULTADOS Y DISCUSION.	35
Resultados de rendimiento para el primer muestreo.	35
Análisis de varianza combinado.	39
Interacción Genotipo – Ambiente.	41
Resultados de calidad para el primer muestreo en “Las Vegas” 05-06.	46
Resultados de calidad para el segundo muestreo en “Las Ve- gas” 05-06.	51
Correlaciones entre variables para el primer muestreo en “Las Vegas” 05-06.	59
Correlaciones entre variables para el segundo muestreo en “Las Vegas” 05-06.	61
Resultados de rendimiento para el segundo muestreo.	64
Análisis de varianza combinado.	68
Resultados de calidad para el primer muestreo en “Las Vegas” 06-07.	70
Resultados de calidad para el segundo muestreo en “Las Vegas” 06-07.	74
Correlaciones entre variables para el primer muestreo en “Las Vegas” 06-07.	82
Correlaciones entre variables para el segundo muestreo en “Las Vegas” 06-07.	84
CONCLUSIONES.	86
RESUMEN.	88
LITERATURA CITADA.	90

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
2.1 Principales países productores de cebada a nivel mundial.	8
3.1 Material genético evaluado en la presente investigación.	27
3.2 Localidades y ciclos, fechas de riego de siembra y cosecha, y días transcurridos desde el riego de siembra a cosecha.	29
4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales por ambiente para el primer muestreo.	35
4.2 Comparación de medias por ambiente para rendimiento de forraje seco en el primer muestreo.	38
4.3 Análisis de varianza combinado a través de cinco ambientes para rendimiento de forraje seco del primer muestreo.	39
4.4 Prueba de medias generales de comportamiento por ambiente (Tukey) para rendimiento de forraje seco en el primer muestreo.	40
4.5 Comparación de medias de rendimiento de forraje seco (Tukey) para el primer muestreo a través de cinco ambientes 05-06.	41
4.6 Cuadrados medios y significancia del AMMI.	42
4.7 Cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de calidad forrajera en el primer muestreo "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah., ciclo Otoño Invierno, 05 – 06.	47
4.8 Resultados de la prueba de medias (Tukey) para rendimiento de forraje seco, altura de planta, características de calidad y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe para el primer muestreo realizado a los 86 días después del riego de siembra en rancho "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005 – 2006.	50
4.9 Rendimiento de forraje seco, altura de planta, características de calidad y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe para el segundo muestreo realizado a los 112 días después del riego de siembra en rancho "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005 - 2006.	56

4.10	Correlaciones entre las variables estudiadas para el primer muestreo en las "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005-2006.	60
4.11	Correlaciones entre las variables estudiadas para el segundo muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005-2006.	63
4.12	Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales por ambiente para rendimiento en el segundo muestreo.	65
4.13	Comparación de medias por ambiente para rendimiento de forraje seco en el segundo muestreo.	67
4.14	Análisis de varianza combinado a través de seis ambientes para rendimiento de forraje seco del segundo muestreo.	68
4.15	Prueba de medias generales de comportamiento por ambiente (Tukey) para rendimiento de forraje seco en el segundo muestreo.	69
4.16	Comparación de medias de rendimiento de forraje seco (Tukey) para el segundo muestreo a través de seis ambientes 06-07.	70
4.17	Características de calidad, rendimiento y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe del primer muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2006-2007.	73
4.18	Cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de calidad forrajera en el segundo muestreo "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah., ciclo Otoño Invierno, 06 – 07.	74
4.19	Resultados de la prueba de medias (Tukey) para rendimiento de forraje seco y características de calidad de líneas de cebada forrajera imberbe para el segundo muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah., ciclo Otoño – Invierno 06 – 07.	79
4.20	Correlaciones entre las variables estudiadas para el primer muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2006 – 2007.	83
4.21	Correlaciones entre las variables estudiadas para el segundo muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2006 – 2007.	85

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
4.1. Representación gráfica de la interacción genotipo ambiente de los cinco ambientes y 30 genotipos con base en los dos primeros componentes principales generados por el análisis AMMI.	44
4.2. Genotipos y ambientes con base en el rendimiento y primer componente principal obtenido mediante el método AMMI en el primer muestreo.	46
4.3. Contenidos de fibra detergente ácida (FDALC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.	57
4.4. Contenidos de fibra detergente neutro (FDNLC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.	57
4.5. Contenidos de energía neta de lactancia (ENL) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.	58
4.6. Valor relativo del forraje (VRF) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.	58
4.7. Contenidos de fibra detergente ácida (FDA) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra durante el ciclo 06-07.	80
4.8. Contenidos de fibra detergente neutro (FDNLC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.	80
4.9. Contenidos de energía neta de lactancia (ENL) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.	81
4.10. Valor relativo del forraje (VRF) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.	81

INTRODUCCIÓN

Considerada como el cultivo más antiguo, con más de 15,000 años bajo el cuidado del hombre y cuyos granos se utilizaron para la panificación incluso antes que el trigo, la cebada tiene ventajas sobre otros cereales del mismo ciclo ya que es vigorosa, resistente a la sequía, salinidad y puede cultivarse en suelos marginales; presenta rápido desarrollo, por lo que produce forraje y/o grano en relativamente menor tiempo y costo en comparación con otros cereales; ofrece buena calidad forrajera (Oltjen y Bolsen, 1980; Cherney y Marten, 1982; Chapko *et al.* 1991; Mc Cartney y Vaage, 1994; Khorasani *et al.*, 1997; Carr *et al.*, 1998 y Poland *et al.* 2004) e industrial (Kent,1987).

Siendo La Comarca Lagunera la principal cuenca lechera de México, resulta evidente la necesidad de contar con opciones forrajeras que contribuyan a la satisfacción de esta demanda pero que especialmente sean eficientes en el uso del agua y que ofrezcan adecuada producción y calidad.

Si bien en nuestro país la cebada (*Hordeum vulgare L.*) es un cultivo conocido fundamentalmente por su utilidad industrial, es innegable que puede llegar a convertirse en una importante alternativa forrajera anual de invierno dada su precocidad, rusticidad y tolerancia a salinidad en comparación con especies

tradicionales como avena y ballico, sobre todo si se desarrollan variedades con calidad nutritiva pero que además carezcan de aristas en la espiga lo que le permitirá extender el período de cosecha hasta grano lechoso-masoso o más para la producción de heno pero sobre todo de silo de alta calidad.

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 con condiciones de suelo y agua considerados de alto potencial productivo, de modo que al establecerlas en el Norte de México exhiben un comportamiento muy diferentes al de aquellas áreas. Además dichas variedades cuyo objetivo ha sido la producción de grano para la industria maltera-cervecera, son de corta o mediana estatura y fuertemente barbadadas o aristadas.

Otro aspecto de gran importancia en los programas de mejoramiento genético es el buscar variedades que exhiban un buen comportamiento en una amplia gama de ambientes, más aun si consideramos la extensa variabilidad ambiental y formas de producción que se pueden encontrar en nuestro país y en el mundo. En muchos casos la selección se realiza en una sola localidad, la cual generalmente es la sede del campo experimental o la propiedad de agricultores cooperantes, con tecnología agrícola que no siempre es la más conveniente o representativa de una extensa región y menos aún de un país. Como consecuencia, el comportamiento de las variedades que resultan de ese tipo de selección pueden presentar un fuerte efecto de interacción genotipo –

ambiente. Así pues, idealmente la selección debe realizarse en varios ambientes y/o localidades con lo que se puede lograr obtener variedades rendidoras en este caso de forraje, pero que además mantengan ese comportamiento a través de ambientes.

Por todo lo anterior se plantea el presente trabajo, el cual se deriva del proyecto general de mejoramiento genético de cebada forrajera imberbe desarrollada por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de invierno en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) bajo los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos:

- ✚ Evaluar el comportamiento de líneas de cebada imberbe en cuanto a producción y calidad forrajera en comparación con los testigos de la misma y de diferente especie.
- ✚ Seleccionar líneas imberbes superiores en términos de rendimiento forrajero y estabilidad a través de ambientes mediante el modelo AMMI.

Hipótesis: Entre los genotipos evaluados, existen nuevas líneas de cebada imberbe que superan a los testigos tanto en producción como en calidad forrajera y estabilidad de rendimiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen geográfico de la cebada

La cebada se conoce desde tiempos muy remotos. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura.

Poehlman (1981), cita que Vavilov describe dos centros de origen. Uno de ellos; Etiopía y África del Norte, de donde 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 de grano cubiertos por caperuzas.

Se supone que donde se cultivó primeramente fue en el sudoeste de Asia (mas o menos 5000 años A. C.), región en la que aun pueden hallarse las cebadas silvestres *Hordeum spontaneum* y *Hordeum ithubureense*. Hay sin embargo quienes citan que la cebada ha sido cultivada desde hace más de 15, 000 años. Originaria de Eurasia, ha probado ser el cereal más ampliamente adaptado a regiones templadas alrededor del mundo.

Breve descripción botánica de la planta de cebada

Robles (1990), 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 primavera, usadas principalmente para la producción de grano. Las variedades de invierno poseen un ciclo hasta de 160 días, utilizadas 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.

Tallo; erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila generalmente desde 0.50 a 1.0 m.

Hojas; las hojas de la planta 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 varia entre 5 y 15 mm. Los cultivares primaverales se caracterizan por presentar

hojas lisas; los invernales, por su parte, presentan hojas rizadas y mas 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 sobre el nudo a partir del cual se originan; en la unión de la vaina con la lámina se observa un par de aurículas largas y abrazadoras, la lígula 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 de 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 esta conformada por estructuras llamadas espiguillas, cada una integrada por el grano y dos glumas con barbas de longitud variable, lisas o aserradas, las espiguillas son alternas y están adheridas al raquis. Las variedades de 6 hileras (*Hordeum vulgare*) tienen 25 a 60 granos por espiga mientras que las de 2 hileras (*Hordeum vulgare*) tienen de 15 a 30 (Warren y Martin, 1970).

Grano; el grano de cebada es un fruto denominado cariósipide, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y cubierta seminal (testa), están estrechamente unidas; siendo generalmente inseparables; el fruto, por lo tanto, es de carácter indehisciente. El grano esta compuesto por pericarpio 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. (Warren y Martin, 1970).

Condiciones ecológicas y edáficas

El cultivo de la cebada se puede desarrollar en regiones que presentan un rango de temperatura entre 3° C y 30° C, siendo la óptima 20° C, la altitud oscila entre 400 y 3500 msnm, prospera en regiones secas y cuando se cultiva en regiones húmedas se debe tener cuidado con la incidencia de algunos fitopatógenos, se ha observado que este cultivo se adapta a muy diversos tipos de climas y suelos, de ahí su distribución mundial. Es tolerante a la alcalinidad en comparación al trigo y la avena, prosperando mejor en suelos arenosos. Los mejores rendimientos de grano se obtienen en suelos tipo migajón con buen drenaje, profundos y PH de 6.0 a 8.5.

Importancia de la cebada

Teniendo en cuenta las características que presenta la cebada en cuanto a su rusticidad y considerando 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.

Mundialmente, la producción de cebada no tiene la misma relevancia que otros granos como el trigo, pero aun así, es materia prima importante en algunos países especialmente en vías de desarrollo, para alimentación humana directa y para algunas naciones industrializadas este grano es utilizado como alimento para animales y como malta. En el Cuadro 2.1 se presentan los países que más grano de cebada producen.

Cuadro 2.1 Principales países productores de cebada a nivel mundial.

Países	Producción año 2001 (millones de toneladas)
Alemania	13.589
Canadá	11.103
Francia	9.851
Ucrania	7.100
España	6.944
Reino Unido	6.690
Turquía	6.600
Australia	5.893
E.E.U.U.	5.737
Dinamarca	4.100
China	4.000
Polonia	3.339
Kazajstán	2.330
República Checa	1.850
Finlandia	1.850
Suecia	1.600
Irán	1.400
Marruecos	1.216
Uruguay	0.225

Fuente: www.infoagro.com

Uno de los principales problemas que enfrentan en la actualidad los ganaderos, es la falta de insumos para alimentar al ganado especialmente durante épocas críticas como en el período invernal, es ahí donde los cereales por su rápido desarrollo representan importantes alternativas para la producción ganadera, ya que su uso se ha extendido en los últimos años, utilizándolos en pastoreo, heno, verdeo, picado y ensilado, (Hughes *et al*, 1974; Flores *et al*, 1984 y Colín *et al.*, 2004). Dichos cultivos presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono, (Cash *et al*, 2004).

¿Qué son las cebadas forrajeras?

Las cebadas forrajeras son variedades específicamente desarrolladas para forraje utilizado en la alimentación del ganado. Mientras que algunas cebadas pueden ser utilizadas para alimentar ganado, las forrajeras producen más altos rendimientos de biomasa que las alimenticias convencionales. Las cebadas forrajeras proveen también más energía por tonelada de materia seca de toda la planta lo que las hace de mayor calidad y una fuente forrajera más costeable que las variedades convencionales (Forage Barleys for Maniotota, 2006).

Colín *et al.* (2004), en una evaluación de 36 líneas imberbes de cebada (*Hordeum vulgare*) y dos testigos comerciales (Cebada variedad Cerro prieto y triticale variedad Eronga-83), en Torreón Coahuila, Navidad N. L. y Celaya Gto. Durante el ciclo O-I-02-03 para estudiar su comportamiento en producción de forraje seco, altura de planta, peso seco de las hojas, tallos y espigas, etapa

fenológica al corte y las relaciones entre variables, concluyeron que las cebadas imberbes probadas, por su alto rendimiento de forraje y proporción de hojas y espigas en el mismo, son alternativa real para contribuir al abasto de forraje durante el periodo invernal de áreas como La Laguna, el Bajío Mexicano y otras de condiciones similares.

Los autores citan que lo anterior se sustenta plenamente por el hecho de que en promedio de los cuatro ambientes, las nuevas líneas produjeron entre 100 y 112 kg de forraje seco/ha/día, destacando los genotipos BV-1985, BV-1943 y BV-1986 con 12.26, 12.17 y 12.13 t ha⁻¹ respectivamente.

Características de una especie forrajera de invierno

Echeverri (1958) menciona 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 y la calidad del forraje
- Tolerancia a sequía y a las inundaciones
- Capacidad para soportar períodos ocasionales de pastoreo
- Calidad nutricional del forraje
- Adaptabilidad para labores de cosecha

Por su parte Hughes *et al.* (1974) mencionan otras características importantes de las especies forrajeras de invierno:

- Alto rendimiento forrajero
- Alto valor nutritivo (rico en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono).
- Buena gustocidad
- Precocidad al corte
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Resistencia a factores ambientales adversos
- Resistencia al acame

En este trabajo el autor propone dos más adicionales a las citadas

- Alta proporción de hojas y
- Barba restringida o imberbes (Flores, 1977) propone además de espiga cubierta.

Calidad 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 los hace más eficiente en áreas de temporal y responden con facilidad a los estímulos de riego (Hart *et al.*, 1971; Juskiw *et al.*, 2000).

Calidad; ha sido definida en muchas formas pero usualmente en relación a la alta respuesta del animal a una ración alimenticia y su conversión en aumento de peso, producción de leche o lana. Otros medios asociados con la respuesta del animal que también dan una idea de la calidad forrajera han sido estimados de plantas con atributos como proporción de hojas con respecto a tallos y estado de madurez de la planta (Lucas, 1963).

Herrera y Saldaña (1999) al referirse a la calidad para fuentes forrajeras cita dos criterios (baja y alta calidad) y menciona que forrajes de baja calidad son aquellos cuyo porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) sea mayor al 60%, la fibra detergente ácido (FDA) mayor a 35%, energía neta de lactancia (ENL) menor de 1.4 Mcal/kg y digestibilidad de la materia seca (DMS) menor del 60%; en contraste, considera como forrajes de alta calidad aquellos cuyo contenido de FDN oscile de 40 a 52%, FDA de 25 a 32%, ENL mayor a 1.45 Mcal/kg y digestibilidad de la materia seca (DMS) superior al 65%.

¿Qué es calidad de forraje?

La calidad de forraje se define como la suma de los constituyentes de la planta que influyen sobre un alimento de uso animal. (Adaptado de FORAGE QUALITY IN PERSPECTIVE Agronomy Facts 30 por; Cherney , H. J. y Marvin H. Hall. Pennsylvania State University.). De acuerdo con su calidad, todo el valor alimenticio potencial de un forraje es influenciado por la forma en la cual éste es ofrecido (ejem. el tamaño de la partícula), la palatabilidad del forraje y

por la calidad de otros alimentos en la ración (efectos asociados con el alimento).

La alta calidad del forraje redundará siempre en mayor consumo, digestibilidad y eficiencia de utilización. Las paredes celulares son componentes importantes en la determinación de la calidad puesto que tienen una fracción digestible y otra indigestible. El contenido de fibra detergente neutro (FDN) es una medida de la fracción digerible del total de la pared celular, en contraste la fibra detergente ácido (FDA) es una medida de la fracción indigestible. Cuando el contenido de pared celular en el alimento es bajo, se espera que el consumo y la digestibilidad en los animales sea incrementado. El contenido de proteína es un importante factor alimenticio *per-sé*, así alimentos con alto contenido de proteína, son también considerados de alta calidad (Juskiw *et al.*, 2000). La composición química y el valor nutritivo del material vegetal verde, pueden dar información útil respecto de la calidad del ensilado resultante (Kjos, 1990).

¿Qué afecta la calidad del forraje?

Prácticamente todo puede afectar la calidad del forraje de una u otra forma. La humedad y fertilidad del suelo son importantes mientras el forraje está creciendo. Generalmente, cuando mejores son las condiciones de crecimiento, más alta es la calidad del forraje.

Con buenas condiciones de crecimiento, el factor más importante en afectar la calidad, es la etapa en la cual se encuentre el cultivo a la cosecha. El forraje más maduro es menos nutritivo, las plantas más viejas generalmente

tienen menor proporción de hojas y alta proporción de tallos (fibra altamente indigestible), los tallos jóvenes, hojas y flores tiernas, proveen la mayor calidad del forraje.

Los productores y usuarios de forraje reconocen que la calidad no se mejora después de la cosecha; el proceso de cosecha puede sin embargo reducir la calidad del forraje, por ejemplo la pérdida de hojas a causa de la lluvia o por excesivo rastrillado en el manejo, disminuye la calidad; empacar el heno muy húmedo, puede causar exceso de calentamiento y favorecer el desarrollo de mohos. La calidad del forraje puede también reducirse durante el almacenamiento, heno sin cubrir almacenado a la intemperie pierde nutrientes por la acción de la lixiviación causada por la lluvia; cuando el heno viene húmedo (por lluvia o por la absorción de humedad del suelo) puede echarse a perder aun cuando haya estado adecuadamente seco al ser empacado.

En resumen, el forraje de alta calidad es el producto final de buenas condiciones de crecimiento, adecuado tiempo a cosecha y un apropiado manejo desde el momento de la cosecha hasta su utilización (<http://www.osuextra.com>).

Principales factores que influyen sobre la calidad

Seis son los factores más importantes que afectan la calidad del forraje (no el rendimiento), jerarquizados por su impacto incluyen: madurez, especie de cultivo, cosecha y almacenamiento, el medio ambiente, la fertilidad del suelo y la variedad.

1.- Madurez (fecha de cosecha). Es el más importante factor que afecta la calidad del forraje. La calidad del forraje nunca es estática; las plantas continuamente cambian su calidad a medida que maduran. Como se incrementa la pared celular en la planta, se acumula lignina indigestible. De hecho, la madurez de la planta forrajera cambia tan rápidamente que es posible medir significativos decrementos en la calidad del forraje cada dos y tres días.

2.- Especie de cultivo. Las diferencias en la calidad forrajera entre pastos y leguminosas pueden ser muy grandes. El contenido de proteína de las leguminosas es típicamente mucho más alto que el de los pastos y la fibra en las leguminosas tiende a digerirse más rápido que la de los pastos, permitiendo a los rumiantes comer más de la leguminosa.

3.- Cosecha y almacenamiento. Técnicas inadecuadas de cosecha pueden reducir seriamente la calidad del forraje, principalmente mediante la pérdida de hojas. Almacenar un cultivo henificado a contenidos de humedad incorrecto y un cultivo forrajero inapropiadamente ensilado, puede bajar dramáticamente su calidad.

4.- Medio ambiente (clima). Humedad, temperatura y la cantidad de luz solar influyen sobre la calidad del forraje. El daño de la lluvia es muy destructivo

sobre la calidad del forraje. Cuando el mal tiempo (clima) retarda la cosecha, el cultivo forrajero continúa madurando y por ende baja su calidad. Las altas temperaturas pueden incrementar la acumulación de lignina en detrimento de la calidad, sin embargo el estrés de sequía pudiera beneficiar la calidad si retarda la madurez de algunas especies.

5.- Fertilidad de suelo. La fertilidad de suelo afecta el rendimiento de forraje mucho más que la calidad. Mientras es posible producir forraje de alta calidad sobre suelos pobres e improductivos, generalmente es muy difícil producir altos rendimientos de forraje de alta calidad con suelos improductivos. Suelos con adecuados niveles de fósforo (P) y potasio (K) ayudan a mantener leguminosas deseables en una siembra combinada y reduce problemas de malezas. Es necesario balancear la fertilidad del suelo para evitar imbalances minerales en rumiantes. Baja fertilidad de suelo al igual que muy alta, puede resultar en forrajes de reducida calidad.

6.- Variedad (cultivar). Después de décadas de mejoramiento en forraje para rendimiento y persistencia, recientemente la atención ha sido enfocada al desarrollo e identificación de variedades con mejorada calidad. La variedad o cultivar pueden afectar la calidad forrajera pero no tan grandemente como los cinco factores anteriores. En alfalfa, la selección para mejorar la calidad ha sido objetivo de la mayoría de las compañías comerciales y varias firmas de Estados Unidos han iniciado la selección de maíces híbridos para ensilaje con mejorada calidad forrajera.

Rendimiento y calidad forrajera de la cebada en comparación con otros cereales de invierno.

Poland *et al* (2004), evaluaron por dos años en Dakota del Norte el efecto de especies forrajeras (avena y cebada) y en cebada el tipo varietal (forrajeras o de grano) sobre el rendimiento y calidad forrajera. Diez variedades en 2002 (5 avenas, 3 cebadas forrajeras y dos de grano) y doce en el 2003 (6 avenas, 2 cebadas forrajeras y 4 de grano). En el año 2002 el porcentaje de proteína cruda PC (13.5 y 12.0%) fue significativamente superior en las cebadas de grano respecto a las forrajeras ($P=0.02$) pero las concentraciones de FDA, FDN, TND, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) y rendimiento de materia seca (MS), proteína cruda (PC) e IVDMD no difirieron entre tipos de cebadas ($P>0.15$).

Las concentraciones de PC, IVDMD y los rendimientos de MS, PC e IVDMD fueron mayores en cebada que en avena. En el año 2003, el tipo de forraje no afectó el rendimiento ni los parámetros de calidad. Las concentraciones de FDA, FDN Y TND se redujeron, en tanto que la IVDMD se incrementó en cebada en comparación con avena. En ambos años la proporción de IVDMD y TND no difirió entre tipos de forraje pero fue mayor en cebada que en avena. Los autores mencionan que la información obtenida sugiere que las cebadas forrajeras no son superiores a las de grano en

producción de forraje; sin embargo la cebada forrajera es de calidad superior y puede producir tanto y mas forraje que la avena en las Planicies del Norte.

Nikkhah *et al.* (1995) encontraron que la composición química y las características de digestibilidad del silo de cereales fueron similares a las de calidad media de la alfalfa. La mayoría de los cereales son adecuados para ensilar, pero el rendimiento y la calidad del ensilado dependerá de las especies, variedades, prácticas agronómicas y las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo. Entre los cereales de grano pequeño, la cebada produce silo de mejor calidad que avena o triticale en términos de características de calidad alimenticia (Cherney y Marten 1982 y Khorasani *et al.*, 1997) y consumo y tasa de ganancia en novillos (Mc Cartney y Vaage., 1994).

La etapa de madurez a la cosecha tiene el mayor efecto sobre el rendimiento de biomasa y la calidad de los cereales (Cherney y Marten, 1982; Bergen *et al.*, 1991). El rendimiento se incrementa y la calidad declina conforme el cultivo madura, aunque en cereales la calidad puede mantenerse o mejorar cuando ocurre el desarrollo del grano (Khorasani *et al.*, 1997; González, 2007).

Bergen *et al.* (1991) citan que la etapa óptima de cosecha para ensilaje en cebada y avena es grano masoso suave; mientras que para triticale y centeno debe ser el rango entre embuche y el estado lechoso inicial (Fearon *et al.*, 1990).

Juskiw *et al.* (2000) con el propósito de determinar los efectos de densidad de siembra, especies y fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad del forraje de cereales, condujeron tres estudios de campo para evaluar la productividad de cebada, avena, triticale y centeno establecidos como monocultivos y en diferentes mezclas; entre otras cosas, concluyen que los cuatro cereales tuvieron excelente rendimiento y calidad aunque los niveles de proteína fueron generalmente bajos (6.15 a 10.1%) y que se encontraron diferencias entre variedades.

La gran mayoría de las proteínas contenidas en los forrajes son específicas de la especie, y por ende, su valor biológico es distinto en cada uno de los forrajes. Su compuesto orgánico está formado por un complejo de sustancias denominadas "aminoácidos", siempre útiles para la nutrición animal. Una carencia o deficiencia de proteínas en la alimentación puede provocar en el organismo del animal perturbación de mayor o menor gravedad. Una alimentación excesivamente rica en proteínas tiene efectos contradictorios; frena el desarrollo y crecimiento del animal y en hembras lactantes provoca un descenso en la secreción láctea (Baudilio, 1974).

El momento óptimo de corte de los cultivos forrajeros utilizados como heno y como único alimento depende además de los factores propios del cultivo y de los requerimientos del animal que va a ser alimentado. Así 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 comienzo de gestación y en

estado vegetativo cuando se van a alimentar ovejas en gestación avanzada o lactancia; si el cultivo acepta mas de un corte, el momento óptimo sería en estado vegetativo avanzado, independientemente del estado fisiológico de los ovinos (Orcaberro, 1983).

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

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 mas tarde que en las regiones húmedas (Gil, 1968).

En evaluación de calidad forrajera, Castro (1976), reporta que en cebadas, avena, trigo y triticale, no hubo diferencia en contenido de proteína entre 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.

Malm *et al.* (1973), estudiaron triticale, cebada, avena y centeno en 5 fechas de siembra, reportando que la producción de forraje fue diferente entre

las especies y entre las fechas, aunque la avena produjo bien, fue superada por la cebada.

Interacción Genotipo – Ambiente

En el desarrollo de variedades altamente rendidoras la interacción genotipo x ambiente es de gran importancia, puesto que el comportamiento de un material puede ser bueno para un ambiente, pero no necesariamente mantenerse en otro, mientras que un segundo material puede comportarse de manera contraria; esta respuesta de los genotipos a través de los ambientes provee información de su estabilidad.

Por mucho tiempo, varios investigadores utilizaron el término “estabilidad” para caracterizar un genotipo, el cual muestra siempre un rendimiento “constante” bajo cualquier condición ambiental, esta idea de estabilidad puede ser llamada estabilidad biológica (Becker, 1981).

Becker (1981) distingue dos conceptos básicos de estabilidad fenotípica (i) el concepto biológico, cuando un genotipo tiene una varianza mínima bajo diferentes condiciones ambientales, y (ii) el concepto agronómico cuando un genotipo estable muestra una mínima interacción con los ambientes. León (1985) por su parte señala que realmente dependiendo de los objetivos y las características bajo consideración existen dos diferentes conceptos de estabilidad los cuales son nombrados como; estabilidad estadística, en el cual

un genotipo estable exhibe un comportamiento invariable a pesar de alguna variación en las condiciones ambientales, este genotipo y su varianza entre ambientes es cero; y estabilidad dinámica la cual permite una respuesta predecible a los ambientes y un genotipo con este tipo de estabilidad no presenta desviaciones de esta respuesta a los ambientes, para cada ambiente el comportamiento de un genotipo estable corresponde totalmente al nivel estimado o predicho (Becker y León 1988).

Por su parte Lin *et al.* (1986) definieron tres tipos de estabilidad, dependiendo de cómo los fitomejoradores desean ver el problema: tipo 1: un genotipo se considera estable si su varianza entre ambientes es pequeña; tipo 2: un genotipo es considerado estable si su respuesta a los ambientes es paralela a la respuesta media de todos los genotipos en el ensayo; tipo 3: se considera estable un genotipo si el cuadrado medio del residual del modelo de regresión sobre el índice ambiental es pequeño.

Posteriormente Lin y Binns (1988) definieron un nuevo tipo de estabilidad, denominado tipo 4: donde un genotipo se considera estable si su cuadrado medio de años dentro de localidad (para un genotipo) promediado sobre todas las localidades es pequeño.

En el contexto puramente genético del mejoramiento, la interacción genotipo – ambiente tiene un impacto sobre la efectividad de la selección. Cuando existe interacción, la selección de genotipos superiores con base en su

comportamiento medio a través de ambientes, es ineficiente ya que la interacción reduce la correlación entre el genotipo y el fenotipo (Comstock y Moll, 1963 y Kang y Martin, 1987); por esta razón, la media por sí misma no refleja suficientemente la consistencia del comportamiento (Francis y Kannenberg, 1978 y Pham y Kang, 1988).

Desde un punto de vista utilitario del mejoramiento, la interacción genotipo – ambiente afecta la adaptación y la estabilidad de las poblaciones mejoradas, lo cual limita su utilización en un espectro de regiones ecológicamente diferentes. En presencia de la interacción genotipo ambiente, la selección para alto comportamiento, implica mejoramiento para alta sensibilidad a los cambios ambientales (Mareck y Gardner, 1979; Moll *et al*, 1978; Jinks y Pooni, 1982; Gómez y Gómez, 1983 y Johnson y Geadelmann, 1989), lo que implica mayor especificidad del material genético a cierta condición ambiental; es decir, una menor amplitud de su adaptación.

La participación e interpretación de la interacción genotipo ambiente ha sido generalmente basada en técnicas de regresión lineal (Finlay y Wilkinson 1963 y Eberhart y Russell 1966) o en análisis multivariados (Kempton, 1984; Gauch, 1988 y Zobel *et al* 1988). Las técnicas de regresión sin embargo han mostrado tener varias deficiencias y han sido fuertemente cuestionadas por ejemplo por la confusión de la interacción y efectos principales y la respuesta genotípica no lineal a los ambientes (Wright, 1971). No obstante, las técnicas multivariadas tales como el procedimiento AMMI con prueba de predicción

puede ser fuertemente útil en el análisis de ensayos en ambientes múltiples (Gauch, 1988; Gauch y Zobel, 1988). El modelo AMMI integra el análisis de varianza aditivo usual (ANOVA) con el de componentes principales (ACP) para los efectos multiplicativos de la interacción (Gauch y Zobel, 1990). Los efectos principales aditivos, son los primeros extraídos del análisis y entonces, el análisis de componentes principales es utilizado para investigar la interacción genotipo ambiente.

El modelo AMMI puede ser de gran ayuda en la detección y provee una interpretación más completa de la interacción entre variedad y ambiente comparado con el análisis de varianza ordinario, el cual identifica la interacción como fuente pero no la analiza. El AMMI fue más efectivo en la detección e interpretación de la interacción genotipo ambiente en comparación con el modelo de regresión lineal simple (Ebdon *et al*, 1998 y Nachit *et al* 1992).

Yau (1995), en un ensayo de rendimiento de trigo harinero establecido en 30 a 40 sitios con el objetivo de investigar empíricamente la efectividad del análisis de regresión conjunta y el modelo AMMI, reporta entre otras cosas que sus resultados no sustentan el reemplazo general del análisis de regresión conjunta. Cita además que el análisis a utilizar depende de los objetivos del estudio y que el uso del modelo AMMI es recomendado para estudios detallados de interacción genotipo ambiente cuando se tiene gran cantidad de datos como en ensayos regionales o internacionales.

MATERIALES Y METODOS

Localización y descripción de los sitios experimentales

El presente trabajo se estableció en tres localidades de la Comarca Lagunera al suroeste del Estado de Coahuila; “Las Vegas” Mpio., de Francisco I. Madero, ciclo otoño – invierno (O-I) 05 – 06 y 06 – 07 ; San Ignacio O-I 05 – 06 y “El Retiro” O-I 06 -07 ambas en el Mpio., de San Pedro de las Colonias; así mismo, al norte del Estado de Coahuila en el campo experimental Zaragoza, Mpio., del mismo nombre ciclos O-I 05 – 06 y 06 – 07; además de Navidad, al sur del Estado de Nuevo León, en el Mpio. de Galeana, ciclo Invierno – Primavera (I – P) 2007, con la ubicación geográfica y condiciones climáticas que se citan a continuación.

Las Vegas

Latitud: 25°46'N

Longitud: 103°16'W

Altitud: 1110 msnm

Temperatura media anual: 21.2°C

Precipitación pluvial media anual: 200 a 300 mm

San Ignacio y “El Retiro”

Latitud: 25°32'N

Longitud: 103°15'W

Altitud: 1100 msnm

Temperatura media anual: 19°C

Precipitación pluvial media anual: 200 a 300 mm

Zaragoza

Latitud: 28°30'N

Longitud: 100°55'W

Altitud: 360 msnm

Temperatura media anual: 20°C

Precipitación pluvial media anual: 300 a 400 mm

Navidad

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

El material genético utilizado consistió en 26 líneas de cebada forrajera imberbe desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN y las variedades comerciales de Avena (var. Cuauhtémoc), Cebada (var. Cerro Prieto), Triticale (var. Eronga-83), así como la línea experimental de Trigo forrajero (AN-226-99), todos ellos utilizados como testigos. (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Material genético evaluado en la presente investigación.

1	Narro-94-02	16	Narro-339-02
2	Narro-95-02	17	Narro-396-02
3	Narro-110-02	18	Narro-406-02
4	Narro-147-02	19	Narro-428-02
5	Narro-154-02	20	Narro-477-02
6	Narro-175-02	21	Narro-482-02
7	Narro-178-02	22	Narro-507-02
8	Narro-210-02	23	Narro-520-02
9	Narro-218-02	24	Narro-59-02
10	Narro-221-02	25	Narro-116-02
11	Narro-251-02	26	Narro-522-02
12	Narro-274-02	27	Avena (var. Cuauhtémoc)
13	Narro-305-02	28	Cebada (var. Cerro Prieto)
14	Narro-310-02	29	Trigo (AN-226-99)
15	Narro-313-02	30	Triticale (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 regiones donde se siembra bajo condiciones de riego, esto es; barbecho, rastreo cruzado y nivelación o empareje.

Densidad de siembra, fertilización, riegos, fechas del riego de siembra y muestreos.

La densidad de siembra fue de 85 kg/ha.

Fertilización: En la localidad “Las Vegas“, ambos ciclos, en el primer riego de auxilio se aplicó ácido fosfórico aunque sin cuantificar; en San Ignacio también sin cuantificar se aplicó estiércol de bovino. En “El Retiro” la dosis total fue 46-70-00 (15-70-00 a la siembra y 31-00-00 al segundo riego de auxilio) con fosfato monoamónico (MAP) y sulfato de amonio; para Zaragoza 05 – 06 solo se fertilizó a la siembra (58-70-00) con fosfato diamónico (DAP) y urea mientras que en el ciclo 06 – 07 se aplicó la dosis 16-75-00 durante la siembra y 69-00-00 al primer riego de auxilio (total 85-75-00) y las fuentes fueron MAP más sulfato de amonio. En Navidad solo se fertilizó a la siembra con la dosis 28-96-00 con MAP.

Riegos. En la mayoría de los ambientes (excepto “El Retiro” donde se dieron dos riegos en total) se aplicaron cuatro riegos incluyendo el de siembra con una lámina total aproximada de 40 cm. Con excepción de Navidad, donde se

aplicó riego por aspersión, en todos los ambientes el sistema de riego fue por gravedad en melgas.

Las fechas del riego se siembra, muestreos y días transcurridos a los diferentes muestreos, aparecen en el Cuadro 3.2

Cuadro 3.2 Localidades y ciclos, fechas de riego de siembra y cosecha, y días transcurridos desde el riego de siembra a cosecha.

LOCALIDAD Y CICLO	RIEGO DE SIEMBRA	FECHA DE COSECHA 1ER. MUESTRO	DTPM	FECHA DE COSECHA 2° MUESTRO	DTSM
Las Vegas 05-06	Dic. 01, 2005	Feb. 27, 2006	86	Mar. 25, 2006	112
Las Vegas 06-07	Dic. 05, 2006	Mar. 05, 2007	89	Mar. 28, 2007	112
El Retiro 06-07	Dic. 12, 2006	Mar. 13, 2007	90	Mar. 28, 2007	105
San Ignacio 05-06	Dic. 03, 2005	Feb. 28, 2006	85	Mar. 30, 2006	115
Zaragoza 05-06	Dic. 20, 2005	Mar. 10, 2006	80	Abr. 05, 2006	106
Zaragoza 06-07	Dic. 18, 2006			Mar. 29, 2007	100
Navidad 07	Mar. 13, 2007			Jun. 11, 2007	90

DTPM, DTSM.- Días transcurridos del riego de siembra a primer y segundo muestreo

Parcela experimental.

El tamaño de la parcela experimental fue de 6.3 m² (6 hileras de 3 m de longitud por 0.35 m de separación entre hileras), en tanto que la parcela útil fue de 0.175 m², es decir, se cortaron 50 cm de una de las hileras con competencia completa a una altura aproximada de 5cm sobre la superficie del suelo.

Datos registrados

De campo:

- Altura de planta (AP); se midió en cm. en la parcela útil, considerando desde la superficie del suelo hasta la altura más generalizada del extremo superior de las plantas sin considerar el largo de las hojas, para el primer muestreo y para el segundo la altura mas generalizada de las espigas sin tomar en cuenta la aristas cuando fue el caso.
- Producción de forraje seco (FS); se determinó mediante el corte y secado en asoleadero hasta peso constante de la biomasa presente en la parcela útil de cada genotipo en sus tres repeticiones; los datos fueron registrados en gramos por parcela y luego transformados a toneladas por hectárea.
- Estadío de la planta al corte; se realizó una estimación de la etapa en que se encontraba el 50% o más de las plantas de cada parcela al momento de muestreo en base a la escala de Zadoks *et al.* (1974), lo anterior con la finalidad de considerar la precocidad de los diferentes genotipos para establecer comparaciones con los testigos.

De calidad:

- Porcentaje de proteína cruda ajustada base seca (PCABS)
- Proteína cruda soluble (PCS)
- Fibra detergente ácido libre de cenizas (FDALC)
- Fibra detergente neutro libre de cenizas (FDNLC)

- Cenizas (CZAS)
- Valor relativo del forraje (VRF)
- Total de nutrientes digestibles (TND)
- Energía neta de lactancia (ENL)
- Energía neta de mantenimiento (ENM)
- Energía neta de ganancia (ENG)
- Lignina (LIG)
- Máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN)

Los análisis de calidad forrajera fueron realizados por los Laboratorios AgroLab de México, SA de CV con sede en Gómez Palacio, Durango.

Todos los datos de calidad anteriores, fueron considerados para el primer muestreo (ciclo 05-06); sin embargo para el segundo (ciclo 06-07) no nos reportaron proteína cruda soluble (PCS) ni la fibra detergente ácido libre de cenizas (FDALC) sino solamente fibra detergente ácido (FDA) lo que representa aproximadamente de 2 a 3 puntos porcentuales a favor de ésta sobre la primera.

Los datos y resultados de calidad forrajera del segundo muestreo durante el ciclo 05 – 06 y del primero durante 06 – 07, no se sometieron a prueba estadística alguna ya que la determinación de calidad se hizo a una muestra homogeneizada de las tres repeticiones de cada genotipo, por lo que los datos se incluyen en los cuadros 4.9 y 4.17 respectivamente, solo para dar al lector

una idea del comportamiento del material experimental en la etapa y ciclo reportados.

Diseño experimental

Los ensayos se establecieron bajo el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento o genotipo para las variables de campo (rendimiento de forraje seco y altura de planta) y dos repeticiones para las variables de calidad forrajera.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza individuales para cada uno de los ambientes y en forma combinada a través de ambientes para las variables de campo, análisis individuales por cada variable de calidad en los dos ciclos; pruebas de medias utilizando la de Tukey (Steel y Torrie, 1981) individuales y combinadas para las variables de campo, e individuales para cada variable de calidad.

El análisis de la interacción genotipo ambiente para el rendimiento de materia seca, cuando se presentó, se realizó mediante el modelo de efectos principales aditivos y de interacción multiplicativa (AMMI por sus siglas en inglés), el cual funciona bajo el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^{\lambda_k} \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

donde: Y_{ij} = rendimiento del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente.

μ = Media general.

g_i = Media del i-ésimo genotipo menos la media general.

e_j = Media del j-ésimo ambiente menos la media general.

λ_k = Raíz cuadrada del eigenvalor del k-ésimo eje del ACP.

α_{ik} , γ_{jk} = Calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo y j-ésimo ambiente respectivamente.

R_{ij} = Residual del modelo.

Las calificaciones del ACP (Análisis de Componentes Principales) para los ambientes y genotipos están expresadas como unidades del eigenvector correspondiente por la raíz cuadrada del eigenvalor (Zobel *et al.*, 1988). La suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente se subdivide en ejes del ACP, donde el eje k posee $g + e - 1 - 2k$ grados de libertad, donde g y e representan el número de genotipos y ambientes, respectivamente. Normalmente son retenidos en el modelo sólo los dos primeros componentes principales (CP); los restantes son enviados al residual.

En este modelo, las calificaciones asignadas a los genotipos pueden tomar valores positivos o negativos con respecto al componente principal, siendo considerados genotipos estables aquellos que poseen valores cercanos a cero (menor interacción); valores mayores indican una mayor interacción con

los ambientes y dependiendo del signo se realiza una descripción más amplia de los genotipos.

Adicionalmente y con el propósito de conocer el grado de asociación entre las diferentes variables estudiadas se realizaron correlaciones simples entre ellas.

Todos los análisis de varianza, pruebas de medias, correlaciones y el análisis de estabilidad, se corrieron mediante el uso del paquete computacional Statistical Analysis System (SAS , 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de rendimiento para el primer muestreo

Los cuadrados medios de los análisis de varianza individuales por ambiente para rendimiento de forraje seco, se presentan en el cuadro 4.1, en donde se observa que para repeticiones hubo alta significancia estadística en los ambientes 3 y 4, el ambiente 5 registro significancia al 0.05, en tanto que 1 y 2 no mostraron diferencias estadísticas. Con relación a genotipos, sólo los ambientes 1 y 5 exhibieron diferencias altamente significativas, no presentando significancia para el resto de los ambientes. En general, los coeficientes de variación tuvieron una magnitud aceptable ya que oscilaron entre 14.81 y 20.53% (ambientes 4 y 1 respectivamente) lo que indica que la conducción de los experimentos fue adecuada y por lo tanto los resultados se consideran confiables.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales de FS por ambiente para el primer muestreo.

FV	GL	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 3	Amb. 4	Amb. 5
Repeticiones	2	1.3008NS	0.7660NS	14.206**	9.3910**	3.5715*
Genotipos	29	8.3543**	3.7338NS	3.958NS	6.0287NS	2.9206**
Error	58	3.6166	4.6442	2.6432	2.2681	0.8402
Total	89					
CV (%)		20.53	20.47	19.44	14.81	19.95

NS, *, **, No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.
Ambiente: 1) Las Vegas 06-07; 2) El Retiro 06-07; 3) Las Vegas 05-06; 4) San Ignacio 05-06 y
5) Zaragoza 05-06.

Para todos y cada uno de los ambientes se realizaron pruebas de comparación de medias entre genotipos (Tukey al 0.05 de probabilidad), como aparecen en el Cuadro 4.2., donde puede observarse que para el ambiente uno (Las Vegas 06-07) los genotipos de mayor rendimiento fueron el 23, 2 y 19 con 12.74, 12.11 y 11.41 t ha⁻¹ respectivamente aunque estadísticamente iguales a 24 genotipos más entre los que se encuentra la variedad comercial de cebada Cerro Prieto con 8.51 t ha⁻¹, los materiales menos rendidores fueron los testigos de diferente especie: trigo, triticale y avena con 5.60, 5.68 y 6.44 t ha⁻¹ en el mismo orden.

En los ambientes 2 (El Retiro) y 3 (Las Vegas 05-06) como se ha mencionado, no registraron diferencias estadísticas para la fuente de variación genotipos, lo que indica que el comportamiento de éstos fue similar, destacando numéricamente para El Retiro los genotipos 5, 4 y 17 con 12.26 y 12.25 t ha⁻¹, siendo los menos rendidores el 24, 20 y 29 con 8.36, 9.03 y 9.05 t ha⁻¹ respectivamente.

Con referencia al ambiente 3, en él se formaron dos grupos de significancia ($P \leq 0.05$), el primero de ellos encabezado por los genotipos 28, 2 y 7 con rendimientos de 12.05, 10.12 y 10.02 t ha⁻¹ junto con 24 genotipos más, en contraste, los genotipos menos rendidores fueron los testigos trigo y avena

con 6.42 y 6.50 t ha⁻¹, mientras que el triticale para este ambiente observó un comportamiento intermedio con 8.47 t ha⁻¹.

En el ambiente 4 (San Ignacio) cuyo análisis de varianza registró alta significancia estadística, se formaron tres grupos, en el primero de los cuales se ubicaron los genotipos 9, 21 y 10 con 12.52, 12.21 y 11.88 t ha⁻¹, estadísticamente iguales a 25 genotipos más; los menores valores de rendimiento correspondieron a la avena, trigo y la línea imberbe Narro-520-02 con 6.39, 7.53 y 8.28 t ha⁻¹ respectivamente.

El ambiente 5 (Zaragoza 05-06) presentó también diferencias estadísticas altamente significativas, al realizar la prueba de medias se formaron cuatro grupos, destacando en el primero de ellos los genotipos 18, 28 y 21 con 6.58, 6.42 y 5.92 t ha⁻¹, estadísticamente iguales a otros 21, los materiales con más pobre comportamiento para este ambiente fueron el 29, 14 y 13 con rendimientos de 2.83, 3.08 y 3.17 t ha⁻¹.

Es importante observar que las cebadas de mayor rendimiento incluyendo la variedad comercial para este primer muestreo, superaron el comportamiento del mejor testigo de diferente especie en todos los ambientes desde 16.8% (avena) en el ambiente 2 hasta 49% para el mismo cultivo en el ambiente 1; lo cual seguramente se debe a la precocidad de las cebadas (Colín *et al.*, 2004).

Cuadro 4.2 Comparación de medias por ambiente para rendimiento de forraje seco en el primer muestreo.

GENOTIPO	NOMBRE	AMBIENTES				
		1	2	3	4	5
1	Narro-94-02	7.22AC	12.23A	8.63AB	10.84AC	4.58AD
2	Narro-95-02	12.12AB	11.54A	10.12AB	8.81AC	5.67AD
3	Narro-110-02	8.61AC	10.93A	8.38AB	9.73AC	3.92AD
4	Narro-147-02	7.88AC	12.25A	7.20AB	8.65AC	5.58AD
5	Narro-154-02	10.34AC	12.26A	8.55AB	11.29AB	4.75AD
6	Narro-175-02	9.74AC	10.65A	7.38AB	9.95AC	4.25AD
7	Narro-178-02	8.44AC	11.29A	10.02AB	9.79AC	4.75AD
8	Narro-210-02	10.21AC	9.39A	8.52AB	9.65AC	4.33AD
9	Narro-218-02	10.25AC	11.56A	8.40AB	12.52A	4.50AD
10	Narro-221-02	9.01AC	10.30A	7.48AB	11.88AB	3.67AD
11	Narro-251-02	9.62AC	10.95A	8.15AB	11.04AC	3.83AD
12	Narro-274-02	10.06AC	11.40A	8.63AB	11.60AB	4.18AD
13	Narro-305-02	9.16AC	9.45A	7.73AB	10.71AB	3.17CD
14	Narro-310-02	9.30AC	9.25A	7.80AB	10.09AC	3.08CD
15	Narro-313-02	11.39AC	11.37A	7.70AB	9.97AC	5.08AD
16	Narro-339-02	9.35AC	11.18A	9.72AB	11.61AB	5.33AD
17	Narro-396-02	7.95AC	12.25A	8.70AB	9.64AC	4.50AD
18	Narro-406-02	9.15AC	9.22A	6.92AB	10.39AC	6.58A
19	Narro-428-02	11.41AC	10.27A	8.72AB	10.45AC	5.75AD
20	Narro-477-02	9.98AC	9.03A	7.85AB	10.45AC	3.50BD
21	Narro-482-02	10.35AC	9.45A	9.45AB	12.21AB	5.92AC
22	Narro-507-02	9.26AC	11.09A	9.13AB	9.68AC	5.00AD
23	Narro-520-02	12.74A	10.34A	8.40AB	8.28AC	5.67AD
24	Narro-59-02	9.22AC	8.36A	8.17AB	11.45AB	4.50AD
25	Narro-116-02	10.37AC	10.36A	8.20AB	11.20AC	5.08AD
26	Narro-522-02	8.46AC	9.77A	7.45AB	9.11AC	3.42CD
27	Avena (Cuauhtemoc)	6.44BC	10.21A	6.50B	6.39C	4.17AD
28	Cebada (Cerro Prieto)	8.52AC	11.16A	12.05A	10.51AC	6.42AB
29	Trigo (AN-266-99)	5.60C	9.05A	6.42B	7.53BC	2.83D
30	Tcl. (Eronga-83)	5.68C	9.24A	8.47AB	8.64AC	3.58BD
DMS		6.1218	6.9372	5.2335	4.848	2.9507
Media general t ha ⁻¹		9.26	10.53	8.36	10.169	4.59

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Ambientes: 1) Las Vegas 06-07, 2) El Retiro, 3) Las Vegas 05-06, 4) San Ignacio 05-06 y 5) Zaragoza 05-06.

Análisis de Varianza combinado

En el cuadro 4.3 se observa que existieron diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación ambientes y genotipos, así como diferencias ($P < 0.05$) para repeticiones dentro de ambientes y la interacción genotipo x ambiente.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza combinado a través de cinco ambientes para rendimiento de forraje seco del primer muestreo.

FV	GL	SC	CM	FC
Ambientes	4	2044.232	511.058**	182.36
Rep. (Amb.)	10	58.472	5.847*	2.09
Genotipos	29	300.954	10.378**	3.70
Amb*Genotipo	116	423.931	3.655*	1.30
Error	290	812.727		
Total	449			

CV 19.50%

Media general 8.583 t ha⁻¹

*,** Significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente.

En función de la alta significancia estadística para ambientes y genotipos, se realizaron las pruebas de medias respectivas; así, en el cuadro 4.4 se muestran los resultados de dicha prueba para ambientes observándose que el ambiente 2 (El Retiro) y el 4 (San Ignacio) sobresalieron como los sitios de mayor potencial productivo en un primer grupo con medias generales de

rendimiento de 10.53 y 10.17 t ha⁻¹, en tanto que el ambiente 5 (Zaragoza 05-06) se comportó como el ambiente menos favorable con 4.59 t ha⁻¹.

Cuadro 4.4 Prueba de medias generales de comportamiento por ambiente (Tukey) para rendimiento de forraje seco en el primer muestreo.

No.	Ambiente	Media (t ha ⁻¹)	Significancia
2	El Retiro 06 - 07	10.527	A
4	San Ignacio 05- 06	10.169	A
1	Las Vegas 06 - 07	9.261	B
3	Las Vegas 05 - 06	8.361	C
5	Zaragoza 05 – 06	4.594	D

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.
DMS = 0.685

La comparación de medias para genotipos aparece en el cuadro 4.5 donde se aprecian cuatro grupos estadísticos, el primero de ellos representado y significativamente superior por los genotipos 28, 2, 21, 9, 5 y 16 pero estadísticamente iguales a 21 líneas imberbes más; los testigos trigo, avena y triticale se ubicaron en los últimos lugares con 6.29, 6.74 y 7.12 t ha⁻¹ respectivamente.

Es destacable el hecho de que en promedio de los cinco ambientes para este primer muestreo la variedad Cerro Prieto y varias de las nuevas líneas superan estadística y/o numéricamente a los testigos de las otras especies lo cual probablemente se debe a la precocidad de la cebada, característica que hace de estos nuevos materiales alternativas reales para la explotación forrajera durante el corto período invernal de áreas como la Comarca Lagunera

y otras del norte y centro de México (Colín *et al*, 2004; Colín *et al*, 2007 y González, 2007).

Cuadro 4.5 Comparación de medias de rendimiento de forraje seco (Tukey) para el primer muestreo a través de cinco ambientes 05-06.

Genotipo	Nombre	Media t ha ⁻¹	Significancia	Etapas (Zadoks)
28	Cebada (Cerro Prieto)	9.730	A	67
2	Narro-95-02	9.651	A	55
21	Narro-482-02	9.475	A	60
9	Narro-218-02	9.447	A	57
5	Narro-154-02	9.440	A	51
16	Narro-339-02	9.439	A	57
19	Narro-428-02	9.320	AB	60
12	Narro-274-02	9.222	AB	60
15	Narro 313-02	9.104	AB	59
23	Narro-520-02	9.087	AB	60
25	Narro-116-02	9.043	ABC	60
7	Narro-178-02	8.857	ABC	55
22	Narro-507-02	8.832	ABC	55
11	Narro-251-02	8.720	ABC	57
1	Narro-94-02	8.701	ABC	43
17	Narro-396-02	8.607	ABC	51
10	Narro-221-02	8.469	ABCD	51
18	Narro-406-02	8.451	ABCD	55
8	Narro-210-02	8.421	ABCD	53
6	Narro-175-02	8.394	ABCD	43
24	Narro-59-02	8.340	ABCD	45
3	Narro-110-02	8.316	ABCD	55
4	Narro-147-02	8.313	ABCD	43
13	Narro-305-02	8.243	ABCD	60
20	Narro-477-02	8.163	ABCD	60
14	Narro-310-02	7.905	ABCD	55
26	Narro-522-02	7.641	ABCD	57
30	Tcl. (Eronga-83)	7.122	BCD	53
27	Avena (Cuauhtémoc)	6.739	CD	37
29	Trigo (AN-266-99)	6.287	D	37

DMS = 2.3151

Medias con la misma letra con estadísticamente iguales.

Media general 8.583 t ha⁻¹

Interacción Genotipo Ambiente

Dado que el ANVA combinado a través de ambientes mostró significancia para la interacción genotipo ambiente (IGA) en el primer muestreo, se procedió a realizar el análisis de estabilidad mediante el modelo de efectos principales aditivos y de interacción multiplicativa (AMMI), el cual mostró que alrededor del 73% de la IGA es explicada con los dos primeros componentes, el segundo de los cuales incluso es no significativo (Cuadro 4.6) debido posiblemente a que la interacción solo fue significativa.

Cuadro 4.6 Cuadrados medios y significancia del AMMI para FS en El primer muestreo.

FV	g.l.	SC	CM
AMB	4	2044.232	511.058**
REP/AMB	10	58.472	5.847NS
GENO	29	300.954	10.378**
G*A	116	423.931	3.655*
CP 1	32	176.323	5.51**
CP 2	30	133.458	4.449NS
RESIDUAL	54	114.15	2.114NS
EE	290	812.727	2.802
TOTAL	449	3640.317	

NS, *, **, no significativo, significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente

Al analizar y graficar la IGA se encontró que los genotipos 26, 5, 3, 11, 12, 6, 18 y 22 presentaron la menor interacción, en contraste genotipos como el 2, 23, 13, 24 y 1 mostraron la mayor cantidad de IGA, con los genotipos 2 y 23 mostrando mejor respuesta en el ambiente 1 (A1), en tanto el 13 y 24 se adaptaron mejor a las condiciones del ambiente 4 (A4) tal como se aprecia en la Figura 4.1, en la cual se visualiza también la adaptación que mostraron los genotipos 1, Triticale, Cerro Prieto, Trigo, 17, 3 y 16 en el ambiente 3 (A3) y la avena en los ambientes 2 y 5.

En general los materiales y ambientes que aparecen a la izquierda de la línea que cruza el punto cero del primer componente principal presentan interacciones negativas, lo cual significa que tenderán a rendir menos o mostrar variaciones negativas en éste por efecto de las condiciones ambientales, sin embargo algunos de los materiales presentarán adaptación específica a ciertos ambientes (aquellos que se encuentran en su cercanía y en el mismo cuadrante), por el contrario aquellos que aparecen del lado derecho de la línea mencionada tenderán a rendir más de lo observado, dado que aprovechan mejor las variaciones ambientales o mejor manejo (interacciones positivas), adaptándose a los ambientes que se encuentran cercanos a ellos en la Figura 4.1.

De los ambientes, la localidad San Ignacio (ambiente 4) mostró las interacciones mas positivas, en otras palabras es uno de los mejores ambientes para la producción de forraje con cebadas imberbes, algunas de las cuales aprovechan al máximo las condiciones prevalentes en dicho ambiente. Caso contrario ocurrió con los ambientes 2 y 5 (El Retiro y Zaragoza, respectivamente) que por sus condiciones particulares provocaron interacciones negativas aunque al parecer el genotipo 4 y la avena mostraron buen comportamiento bajo sus condiciones.

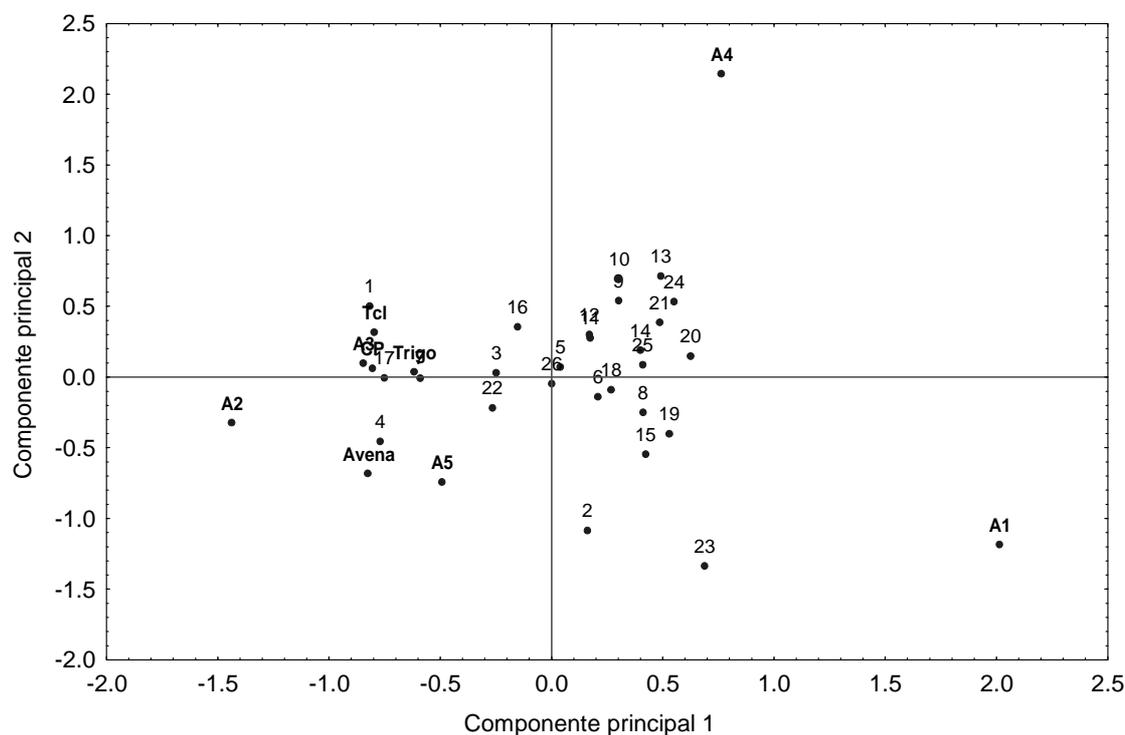


Figura 4.1. Representación gráfica de la interacción genotipo ambiente de los cinco ambientes y 30 genotipos con base en los dos primeros componentes principales generados por el análisis AMMI.

Al graficar los genotipos y ambientes en el plano generado por el rendimiento y el primer componente principal (Figura 4.2), se confirma que el genotipo 26 fue el más estable, seguido por el 5, 2, 11 y 12 dada su cercanía a la línea que cruza el punto cero del componente principal 1.

El mejor ambiente de producción fue el 2 seguido del 4 y 1, con interacciones negativas para el primero y positivas para los segundos. Esto confirma los resultados de la comparación de medias realizada, proporcionando adicionalmente información acerca de las interacciones que provocó en los materiales cada uno de los ambientes, de los cuales el ambiente 5 resultó ser el

menos favorable para la producción, mostrando interacciones negativas al igual que el ambiente 3. (Figura 4.2).

Vale la pena señalar algunas adaptaciones específicas como la mostrada por Cerro Prieto en el ambiente 2 (A2) y la del trigo, avena y triticale en los ambientes 3 y 5, así como la de los genotipos 2, 5, 9, 21 y 19 en los ambientes 4(A4) y 1(A1).

Respecto a los genotipos, se aprecia en la misma figura que el 2, 5, 9 y 21 así como el 16 presentaron los mayores rendimientos, sin embargo el genotipo 16 presenta interacciones de tipo negativo mientras los demás genotipos las presentan positivas. Las interacciones positivas indican que los genotipos que las presentan en ocasiones tienden a rendir más de lo estimado por su media, en tanto que las interacciones negativas sugieren que los genotipos tenderán a producir menos cantidad que la estimada con su valor medio en este estudio.

Con la información antes vertida se puede clasificar a los genotipos de dos maneras diferentes, así el genotipo 26 es el más estable, pero con bajo rendimiento, en tanto los genotipos 2, 5, 9, 21 e incluso 19 y 16 son genotipos deseables por su rendimiento e interacciones pequeñas, a pesar de que el 16 las presente negativas.

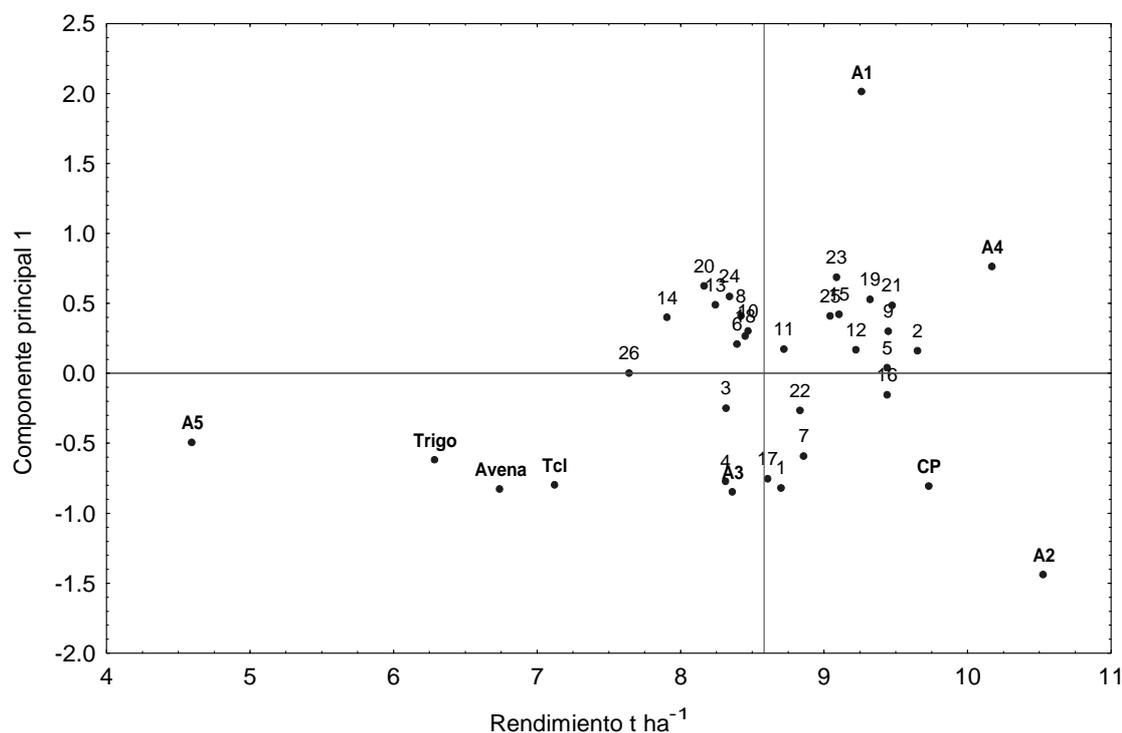


Figura 4.2. Genotipos y ambientes con base en el rendimiento y primer componente principal obtenido mediante el método AMMI en el primer muestreo.

Resultados de calidad para el primer muestreo en “Las Vegas” 05-06

En el cuadro 4.7 se concentran los cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de calidad forrajera. Se observa que no existió significancia estadística para la fuente de variación repeticiones lo cual puede entenderse en función de que las determinaciones son realizadas en laboratorio y por lo mismo, se podría haber utilizado el diseño completamente al azar.

Respecto a la fuente de variación genotipos, los análisis reflejaron alta significancia estadística ($P < 0.01$) para PCABS, PCS, FDALC, FDNLC, CZAS

Y VRF así como significancia ($P < 0.05$) para TND, ENL, ENM, ENG, LIG Y MDFDN. Los coeficientes de variación tuvieron una magnitud aceptable ya que oscilaron entre 1.98% en TND y 13.80% PCABS.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de calidad forrajera en el primer muestreo Las Vegas, Mpio., de Fco. I. Madero, Coah., ciclo Otoño Invierno, 05 – 06.

FV	PCABS	PCS	FDALC	FDNLC	CZAS	VRF	TND	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN
Rep.	1.233	11.27	0.104	1.504	0.008	2.40	0.150	0.0005	0.0013	0.0008	0.0000	0.054
Gen.	11.233**	84.27**	4.78**	17.16**	3.17**	86.43**	2.66*	0.004*	0.006*	0.005*	0.344*	6.711*
Error	3.928	31.20	1.197	4.39	0.340	23.57	1.12	0.002	0.003	0.0025	0.144	3.269
x ^c	14.36	63.16	35.86	58.08	15.65	91.60	53.35	1.209	1.14	0.583	3.83	73.85
CV(%)	13.80	8.84	3.05	3.61	3.72	5.30	1.98	3.38	4.79	8.66	9.93	2.45
V_Máx	19.20(29)	71.55(30)	38.00(3)	62.30(28)	17.65(22)	111(27)	55.50(27)	1.310(27)	1.275(27)	0.705(27)	4.55(24)	77.60(27)
V_Min	10.10(16)	39.90(28)	31.85(27)	51.30(27)	12.60(16)	82.5(3)	50.50(24)	1.130(24)	1.035(24)	0.485(24)	2.75(27)	69.70(24)

*Significativo al 5% de probabilidad.

**Significativo al 1% de probabilidad.

() Número de genotipo que presenta el máximo ó mínimo valor.

En virtud de la significancia estadística encontrada para todas las variables de calidad, se realizaron pruebas de comparación de medias para lo cual se utilizó la de Tukey (Steel y Torrie, 1986), los resultados de dicha prueba se presentan en el Cuadro 4.8., del cual en resumen se destaca lo siguiente:

Para proteína cruda ajustada base seca (PCABS) se formaron dos grupos de significancia, el primero de los cuales fue encabezado por los testigos de las otras especies, genotipos 29, 30 y 27 con 19.20, 18.20 y 18.20% en forma respectiva, pero estadísticamente iguales a 25 líneas experimentales; los materiales con menor porcentaje de proteína fueron el 16 (Narro-339-02) y 28 (cebada Cerro Prieto) con 10.10 y 10.85%. En cuanto a PCS, solo la variedad Cerro Prieto presentó un valor estadísticamente inferior con 39.90% cuando la media general del carácter fue de 63.13% y los valores más altos los

presentaron el triticale y la línea Narro-94-02 con 71.55 y 71.35%; seguidas muy de cerca por la avena y las líneas Narro-221-02 y Narro-95-02.

Con relación a la FDALC, se encontró que las líneas con mayor promedio fueron Narro-110-02, Narro-339-02 y Narro-522-02 con 38.00, 37.95 y 37.90 aunque estadísticamente iguales al resto de los genotipos con excepción de la avena y el trigo. Con referencia a la FDNLC, se formaron cuatro grupos estadísticos, el primero de ellos encabezado por los genotipos 28, 16 y 21 con 62.30, 62.25 y 62.15% junto con 24 genotipos más. Herrera y Saldaña (1999) citan que los forrajes de alta calidad deben tener como máximo 35% de FDA y 60% de FDN, por lo que bajo esos parámetros, el 30% de los materiales es considerado de alta calidad por su FDA mientras que por FDN el 80% cae dentro de esa clasificación.

En lo que a cenizas (CZAS) se refiere, los valores más altos los exhibieron los genotipos 22, 29 y 24 con 17.65, 17.50 y 17.45% ubicados en un primer grupo de significancia al igual que 16 genotipos más, en contraste, los de menor contenido de cenizas fueron las líneas Narro-482-02 y Narro-339-02 con 13.75 y 12.60%.

Para el valor relativo del forraje (VRF), avena, Narro-221-02, Narro-94-02, Narro-175-02 y el trigo, encabezaron el primero de los dos grupos estadísticos formados con valores de más de 100, mientras que los genotipos con el menor comportamiento fueron el 3 (Narro-110-02) y la variedad Cerro Prieto con 82.50

y 83.50 respectivamente. Por lo que a total de nutrientes digestibles (TND) se refiere, los máximos valores fueron para avena, Narro-406-02 y Narro-339-02 con 55.50 en cada caso y estadísticamente iguales al resto de los materiales con excepción de Narro-59-02 que se ubicó en el último lugar con 50.50.

En cuanto a las energías (ENL, ENM y ENG), en los tres casos se formaron idénticamente dos grupos de significancia destacando siempre en forma numérica los testigos de diferente especie pero estadísticamente iguales a todos los demás genotipos excepto una vez más, Narro-59-02 que fue significativamente inferior. Para lignina (LIG) en este primer muestreo, se formaron dos grupos, en el primero de ellos y que consta de 29 genotipos, destacan como los más lignificados el 24, 12 y 7 con 4.455, 4.40 y 4.35%, presentando la menor lignificación la avena con 2.75% y muy cerca de ella triticale y trigo, lo cual se explica en función de la etapa más joven en que se encontraban al momento del muestreo.

En MDFDN avena y Narro-406-02 con 77.60 y 77.25% respectivamente fueron más digestibles aunque estadísticamente iguales al resto de genotipos excepto Narro-59-02 que con 69.70% se ubicó en el último lugar.

Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de medias (Tukey) para rendimiento de forraje seco, altura de planta, características de calidad y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe para el primer muestreo realizado a los 86 días después del riego de siembra en rancho “Las Vegas”, Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005 – 2006.

# Var	Nombre	Rend. FSC1	ALTC1	PCABS	PCS	FDALC	FDNLC	CZAS	VRF	TDN	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN	ETAPA
1	Narro-94-02	8.63 A	103.33 BF	17.90 AB	71.35 A	34.45 AC	53.45 BD	17.20 AE	101.0 AB	53.5 AB	1.250 AB	1.195 AB	0.630 AB	3.50 AB	74.00 AB	43
2	Narro-95-02	10.12 A	110.00 AD	15.65 AB	69.05 A	36.15 AC	57.65 AD	16.15 AH	92.5 AB	52.5 AB	1.185 AB	1.110 AB	0.555 AB	4.25 AB	71.50 AB	55
3	Narro-110-02	8.38 A	111.67 AC	11.95 AB	64.15 A	38.00 A	62.10 AB	15.20 BH	82.5 B	52.5 AB	1.165 AB	1.080 AB	0.525 AB	3.90 AB	74.65 AB	53
4	Narro-147-02	7.20 A	106.67 BF	13.15 AB	68.60 A	36.40 AB	57.40 AD	17.00 AF	89.5 B	53.0 AB	1.190 AB	1.120 AB	0.560 AB	3.30 AB	76.35 AB	43
5	Narro-154-02	8.55 A	101.67 CF	14.100 AB	66.40 A	36.40 AB	58.75 AD	15.65 AH	89.5 B	53.0 AB	1.200 AB	1.130 AB	0.570 AB	3.85 AB	73.85 AB	45
6	Narro-175-02	7.38 A	96.67 FG	16.40 AB	64.50 A	33.50 AC	53.70 AD	17.30 AD	101.0 AB	53.0 AB	1.210 AB	1.150 AB	0.590 AB	3.90 AB	71.95 AB	41
7	Narro-178-02	10.02 A	110.00 AD	12.20 AB	58.60 AB	37.70 AB	59.65 AD	15.85 AH	87.0 B	52.0 AB	1.145 AB	1.055 AB	0.505 AB	4.35 A	71.85 AB	53
8	Narro-210-02	8.52 A	98.33 EF	12.70 AB	58.25 AB	35.95 AC	59.55 AD	14.70 FI	89.5 B	54.0 AB	1.215 AB	1.155 AB	0.590 AB	3.75 AB	74.75 AB	53
9	Narro-218-02	8.40 A	106.67 BF	12.20 AB	60.55 AB	35.95 AC	59.05 AD	15.05 CH	89.0 B	53.0 AB	1.185 AB	1.110 AB	0.555 AB	4.15 AB	72.45 AB	60
10	Narro-221-02	7.48 A	108.33 BE	16.60 AB	69.60 A	34.60 AC	54.00 AD	16.45 AG	101.5 AB	54.0 AB	1.240 AB	1.185 AB	0.625 AB	3.75 AB	72.75 AB	43
11	Narro-251-02	8.15 A	105.00 BF	11.15 AB	54.30 AB	36.45 AB	59.60 AD	14.80 EI	87.5 B	53.5 AB	1.190 AB	1.115 AB	0.560 AB	3.95 AB	73.85 AB	57
12	Narro-274-02	8.63 A	120.00 A	12.65 AB	63.20 A	37.05 AB	61.10 AC	13.85 HI	86.0 B	53.0 AB	1.190 AB	1.115 AB	0.560 AB	4.40 A	71.75 AB	59
13	Narro-305-02	7.73 A	106.67 BF	16.50 AB	67.00 A	34.15 AC	56.60 AD	16.00 AH	96.5 AB	53.5 AB	1.240 AB	1.180 AB	0.620 AB	3.70 AB	74.00 AB	60
14	Narro-310-02	7.80 A	110.00 AD	16.30 AB	66.15 A	35.45 AC	57.40 AD	15.50 AH	94.0 AB	53.5 AB	1.235 AB	1.175 AB	0.615 AB	3.80 AB	73.65 AB	53
15	Narro-313-02	7.70 A	110.00 AD	15.35 AB	67.30 A	34.75 AC	56.35 AD	16.85 AF	94.5 AB	52.5 AB	1.190 AB	1.115 AB	0.560 AB	3.95 AB	72.40 AB	53
16	Narro-339-02	9.72 A	110.00 AD	10.100 B	59.45 AB	37.95 A	62.25 A	12.60 I	84.0 B	55.5 A	1.230 AB	1.170 AB	0.610 AB	3.85 AB	75.25 AB	57
17	Narro-396-02	8.70 A	100.00 DF	13.05 AB	60.20 AB	36.20 AC	58.25 AD	15.55 AH	90.5 B	54.0 AB	1.210 AB	1.140 AB	0.580 AB	3.65 AB	74.70 AB	45
18	Narro-406-02	6.92 A	98.33 EF	13.30 AB	65.25 A	36.10 AC	57.90 AD	15.25 AH	92.0 AB	55.5 A	1.250 AB	1.195 AB	0.635 AB	3.15 AB	77.25 A	55
19	Narro-428-02	8.72 A	96.67 FG	12.30 AB	63.20 A	36.15 AC	60.10 AC	14.40 GI	88.0 B	54.0 AB	1.210 AB	1.145 AB	0.585 AB	3.90 AB	74.35 AB	59
20	Narro-477-02	7.85 A	105.00 BF	13.55 AB	58.45 AB	36.25 AC	61.30 AC	14.30 GI	85.5 B	53.5 AB	1.210 AB	1.140 AB	0.580 AB	3.95 AB	74.15 AB	60
21	Narro-482-02	9.45 A	106.00 BF	13.05 AB	54.75 AB	37.50 AB	62.15 A	13.75 HI	84.5 B	53.0 AB	1.200 AB	1.130 AB	0.570 AB	4.30 AB	72.75 AB	59
22	Narro-507-02	9.13 A	98.33 EF	15.35 AB	66.75 A	34.90 AC	55.65 AD	17.65 A	95.5 AB	52.0 AB	1.175 AB	1.100 AB	0.545 AB	3.85 AB	72.75 AB	51
23	Narro-520-02	8.40 A	103.33 BF	15.85 AB	65.75 A	35.30 AC	58.25 AD	15.00 DI	92.5 AB	54.5 AB	1.255 AB	1.210 AB	0.640 AB	3.50 AB	75.70 AB	60
24	Narro-59-02	8.17 A	106.67 BF	14.70 AB	65.30 A	36.85 AB	57.15 AD	17.45 AC	90.0 B	50.5 B	1.130 B	1.035 B	0.485 B	4.55 A	69.70 B	43
25	Narro-116-02	8.20 A	113.33 AB	14.90 AB	62.65 AB	37.15 AB	59.25 AD	15.30 AH	89.0 B	53.0 AB	1.210 AB	1.145 AB	0.580 AB	3.90 AB	73.65 AB	60
26	Narro-522-02	7.45 A	100.00 DF	12.90 AB	55.90 AB	37.90 A	60.30 AC	15.90 AH	85.0 B	52.0 AB	1.155 AB	1.075 AB	0.515 AB	4.15 AB	72.95 AB	55
27	Avena (Cuauh)	6.50 A	86.67 GH	18.20 AB	69.65 A	31.85 C	51.30 D	17.20 AE	111.0 A	55.5 A	1.310 A	1.275 A	0.705 A	2.75 B	77.60 A	32
28	Cebada (C.P.)	12.05 A	110.00 AD	10.85 B	39.90 B	37.65 AB	62.30 A	14.65 FI	83.5 B	52.0 AB	1.145 AB	1.060 AB	0.505 AB	4.35 A	72.60 AB	69
29	Trigo(AN-266-99)	6.42 A	80.00 H	19.20 A	66.95 A	33.25 BC	53.10 CD	17.50 AB	101.0 AB	54.0 AB	1.265 AB	1.215 AB	0.650 AB	3.30 AB	75.15 AB	33
30	Tcl (Eronga-83)	8.47 A	78.00 H	18.20 AB	71.55 A	33.90 AC	56.85 AD	15.50 AH	94.5 AB	55.0 A	1.290 AB	1.255 AB	0.685 AB	3.15 AB	77.15 AB	49
	Promedio	8.361	103.444	14.34	63.16	35.86	58.08	15.65	91.60	53.35	1.209	1.143	0.583	3.826	73.846	
	DMS	5.234	10.250	8.201	23.115	4.527	8.677	2.412	20.09	4.371	0.1692	0.2265	0.2089	1.5729	7.4826	
	CV%	19.44	4.56	13.70	8.75	3.00	3.57	3.66	5.22	1.95	3.34	4.74	8.56	9.766	2.408	

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Resultados de calidad para el segundo muestreo en “Las Vegas” 05 – 06.

Como se mencionó en el capítulo de materiales y métodos, se realizaron análisis de calidad a todos los genotipos, solo que a una muestra homogenizada de las tres repeticiones y por lo tanto no se tiene el sustento estadístico necesario, de modo que los resultados que aquí se presentan son preliminares, y deben tomarse como una idea del comportamiento forrajero del material genético ensayado, especialmente por la importancia que reviste la información dado el tipo de explotación que se maneja en la región donde fue conducido el experimento, en la cual se cosecha el forraje en la etapa de grano masoso (estadios 85-87 de la escala de Zadoks *et al.*, 1974) para la elaboración de silo.

En base a lo anterior, en el Cuadro 4.9 se presentan los datos de las diferentes características de calidad de los que se puede destacar brevemente lo siguiente:

En lo referente a proteína cruda, la mayoría de las nuevas líneas imberbes superan numéricamente a los testigos aún cuando estos fueron cosechados más jóvenes. Así, los genotipos más destacados en esta variable fueron, Narro-507-02, Narro-482-02, Narro-94-02, Narro-310-02 y Narro-221-02 con 12.1, 12.0, 11.5, 11.3, y 10.8% de proteína cruda (PCABS). En contraste, los materiales con menor proteína cruda fueron Narro-522-02, Narro-154-02, triticale, avena y la variedad comercial Cerro Prieto con 5.4, 5.9, 6.4, 6.4 y 6.5%

respectivamente. Los resultados aquí presentados, coinciden parcialmente con los reportados por Poland *et al*, (2004).

En cuanto a proteína cruda soluble (PCS), Narro-116-02, Avena, Narro-221-02 y Narro-59-02 obtuvieron los valores más altos con 59.0, 58.5, 50.3 y 50.2 en forma respectiva; en cambio los valores más bajos los presentaron Narro-110-02, Narro-305-02 y Narro-95-02 con 21.5, 25.3 y 26.9% en el mismo orden, los testigos (trigo, triticale y cebada Cerro Prieto) observaron un comportamiento intermedio, aunque numéricamente superior el trigo.

Por lo que respecta a las fibras (FDALC) y (FDNLC), solo los testigos de especies diferentes se ubicaron como forraje de baja calidad para la primera de ellos, sin embargo por su fibra detergente neutro, únicamente avena quedó como un forraje de baja calidad, seguida por trigo y triticale que se aproximan al límite (60) pero aun considerados de alta calidad, (Herrera y Saldaña, 1999). Vale la pena destacar el hecho de que en este par de variables, todas las cebadas, incluida Cerro Prieto, se mantengan dentro del rango de alta calidad, lo que indudablemente facilitará su adopción en la cuenca lechera más importante de nuestro país y otras de condiciones parecidas ampliando el abanico de opciones forrajeras de invierno.

Respecto al porcentaje de cenizas (CZAS), los valores más altos los presentaron Narro-116-02, Narro-94-02 y la línea experimental de trigo, con 16.0, 15.9 y 15.3% respectivamente, mientras que los menores porcentajes los

exhibieron cebada Cerro Prieto, Narro-482-02 y Narro-251-02 con 10.9, 11.0 y 11.4% en ese orden.

Referente al valor nutritivo del forraje (VRF), al igual que en las fibras, todas las cebadas mostraron mejor comportamiento desde 139 para la línea Narro-251-02 siendo la más destacada y 97 para Narro-116-02, en tanto que los testigos, avena, trigo y triticale se ubicaron en los últimos lugares con 73, 78 y 86 de VRF en forma respectiva.

Por lo que hace a total de nutrientes digestibles (TDN), nuevamente los valores mas altos los obtuvieron las cebadas con excepción de Narro-116-02, Narro-522-02, Narro-94-02 que ocuparon los últimos junto con los testigo; trigo, avena y triticale.

Con relación a las energías; neta de lactancia (ENL), de mantenimiento (ENM) y de ganancia (ENG), similar a lo que ocurrió con los resultados de calidad del primer muestreo, el ordenamiento en estas tres variables fue casi idéntico, solo que en este segundo muestreo, todas las cebadas con la excepción de Narro-522-02 y Narro-116-02 se ubicaron en comportamiento superior a los testigos de diferente especie y aunque de acuerdo a los criterios que mencionan Herrera y Saldaña (1999), ninguno de los genotipos se puede considerar de alta calidad, son las cebadas, especialmente las nuevas líneas las que más se aproximan.

En cuanto al contenido de lignina, los valores mas altos los presentaron los tratamientos 26, 15, 16 y 5 con 5.9, 5.5, 5.1 y 4.9% respectivamente, seguido del triticale con 4.8%, avena y trigo con 4.7% en tanto que los genotipos menos lignificados, fueron tres líneas de cebada imberbe correspondientes a los tratamientos 21, 20 y 3 con 2.7, 3.2 y 3.6% en el mismo orden.

Finalmente se presenta la columna de máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN) en la que se observa que Narro-482-02, Narro-477-02 y avena mostraron los porcentajes más altos, a saber; 76.0, 72.4 y 72.3% en forma respectiva; en contraparte, Narro -522-02, Narro-313-02 y Narro-339-02 se ubicaron en los últimos lugares con 59.9, 60.0 y 60.9%; en tanto que trigo (AN-266-99), cebada (var. Cerro Prieto) y triticale (var. Eronga-83), observaron un comportamiento intermedio con 70.0, 68.6 y 68.6 respectivamente.

Como se pudo apreciar en la presentación de resultados del primer muestreo, en la mayoría de las variables de calidad, los testigos de diferente especie exhibieron en forma general el mayor comportamiento, lo cual se podría atribuir en buena medida a la etapa mas joven de los materiales mencionados en comparación con la mayoría de las cebadas incluyendo la variedad comercial Cerro Prieto. Ahora al considerar los resultados preliminares del segundo muestreo (realizado a los 112 días después del riego de siembra) dichas aseveraciones parecen confirmarse ya que en forma general en este segundo muestreo son las cebadas las que se comportan mejor

en lo que a calidad se refiere (Cherney y Marten, 1982; Khorasani *et al.*, 1997 y Poland *et al.* 2004).

Al comparar los parámetros de calidad a través de ambos cortes; se observó la tendencia natural de disminución de la proteína cruda al pasar de un muestreo a otro, sin embargo, en el contenido de fibras detergente ácido (Figura 4.3) y detergente neutro (Figura 4.4), los testigos mostraron un incremento al pasar de un muestreo a otro, lo cual es la tendencia normal de la mayoría de los forrajes estudiados, pero las cebadas imberbes (y la maltera) mostraron menor contenido de fibras en el segundo muestreo. Los testigos mostraron también menor energía neta de lactancia (Figura 4.5) y menor valor relativo del forraje (Figura 4.6), mientras que en las cebadas ocurrió lo contrario.

Lo anterior ha sido reportado por Ben-Ghedalia *et al.*, (1995) quienes sugieren que a medida que la cebada madura el valor nutricional de los granos, puede mejorar la cantidad de proteína y mantener la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, ya que el incremento de almidón en el grano (fuente de energía) puede compensar el decremento en la degradabilidad de la fibra neutro detergente y, como ocurrió en este estudio, incrementar el valor relativo del forraje.

Cuadro 4.9.- Rendimiento de forraje seco, altura de planta, características de calidad y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe para el segundo muestreo realizado a los 112 días después del riego de siembra en rancho “Las Vegas”, Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2005 - 2006.

# Var.	Nombre	Rend. FSC2	ALTC2	PCABS	PCS	FDALC	FDNLC	CZAS	VRF	TDN	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN	ETAPA (Zadoks)
1	Narro-94-02	12.87	121.67 BD	11.5	44.1	31.9	51.3	15.9	106	54	1.20	1.13	0.57	4.6	66.8	77
2	Narro-95-02	14.02	116.67 BF	8.1	26.9	31.0	51.3	13.8	107	56	1.24	1.19	0.62	4.3	68.3	87
3	Narro-110-02	9.75	111.67 CI	7.5	21.5	27.3	47.1	11.5	124	61	1.33	1.34	0.76	3.6	70.4	87
4	Narro-147-02	13.37	123.33 BC	7.8	31.4	31.2	50.5	13.1	107	58	1.29	1.24	0.68	4.0	70.0	77
5	Narro-154-02	13.65	116.67 BF	5.9	27.4	30.2	50.2	12.9	108	57	1.24	1.18	0.62	4.9	64.6	85
6	Narro-175-02	12.62	113.33 CH	7.5	29.1	28.8	48.8	12.4	116	59	1.31	1.28	0.71	4.1	68.4	85
7	Narro-178-02	13.37	113.67 CH	7.0	27.0	27.8	44.6	12.8	128	60	1.34	1.31	0.74	4.0	66.6	91
8	Narro-210-02	14.50	106.67 FJ	8.8	36.6	31.9	51.5	13.3	106	57	1.26	1.21	0.65	4.4	67.8	85
9	Narro-218-02	8.25	110.00 DI	6.5	33.5	29.2	49.0	12.4	114	58	1.29	1.25	0.68	4.4	66.8	90
10	Narro-221-02	15.50	121.67 BD	10.8	50.3	30.6	50.9	12.0	111	58	1.32	1.29	0.72	4.4	67.8	85
11	Narro-251-02	9.62	103.33 HJ	10.0	46.2	25.0	42.8	11.4	139	61	1.35	1.36	0.78	4.6	61.5	85
12	Narro-274-02	15.12	120.00 BE	10.6	46.6	29.6	49.1	11.9	116	58	1.32	1.29	0.72	4.7	65.0	87
13	Narro-305-02	12.37	108.33 EI	6.5	25.3	27.9	46.7	11.9	124	59	1.32	1.29	0.72	4.5	64.9	87
14	Narro-310-02	10.37	113.33 CI	11.3	47.8	27.3	47.6	11.9	124	59	1.34	1.32	0.74	4.7	64.0	85
15	Narro-313-02	12.37	113.33 CI	8.7	38.0	29.0	48.5	12.0	116	57	1.27	1.22	0.66	5.5	60.0	87
16	Narro-339-02	10.00	113.33 CI	8.1	33.9	27.2	46.6	11.7	124	59	1.31	1.27	0.70	5.1	60.9	90
17	Narro-396-02	12.75	110.00 DI	7.0	34.5	26.7	45.0	11.7	127	61	1.33	1.32	0.75	4.0	66.9	87
18	Narro-406-02	9.25	103.33 HJ	6.7	32.1	27.6	47.3	12.9	119	59	1.30	1.27	0.70	4.1	67.6	85
19	Narro-428-02	9.00	96.67 J	7.8	35.0	28.2	48.5	12.0	118	59	1.32	1.29	0.72	4.3	67.2	87
20	Narro-477-02	15.12	101.67 IJ	9.5	31.5	25.3	45.7	11.5	128	62	1.37	1.39	0.81	3.2	72.4	91
21	Narro-482-02	14.62	110.00 DI	12.0	43.6	25.1	46.6	11.0	128	63	1.41	1.45	0.87	2.7	76.0	90
22	Narro-507-02	8.75	103.33 HJ	12.1	47.0	28.1	48.8	12.5	120	59	1.37	1.35	0.77	3.8	70.4	85
23	Narro-520-02	9.37	105.00 GJ	10.3	42.2	25.5	43.1	11.8	136	61	1.36	1.38	0.80	3.9	66.2	85
24	Narro-59-02	10.00	108.33 EJ	9.8	50.2	27.9	49.0	12.9	116	58	1.31	1.28	0.71	4.2	68.0	85
25	Narro-116-02	14.00	118.33 BF	9.2	59.0	34.3	55.1	16.0	97	53	1.16	1.07	0.52	4.3	70.2	87
26	Narro-522-02	11.25	103.33 HJ	5.4	35.4	33.3	52.0	13.4	101	54	1.15	1.07	0.51	5.9	59.9	85
27	Avena (Cuauh)	12.62	145.00 A	6.4	58.5	42.3	66.0	12.7	73	53	1.12	1.02	0.47	4.7	72.3	69
28	Cebada (C.P.)	8.50	105.00 GJ	6.5	37.6	28.8	48.4	10.9	117	61	1.32	1.31	0.74	4.0	68.6	87
29	Trigo (AN-266-99)	12.50	121.67 BC	7.4	46.3	37.8	59.7	15.3	78	52	1.11	1.00	0.45	4.7	70.0	69
30	Tcl (Eronga-83)	13.75	128.33 B	6.4	41.7	35.4	58.0	12.8	86	55	1.18	1.10	0.54	4.8	68.6	71

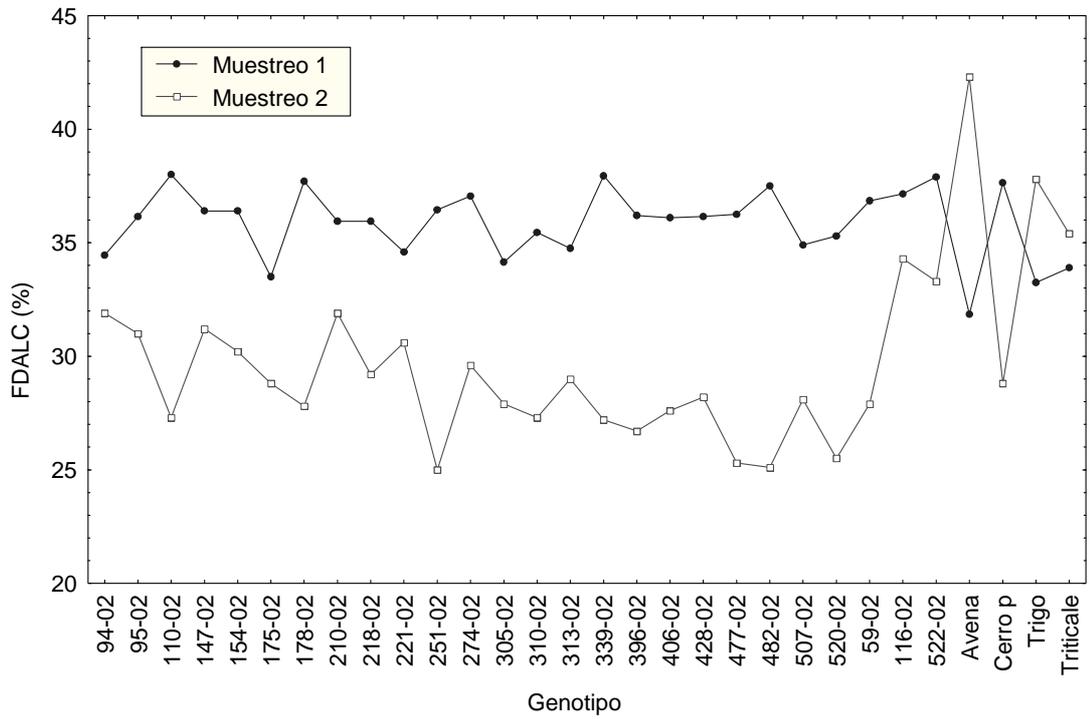


Figura 4.3.- Contenidos de fibra detergente ácida (FDALC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.

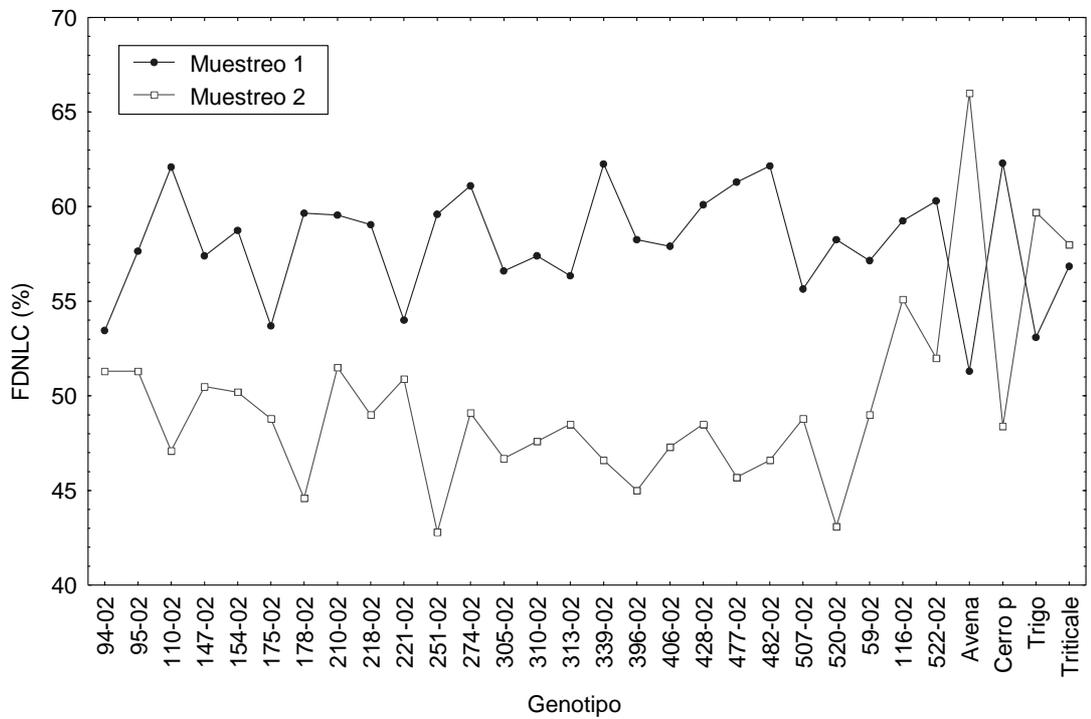


Figura 4.4.- Contenidos de fibra detergente neutro (FDNLC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.

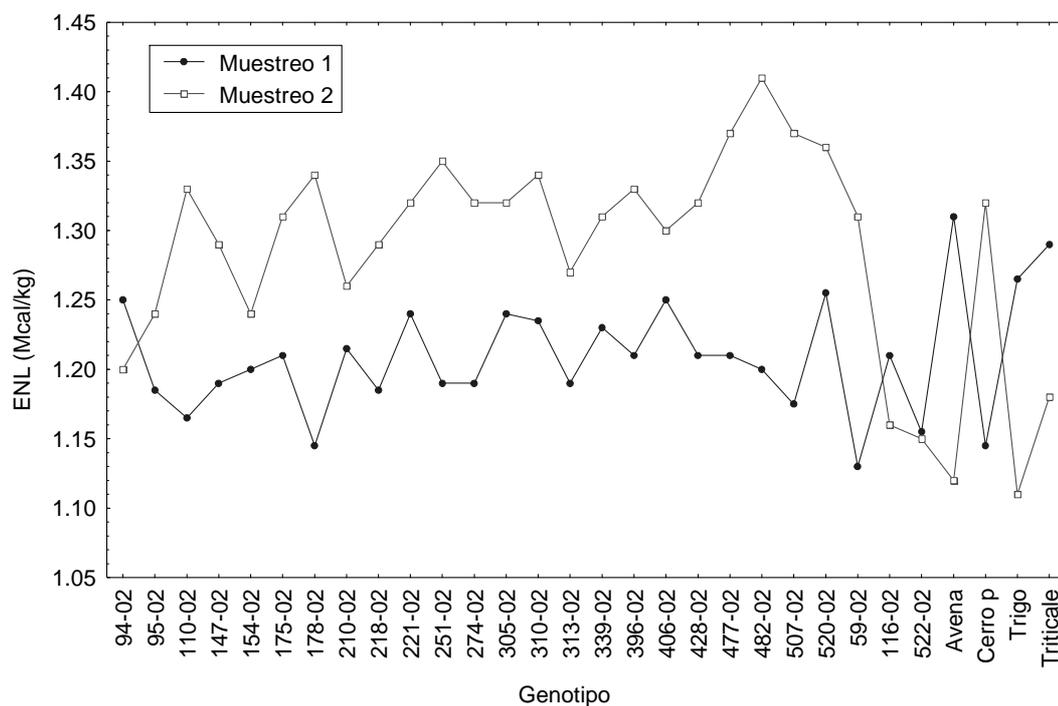


Figura 4.5.- Contenidos de energía neta de lactancia (ENL) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.

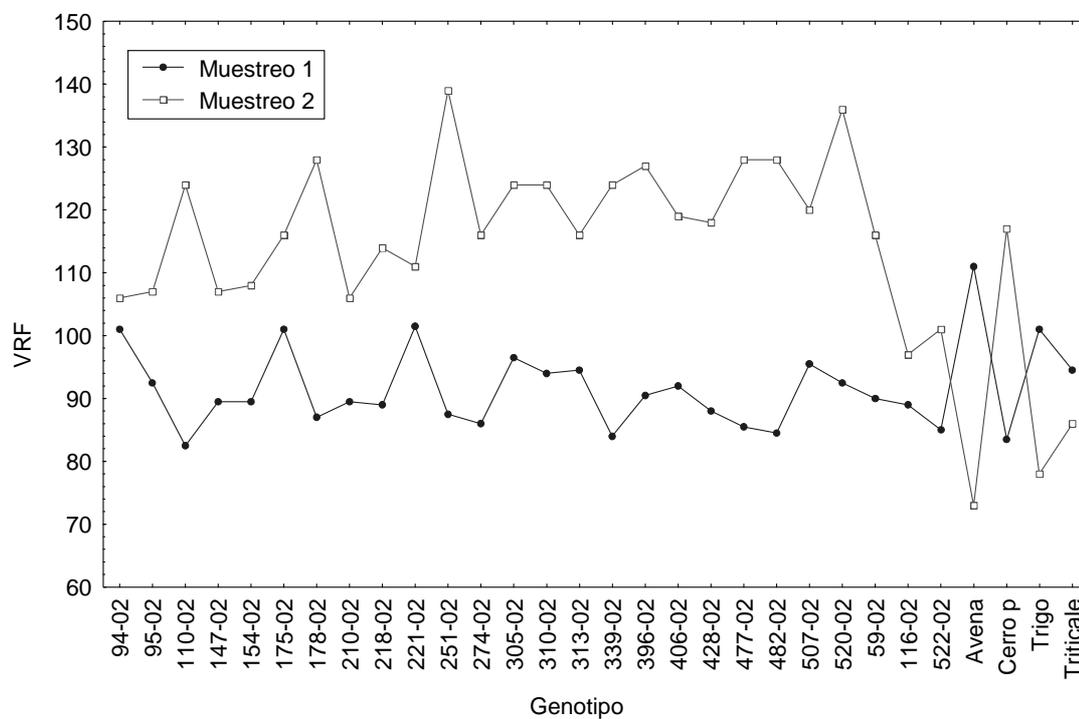


Figura 4.6.- Valor relativo del forraje (VRF) de los genotipos en los muestreos realizados a los 86 y 112 días después del riego de siembra.

Correlaciones entre variables para el primer muestreo en “Las Vegas”

05-06

Los resultados de la correlación lineal entre las diferentes variables se presentan en el Cuadro 4.10, destacándose por su relación con el tema del presente trabajo que, el rendimiento de forraje seco (FSC1), al igual que altura de planta (ALTC1) no mostraron asociación significativa con ninguna variable, sugiriendo una herencia independiente del resto de las características o que las cebadas son muy similares en dichos caracteres por lo cual no se asoció significativamente con el resto de variables. La proteína cruda ajustada base seca PCABS se asoció significativa y positivamente con proteína cruda soluble (PCS), energías (ENL, ENM y ENG) y valor relativo del forraje (VRF), y de forma negativa con ambas fibras (FDALC y FDNLC), sugiriendo que conforme se avanza en etapa el forraje se torna más fibroso, con menos proteína, energía y VRF.

La presencia de mayor contenido de lignina (LIG) se asoció con una disminución de las energías (ENL, ENM y ENG), el total de nutrientes digestibles (TND), valor relativo del forraje (VRF) y la digestibilidad (MDFDN), lo cual es una relación bien documentada, así como su relación positiva con la altura de planta (ALTC1) y fibra detergente ácida (FDALC), pero no se asoció significativamente con el avance en madurez de la planta (ETAPA) o la mayor cantidad de biomasa (FSC1).

Otras correlaciones de interés aparecen en el mencionado cuadro.

Correlaciones entre variables para el segundo muestreo en “Las Vegas”

05-06

Al igual que para el primer muestreo, rendimiento de forraje seco (FSC2) no exhibió asociación con ninguna variable; altura de planta sin embargo, en este segundo muestreo se correlacionó positiva y significativamente con FDALC y FDNLC, y en sentido negativo con VRF; lo que sugiere que cuanto más alta fue la planta, su contenido de fibras se incrementó en detrimento del valor relativo del forraje.

PCABS y PCS tampoco presentaron asociación significativa con las otras variables, lo cual es deseable ya que indican por ejemplo, que el avance en la etapa no influye substancialmente en la modificación del contenido de proteína y por lo tanto la calidad se mantiene aún en “madurez” apta para ensilaje. Al respecto algunos autores mencionan que en general el rendimiento forrajero se incrementa y la calidad declina conforme el cultivo madura, aunque en cereales, la calidad puede mantenerse cuando ocurre el llenado de grano (Khorosani *et al*, 1997 y González, 2007).

La FDALC exhibió asociación positiva con FDNLC y negativa con VRF, TND, ENL, ENM, ENG, y ETAPA. Referente a FDNLC y CZAS, se observó la misma tendencia que FDALC en cuanto al sentido negativo de las correlaciones; de lo cual es destacable la asociación negativa de ambas fibras respecto a ETAPA, lo cual sugiere que un incremento en “Maduración” para

este caso, no necesariamente incrementa las fibras, lo cual es deseable en la producción forrajera (Colín *et al.* 2007 y González, 2007).

El VRF presentó asociaciones positivas con total de nutrientes digestibles (TDN), energía neta de lactancia, mantenimiento y ganancia (ENL, ENM y ENG) y con ETAPA, esta última de gran importancia ya que implica que el VRF se mantiene o incrementa con el avance en ETAPA lo que hace de las cebadas forraje de alto VRF. Las diferentes energías se correlacionaron en forma positiva entre sí y con ETAPA probablemente debido, como se mencionó en el primer corte, a la mayor concentración de carbohidratos en el grano. Se presentó además correlación negativa entre lignina (LIG) y máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN) lo que indica que a medida que se incrementa la lignificación en el forraje, la digestibilidad tiende a decrecer.

Resultados de rendimiento para el segundo muestreo

En el Cuadro 4.12 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza individuales para rendimiento de forraje seco en los seis ambientes incluidos para este segundo muestreo. Se observa que existió alta significancia estadística en la fuente repeticiones para el ambiente 3 (Zaragoza 06-07) y diferencias estadísticas al 0.05 para el ambiente 5 (San Ignacio), reportándose para el resto de los ambientes no significancia.

Respecto a la fuente de variación genotipos, éstos se comportaron estadísticamente diferentes ($P < 0.01$) también en dos ambientes; 1 (Las Vegas 06-07) y 3(Zaragoza 06-07), lo que indica que al menos uno de los genotipos se comportó de manera diferente y superior en esos ambientes; los cuatro ambientes restantes resultaron ser no significativos.

En relación a los coeficientes de variación, estos oscilaron entre 14.66 y 26.84% para Las Vegas 06-07 y Navidad, porcentajes que al igual que en el primer muestreo se consideran dentro de un rango aceptable y por lo mismo los resultados son confiables.

Cuadro 4.12 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales por ambiente para rendimiento en el segundo muestreo.

FV	GL	Amb. 1	Amb. 2	Amb. 3	Amb. 4	Amb. 5	Amb. 6
Repeticiones	2	14.557NS	0.558NS	23.594**	4.825NS	12.146*	3.1964NS
Genotipos	29	11.965**	11.698NS	6.981**	2.738NS	3.959NS	6.2727NS
Error	58	5.0842	8.059	2.608	4.480	2.907	4.575
Total	89						
CV (%)		14.66	17.86	18.12	23.48	15.63	26.84

NS, *, **, No significativo, significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Ambiente; 1) Las Vegas 06-07; 2) El Retiro 06-07; 3) Zaragoza 06-07; 4) Zaragoza 05-06; 5) San Ignacio 05-06; 6) Navidad 06-07.

Puesto que en dos de los ambientes (1 y 3) los genotipos se comportaron estadísticamente diferentes, se realizaron pruebas de comparación de medias usando la de Tukey ($P < 0.05$), dicha prueba se realizó también a aquellos ambientes en los que los genotipos no mostraron diferencias estadísticas con el objeto de ordenar los promedios y facilitar la ubicación del comportamiento de los diferentes genotipos resaltando las diferencias numéricas.

Así pues, en el cuadro 4.13 se aprecia que en el ambiente 1 (Las Vegas) destacaron los genotipos 13, 12 y 5 con 18.31 y 18.13 t ha⁻¹ los cuales fueron estadísticamente iguales al resto de los materiales excepto triticale que resultó estadísticamente inferior para este ambiente con 10.78 t ha⁻¹.

En el ambiente 2 (El Retiro), los genotipos que exhibieron un comportamiento numérico superior fueron el 9, 15 y 12 con 19.62, 19.01 y 18.63

ton/ha respectivamente, en contraste, los menos rendidores resultaron ser el 24, 19 y 27 con 12.49, 13.01 y 13.02 t ha⁻¹ en forma respectiva.

Para el ambiente 3 (Zaragoza 06-07) los genotipos de mayor rendimiento fueron el 9, 17 y 1 con 11.43, 11.13 y 11.01 t ha⁻¹ en el mismo orden, aunque estadísticamente iguales al resto de los materiales con excepción nuevamente del triticale (30) cuyo rendimiento fue de 4.36 t ha⁻¹.

Con relación al ambiente 4 (Zaragoza 05-06), numéricamente los genotipos 14, 26 y 1 resultaron superiores con 11.92, 11.58 y 10.67 t ha⁻¹, por el contrario, los genotipos de menor comportamiento fueron el 9, 29 y 11 con 7.58, 7.75 y 8.25 t ha⁻¹. En cuanto al ambientes 5 (San Ignacio), los genotipos 3, 18 y 25 expresaron máximos rendimientos con 12.87, 12.60 y 12.33 t ha⁻¹ mientras que los menos rendidores fueron el 27, 20 y 22 con 8.13, 8.67 y 8.73 t ha⁻¹.

Con referencia al sexto ambiente (Navidad), las líneas de mejor comportamiento son el 2, 1 y 9 que produjeron 10.52, 10.27 y 10.06 t ha⁻¹ en forma respectiva, en tanto que el más pobre rendimiento al igual que en el ambiente 5 fue para la avena con solo 4.29 t ha⁻¹, lo que sugiere que en ambientes poco favorables la cebada presenta mejor comportamiento que avena.

Cuadro 4.13 Comparación de medias por ambiente para rendimiento de forraje seco en el segundo muestreo.

GENOTIPO	NOMBRE	AMBIENTES					
		1	2	3	4	5	6
1	Narro-94-02	14.84AB	17.96A	11.01A	10.67A	11.67A	10.27A
2	Narro-95-02	16.74AB	17.30A	10.63A	9.42A	11.80A	10.52A
3	Narro-110-02	14.48AB	15.93A	8.46AB	8.75A	12.87A	6.97A
4	Narro-147-02	17.45AB	14.59A	7.28AB	9.75A	10.93A	8.52A
5	Narro-154-02	18.13A	17.68A	9.62A	8.50A	11.07A	8.06A
6	Narro-175-02	13.77AB	17.77A	9.14AB	8.58A	9.80A	8.04A
7	Narro-178-02	15.40AB	17.66A	9.51AB	8.92A	12.07A	8.08A
8	Narro-210-02	17.26AB	17.18A	9.39AB	8.33A	11.73A	6.69A
9	Narro-218.02	16.46AB	19.62A	11.43A	7.58A	11.87A	10.06A
10	Narro-221-02	15.22AB	14.76A	9.51AB	8.92A	11.53A	8.51A
11	Narro-251-02	14.91AB	13.83A	9.78A	8.25A	11.73A	8.02A
12	Narro-274-02	18.15A	18.63A	9.58A	9.08A	11.27A	7.13A
13	Narro-305-02	18.31A	15.22A	7.64AB	8.92A	9.80A	8.69A
14	Narro-310-02	15.39AB	13.50A	9.22AB	11.92A	11.13A	8.04A
15	Narro-313-02	15.28AB	19.01A	8.33AB	8.50A	9.87A	8.19A
16	Narro-339-02	14.09AB	14.27A	6.97AB	8.58A	10.13A	6.46A
17	Narro-396-02	14.36AB	16.23A	11.13A	8.33A	11.13A	7.41A
18	Narro-406-02	13.94AB	14.27A	9.09AB	8.42A	12.60A	6.65A
19	Narro-428-02	14.42AB	13.01A	8.86AB	9.50A	9.87A	6.84A
20	Narro-477-02	14.97AB	13.48A	10.17A	9.17A	8.67A	7.60A
21	Narro-482-02	17.89AB	16.40A	9.58A	9.00A	12.33A	9.89A
22	Narro-507-02	15.29AB	16.87A	9.83A	8.33A	8.73A	6.74A
23	Narro-520-02	17.62AB	15.86A	8.69AB	9.42A	11.13A	8.69A
24	Narro-59-02	16.92AB	12.49A	7.74AB	9.08A	10.53A	9.94A
25	Narro-116-02	16.17AB	15.16A	9.13AB	8.58A	12.33A	6.69A
26	Narro-522-02	13.27AB	16.69A	9.03AB	11.58A	11.27A	9.75A
27	Avena (Cuauhtémoc)	12.02AB	13.07A	6.50AB	9.25A	8.13A	4.29A
28	Cebada (Cerro Prieto)	16.82AB	17.33A	9.35AB	8.92A	10.67A	9.30A
29	Trigo (AN-266-99)	11.14AB	13.73A	6.38AB	7.75A	11.13A	5.97A
30	Tcl. (Eronga-83)	10.78B	17.48A	4.36B	8.42A	11.53A	7.16A
DMS		7.2584	9.1388	5.199	6.8135	5.489	6.8851
Media general (t ha ⁻¹)		15.383	15.898	8.911	9.014	10.909	7.966

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Ambientes: 1) Las Vegas 06-07; 2) El Retiro 06-07; 3) Zaragoza 06-07; 4) Zaragoza 05-06; 5) San Ignacio 05-06 y 6) Navidad, 06-07.

Análisis de Varianza Combinado

Los resultados del ANVA combinado a través de los seis ambientes se presentan en el Cuadro 4.14 en el cual se observa que tanto ambientes como genotipos registraron diferencias estadísticas altamente significativas en tanto que repeticiones dentro de ambientes al igual que en primer muestreo (Cuadro 4.3) reportó significancia al 0.05; en éste segundo muestreo, la interacción genotipo x ambientes resultó ser no significativa, indicando un comportamiento similar de los genotipos a través de los diversos ambientes de prueba.

Cuadro 4.14 Análisis de varianza combinado a través de seis ambientes para rendimiento de forraje seco del segundo muestreo.

FV	GL	SC	CM	FC
Ambientes	5	5400.027	1080.005**	233.81
Rep. (Amb.)	12	117.757	9.813*	2.12
Genotipos	29	475.593	16.399**	3.55
Amb*Genotipo	145	789.258	5.443NS	1.18
Error	348	1607.481		
Total	539			

CV 18.94%

Media general 11.347 t ha⁻¹

NS, *, ** No significancia y significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente.

Puesto que el ANVA reportó diferencias altamente significativas en la fuente de variación ambientes, se realizó la prueba de Tukey, la cual separó a los ambientes en cuatro grupos estadísticos, el primero de los cuales es formado por los ambientes 2 (El Retiro) y 1 (Las Vegas 06-07) como los de mayor producción, mientras que el ambiente menos productivo resultó ser Navidad, N.L. (Cuadro 4.15.)

Cuadro 4.15 Prueba de medias generales de comportamiento por ambiente (Tukey) para rendimiento de forraje seco en el segundo muestreo.

No.	Ambiente	Media (t ha ⁻¹)	Significancia
2	El Retiro 06 - 07	15.899	A
1	Las Vegas 06 - 07	15.383	A
5	San Ignacio 05 - 06	10.909	B
4	Zaragoza 05 - 06	9.014	C
3	Zaragoza 06 - 07	8.911	C
6	Navidad, N.L. 06 - 07	7.967	D

DMS = 0.9181

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

La fuente de variación genotipos, presentó también alta significancia estadística, por ello, se realizó la prueba de medias (Cuadro 4.16), misma que formó cinco grupos estadísticos, destacando los genotipos 9 (Narro-218-02), 1 (Narro-94-02) y 2 (Narro-95-02) con promedios de rendimiento de forraje seco a través de los seis ambientes de 12.84, 12.73 t ha⁻¹, en contraste, los materiales con los menores promedios fueron los testigos de diferente especie avena, trigo y triticale con 8.87, 9.35 y 9.96 t ha⁻¹ en el mismo orden; la media general para esta prueba fue de 11.35 t ha⁻¹, de modo que 17 cebadas incluida la variedad Cerro Prieto la superaron, lo que da idea del comportamiento de las nuevas cebadas imberbes a través de ambientes; además todas las cebadas fueron más precoces que los testigos (avena, trigo y triticale) lo cual las hace más eficientes al ocupar el terreno menos tiempo, reduciendo también el costo de producción al requerir un riego menos, favoreciendo además el establecimiento de dos ciclos forrajeros de primavera – verano.

Cuadro 4.16 Comparación de medias de rendimiento de forraje seco (Tukey) para el segundo muestreo a través de seis ambientes 06-07.

Genotipo	Nombre	Media t ha ⁻¹	Significancia	Etapas (Zadoks)
9	Narro-218-02	12.835	A	80
1	Narro-94-02	12.734	AB	75
2	Narro-95-02	12.733	AB	79
21	Narro-482-02	12.516	ABC	85
12	Narro-274-02	12.307	ABC	79
5	Narro-154-02	12.176	ABC	79
28	Cebada (Cerro Prieto)	12.065	ABC	85
7	Narro-178-02	11.938	ABCD	80
26	Narro-522-02	11.932	ABCD	77
23	Narro-520-02	11.873	ABCD	80
8	Narro-210-02	11.765	ABCD	79
14	Narro-310-02	11.534	ABCDE	80
15	Narro-313-02	11.528	ABCDE	80
17	Narro-396-02	11.432	ABCDE	79
13	Narro-305-02	11.429	ABCDE	79
4	Narro-147-02	11.419	ABCDE	74
10	Narro-221-02	11.409	ABCDE	77
3	Narro-110-02	11.241	ABCDE	79
6	Narro-175-02	11.184	ABCDE	79
24	Narro-59-02	11.118	ABCDE	79
11	Narro-251-02	11.087	ABCDE	79
25	Narro-116-02	10.999	ABCDE	85
22	Narro-507-02	10.968	ABCDE	80
18	Narro-406-02	10.828	ABCDE	79
20	Narro-477-02	10.671	ABCDE	85
19	Narro-428-02	10.416	ABCDE	80
16	Narro-339-02	10.084	BCDE	80
30	Tcl. (Eronga-83)	9.957	CDE	70
29	Trigo (AN-266-99)	9.352	DE	69
27	Avena (Cuauhtémoc)	8.875	E	65

DMS = 2.7086

Media general 11.347 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Resultados de calidad para el primer muestreo en “Las Vegas” 06-07

Al igual que para el segundo muestreo del ciclo 05-06, en el ciclo 06-07, se realizaron análisis de calidad a una muestra homogeneizada de las tres

repeticiones para cada genotipo al forraje del primer muestreo realizado a los 89 días después del riego de siembra. Los datos de dichos análisis se presentan en el cuadro 4.17 en el que se destaca lo siguiente:

En cuanto a proteína cruda (PCABS), trigo, la línea Narro-507-02 y triticale, presentaron los porcentajes más altos con 20.8, 19.0 y 18.5% respectivamente, en tanto que los genotipos con menos proteína fueron Narro-95-02, Narro-147-02 y Narro-116-02 con 13.6, 13.7 y 14.1% también de forma respectiva. Referente a las fibras, los valores más bajos y por lo mismo de mayor calidad (Herrera y Saldaña 1999), los presentaron los testigos (trigo, triticale y avena) 35.3, 36.1 y 36.7 para FDA y 51.9, 53.5 y 53.0 para FDNLC en forma respectiva.

Para CZAS, los valores más altos los obtuvieron los genotipos 7, 13 y 24 con 19.7, 18.8 y 18.6% en el mismo orden, en tanto que los menores porcentajes fueron para los genotipos 23, 21 y 16 con 15.5, 15.8 y 16.3% respectivamente. En cuanto al VRF, también los testigos de diferente especie, trigo, avena y triticale presentaron los valores más altos con 106, 103 y 102, cuando los más bajos fueron para los genotipos 4, 15 y 2 con 87, 88 y 89 de forma respectiva. Referente a TND, triticale alcanzó el valor numéricamente más alto con 55, trigo y avena junto con varias líneas imberbes 53 y 52, mientras que los valores más bajos fueron para los genotipos 7 y 17 con VRF de 48.

Por lo que a energías se refiere (ENL, ENM y ENG) como ha venido sucediendo, muestran una alta asociación entre ellas y destacan para este primer muestreo triticale, trigo y las líneas 22 y 21 como las de comportamiento superior, mientras que los últimos lugares los ocuparon los genotipos 4, 17 y 7.

Referente a lignina (LIG), los genotipos 17, 3 y 2 obtuvieron los valores más altos con 6.0 y 5.0%, cuando los materiales menos lignificados fueron triticale, trigo y las líneas 22 y 27 con 2.9, 3.6 y 3.7% en forma respectiva. Para MDFDN, triticale, Narro-507-02 y Narro-482-02 exhibieron los máximos valores con 77.5 y 73.4% respectivamente, en tanto que Narro-396-02 con 62.2% se ubicó en el último lugar. Como puede verse, los testigos de diferente especie (trigo, triticale y avena) mostraron en general los mayores valores de calidad para este primer muestreo, lo cual evidentemente se debe a la etapa fenológica a la que fueron muestreados ya que aún cuando son del mismo hábito de crecimiento (primaveral) se comportan relativamente más tardíos, tanto que su rendimiento fue muy inferior al de las cebadas ubicándose en los últimos lugares como puede observarse en el mismo Cuadro 4.17, con 5.60, 5.68 y 6.44 t ha⁻¹ para trigo, triticale y avena respectivamente cuando los máximos rendimientos para este mismo muestreo fueron 12.74, 11.41 y 11.39 ton/ha para las líneas Narro-520-02, Narro-95-02, Narro-428-02 y Narro-313-02 en forma respectiva, es decir superaron el comportamiento de los testigos en este muestreo hasta en 100%.

Cuadro 4.17 Características de calidad, rendimiento y etapa de líneas de cebada forrajera imberbe del primer muestreo en "Las Vegas", Mpio., de Francisco I. Madero, Coah. 2006-2007.

GEN.	NOMBRE	PCABS	FDA	FDNLC	CZAS	RFV	TDN	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN	PROM FS	ETAPA
1	Narro-94-02	14.3	38.2	54	17.6	98	52	1.16	1.08	0.53	4.3	69.8	7.22	37
2	Narro-95-02	13.6	40	58.8	16.7	89	50	1.11	1.01	0.46	5	68	12.12	45
3	Narro-110-02	16.6	38.7	56.1	17.8	95	50	1.12	1.03	0.48	5	67	8.61	45
4	Narro-147-02	13.7	41.3	58.9	18.6	87	49	1.07	0.95	0.4	4.7	69.8	7.88	37
5	Narro-154-02	18.3	39.3	55.6	18.4	95	49	1.13	1.03	0.48	4.9	66.9	10.34	40
6	Narro-175-02	16.2	40	57.4	17.9	91	50	1.12	1.02	0.46	4.8	68.6	9.34	37
7	Narro-178-02	16.6	39.6	55.4	19.7	94	48	1.08	0.96	0.42	4.9	67.2	8.44	45
8	Narro-210-02	16.6	39	54.4	18.6	96	50	1.12	1.03	0.48	4.8	66.9	10.21	40
9	Narro-218-02	15.7	37.8	57.4	17.9	94	50	1.12	1.02	0.47	4.6	69.6	10.25	45
10	Narro-221-02	15.3	37.8	56.8	17	95	52	1.17	1.08	0.53	4.2	71.1	9.01	40
11	Narro-251-02	16.5	39.5	57.8	17.3	91	50	1.13	1.04	0.49	4.7	68.9	9.62	45
12	Narro-274-02	15.2	38.7	56.2	16.6	93	52	1.17	1.08	0.53	4.6	69.2	10.06	53
13	Narro-305-02	15.2	39.2	56.5	18.8	93	50	1.12	1.02	0.47	4.2	71.1	9.16	53
14	Narro-310-02	15.5	39.6	57.7	17.7	91	51	1.14	1.05	0.49	4.3	71.3	9.3	45
15	Narro-313-02	14.5	40.5	58.9	17.4	88	50	1.12	1.02	0.47	4.5	70.3	11.39	53
16	Narro-339-02	15.4	38.7	59.1	16.3	90	51	1.16	1.07	0.52	4.5	70.8	9.35	45
17	Narro-396-02	15.5	40.1	56.5	17.7	92	48	1.07	0.95	0.4	6	62.2	7.95	45
18	Narro-406-02	15.2	40.1	56.6	18.2	92	50	1.12	1.02	0.47	4.5	69.5	9.15	45
19	Narro-428-02	15.3	39	58	16.5	91	52	1.17	1.09	0.53	4.3	71.1	11.41	53
20	Narro-477-02	16.4	39.2	55.7	17.3	94	52	1.19	1.12	0.56	4	72.1	9.98	53
21	Narro-482-02	16.5	37.8	57.3	15.8	94	53	1.23	1.17	0.61	3.8	73.4	10.35	53
22	Narro-507-02	19	37.9	54.5	17.5	98	53	1.23	1.17	0.61	3.7	73.4	9.26	45
23	Narro-520-02	14.9	40	58.1	15.5	90	52	1.18	1.1	0.54	4.6	69.8	12.74	53
24	Narro-59-02	15.5	39	55	18.6	95	50	1.13	1.03	0.48	4.4	69.2	9.22	37
25	Narro-116-02	14.1	39.8	57.6	17.5	90	51	1.14	1.04	0.49	4.2	71.5	10.37	53
26	Narro-522-02	14.6	40.4	57.6	17.4	89	51	1.15	1.06	0.51	4.1	72.1	8.46	47
27	Avena	17.4	36.7	53	17.8	103	53	1.22	1.16	0.6	3.7	72.8	6.44	33
28	C. Prieto	16	39.2	58.7	16.3	90	52	1.18	1.1	0.55	4.2	72	8.52	60
29	Trigo (AN-266)	20.8	35.3	51.9	17.9	106	53	1.26	1.21	0.65	3.6	72.7	5.6	33
30	Triticale	18.5	36.1	53.5	17.2	102	55	1.29	1.25	0.68	2.9	77.5	5.68	45

Resultados de calidad para el segundo muestreo en “Las Vegas” 06-07

En el cuadro 4.18 se presentan los cuadrados medios de las características de calidad para el segundo muestreo; se observa que con excepción de LIG y MDFND que registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) por la fuente de variación repeticiones, el resto de las variables fueron no significativas.

En cuanto a genotipos, PCABS y CZAS no reportaron diferencias estadísticas mientras que todas las demás variables resultaron con alta significancia ($P < 0.01$), lo que indica que existe amplia variabilidad para calidad entre los materiales estudiados. Los coeficientes de variación se presentan dentro de límites aceptables al oscilar entre 2.17 y 14.45% para MDFND y ENG respectivamente. En el mismo cuadro se presentan los valores máximo y mínimo para cada variable y el genotipo correspondiente.

Cuadro 4.18 Cuadrados medios de los análisis de varianza para las características de calidad forrajera en el segundo muestreo Las Vegas, Mpio., de Fco. I. Madero, Coah., ciclo Otoño Invierno, 06 – 07.

FV	GL	PCABS	FAD	FDNLC	CZAS	VRF	TND	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN
Rep.	1	0.0082	7.92	11.094	0.241	60.00	8.066	0.008	0.014	0.013	0.817	10.584
Gen.	29	1.74	44.84**	79.14**	2.645	508.13**	18.931**	0.015**	0.029**	0.025**	0.626**	7.606**
Error	29	0.984	7.458	12.456	1.533	91.965	5.411	0.004	0.009	0.007	0.191	2.015
\bar{x}		10.995	37.096	53.55	13.29	101.43	55.00	1.224	1.164	0.602	5.05	65.277
CV(%)		9.02	7.36	6.59	9.314	9.454	4.229	5.545	8.185	14.454	8.657	2.175
V. Máx		12.5(15)	47.75(27)	70.05(27)	16.45(7)	125(14)	60.0(17)	1.37(14)	1.37(14)	0.79(14)	6.30(10)	68.50(30)
V. Mín		8.90(4)	30.45(14)	44.65(13)	10.90(27)	67.5(27)	49.5(4)	1.06(4)	0.96(4)	0.38(4)	4.00(13)	60.35(20)

*Significativo al 5% de probabilidad.

**Significativo al 1% de probabilidad.

() Número de genotipo que presenta el máximo y mínimo valor.

En base a la significancia estadística encontrada para la mayoría de las variables de calidad, se procedió a realizar pruebas de medias (Tukey), para el agrupamiento y mejor comprensión del comportamiento de los genotipos, aún en aquellas variables que no mostraron significancia.

En el cuadro 4.19 se concentran los resultados de dicha prueba como se describe brevemente enseguida:

No obstante la falta de significancia para PCABS, se observa que la línea 15 (Narro-313-02) al igual que triticale y trigo presentaron los porcentajes más altos, 12.59, 12.35 y 12.35% de proteína respectivamente, en tanto que las medias más bajas fueron para los genotipos 4, 5 y 17 con 8.90, 9.55 y 9.90%.

Referente a la fibra detergente ácida (FDA), la prueba separó cinco grupos de significancia; es interesante observar desde un punto de vista forrajero que los testigos de diferente especie tienen los promedios más altos (47.75 para avena, 47.00 para trigo y 45.65 en triticale) lo cual pone en ventaja a la cebada y en especial a las nuevas líneas como forraje de calidad por su bajo contenido de FDA. Para FDNLC, igualmente avena, trigo y triticale ocupan los primeros lugares y solo una de las líneas (Narro-147-02) con un valor ligeramente menor que aquellos carece de calidad (62.85).

De acuerdo a la definición de Herrera y Saldaña (1999) de forraje de calidad en cuanto a contenido de fibras (FDA < 35% y FDN < 60%), la gran mayoría de las nuevas cebadas incluidas en este estudio caen dentro de forraje de alta calidad, mientras que avena (el cereal invernal más conocido como forrajero), trigo y triticale se ubican como de baja calidad por su contenido de fibras (González, 2007 y Colín *et al*, 2007).

En relación a CZAS, la prueba separa dos grupos, siendo la línea 7 (Narro-178-02) estadísticamente superior (16.45%) y avena ocupa el extremo inferior (10.90%) el resto del material genético resultó estadísticamente igual. Por lo que a valor relativo del forraje (VRF) y total de nutrientes digestibles (TND) se refiere, al igual que para las fibras, todas las cebadas excepto la línea 4 (Narro-147-02) para VRF y la misma 4, 7 y 10 para TND, exhibieron un mejor comportamiento en estas dos importantes características de calidad, lo cual no deja lugar a dudas respecto a que este cereal puede revelarse como una excelente alternativa forrajera en la Comarca Lagunera (Colín *et al*, 2004).

En cuanto a las energías (ENL, ENM y ENG), con muy ligeros cambios las líneas más destacadas en ambos son las marcadas con los números 14, 16, 17, 13 y 25; en contraste, los tres testigos de diferente especie se ubicaron más allá del lugar 22 junto con las líneas 4, 7, 8 y 10. Vale la pena destacar el comportamiento de las nuevas líneas en lo que a energías se refiere cuando se comparan con avena, trigo y triticale ya que si bien ninguna de las especies alcanzan calificación de alta calidad (ejem. Herrera y Saldaña, (1999) menciona

que $ENL \geq 1.45$ Mcal/kg.), son las cebadas las que más se aproximan con valores como 1.365, 1.350 y 1.340 Mcal/kg para las líneas Narro-310-02, Narro-339-02 y Narro-396-02 cuando los testigos presentaron 1.07, 1.12 y 1.30 Mcal/kg para trigo, avena y triticale en el mismo orden.

Para lignina (LIG), los genotipos que presentaron los promedios más altos fueron el 10, 27 y 20 con 6.30, 5.90 y 5.90% en forma respectiva, aunque estadísticamente iguales a 23 genotipos más; quedando como las menos lignificadas las líneas 13, 14 y 16. Avena, trigo y triticale se ubicaron entre los diez genotipos más lignificados aun cuando al momento del muestreo en general fueron más jóvenes (estadios Zadoks, 69 y 70 para avena, trigo y triticale vs 75 a 80 para las cebadas).

En lo referente a la máxima digestibilidad de la fibra neutro detergente (MDFND) los genotipos más destacados fueron el triticale, avena y Narro-95-02 con valores ligeramente superiores a 68%, los cuales encabezan el primero de cuatro grupos estadísticos junto con otros 23 materiales; en contraparte, los genotipos 20 (Narro-477-02), 10 (Narro-221-02) y 7 (Narro-178-02) se ubicaron en los últimos lugares con 60.35 y 62.50% en forma respectiva.

Al igual que en el ciclo 05-06 las cebadas y testigos presentaron la tendencia natural de disminuir su proporción de proteína cruda al pasar de un muestreo a otro, sin embargo mantuvieron el comportamiento inverso a la mayoría de los forrajes estudiados en el contenido de fibras detergente ácido

(Figura 4.7) y detergente neutro (Figura 4.8), donde los testigos mostraron un incremento al pasar de un muestreo a otro, lo cual es la tendencia normal de la mayoría de los forrajes estudiados, pero las cebadas imberbes (y la maltera) mostraron menor contenido de fibras en el segundo muestreo. Los testigos mostraron también menor energía neta de lactancia (Figura 4.9) y menor valor relativo del forraje (Figura 4.10) al pasar de un muestreo al otro, mientras que en las cebadas ocurrió lo contrario.

Esto confirma las aseveraciones de que las cebadas pueden usarse en etapas avanzadas de madurez para proporcionar un silo de adecuado rendimiento (comparado con otros cereales en las mismas etapas de madurez), sin demeritar su calidad nutritiva como ocurre con otros cereales, tal como lo han reportado Ben-Ghedalia *et al.*, (1995).

Cuadro 4.19 Resultados de la prueba de medias (Tukey) para rendimiento de forraje seco y características de calidad de líneas de cebada forrajera imberbe para el segundo muestreo en “Las Vegas”, Mpio., de Francisco I. Madero, Coah., ciclo Otoño – Invierno 06 – 07.

No. Gen.	Nombre	Rend. FS	PCABS	FDA	FDNLC	CZAS	VRF	TND	ENL	ENM	ENG	LIG	MDFDN	ETAPA
1	Narro-94-02	14.837AB	10.35A	40.85AE	57.25AF	13.60AB	89.00AE	53.00AC	1.165AC	1.080AC	0.520AC	5.45AC	65.10AD	75
2	Narro 95-02	16.740AB	13.30A	38.10AE	53.10BF	13.40AB	99.00AE	56.00AC	1.250AC	1.200AC	0.630AC	4.50AC	68.05AC	75
3	Narro-110-02	14.477AB	10.80A	36.20BE	54.00BF	13.15AB	100.00AE	55.50AC	1.230AC	1.175AC	0.615AC	4.95AC	66.30AC	75
4	Narro-147-02	17.447AB	8.90A	45.15AD	62.85AD	14.85AB	76.50BE	49.50C	1.055AC	0.925C	0.380C	5.70AC	66.25AC	75
5	Narro-154-02	18.133A	9.55A	40.10AE	56.80AF	13.05AB	90.00AE	54.00AC	1.190AC	1.120AC	0.560AC	5.15AC	66.40AC	75
6	Narro-175-02	13.770AB	10.65A	39.65AE	58.20AF	13.15AB	90.00AE	54.00AC	1.190AC	1.115AC	0.560AC	5.00AC	67.70AC	75
7	Narro-178-02	15.400AB	11.05A	41.10AE	55.90AF	16.45A	90.50AE	50.00BC	1.080BC	0.965BC	0.420BC	5.85AB	62.50CD	75
8	Narro-210-02	17.260AB	11.90A	39.35AE	57.20AF	15.20AB	92.50AE	51.50AC	1.135AC	1.030AC	0.480AC	5.40AB	65.40AD	75
9	Narro-218-02	16.457AB	11.40A	36.40BE	53.65BF	14.65AB	101.00AE	53.50AC	1.190AC	1.115AC	0.560AC	5.05AC	65.15AD	75
10	Narro-221-02	15.220AB	10.15A	40.70AE	60.20AE	12.90AB	85.50AE	51.50AC	1.115AC	1.015AC	0.465AC	6.30A	62.35CD	75
11	Narro-251-02	14.913AB	9.95A	33.90DE	48.85DF	12.55AB	113.50AC	57.50AC	1.280AC	1.245AC	0.675AC	5.05AC	62.80AD	75
12	Narro-274-02	18.150A	10.90A	32.10E	48.10EF	12.15AB	119.00A	58.50AC	1.310AC	1.290AC	0.715AC	4.60AC	65.25AD	75
13	Narro-305-02	18.307A	11.15A	32.05E	44.65F	13.15AB	123.50A	59.50AB	1.340AB	1.330AB	0.755AB	4.00C	66.50AC	75
14	Narro-310-02	15.390AB	11.05A	30.45E	46.05EF	11.40AB	125.00A	60.00A	1.365A	1.365A	0.790A	4.15BC	66.50AC	83
15	Narro-313-02	15.277AB	12.50A	33.65E	48.65DF	13.70AB	113.50AC	56.50AC	1.295AC	1.250AC	0.680AC	4.65AC	65.05AD	83
16	Narro-339-02	14.093AB	12.15A	32.40E	46.80EF	12.80AB	119.00A	59.00AC	1.350AB	1.325AB	0.750AB	4.25BC	66.15AD	75
17	Narro-396-02	14.360AB	9.90A	31.35E	45.20F	12.00AB	124.50A	60.00A	1.340AB	1.330AB	0.755AB	4.40BC	64.65AD	75
18	Narro-406-02	13.943AB	11.50A	35.05CE	50.30CF	14.05AB	107.50AD	55.00AC	1.240AC	1.185AC	0.620AC	5.00AC	64.05AD	75
19	Narro-428-02	14.417AB	11.45A	32.95E	48.65DF	12.72AB	115.50AB	57.00AC	1.290AC	1.250AC	0.685AC	5.00AC	62.85AD	83
20	Narro-477-02	14.970AB	10.65A	35.05CE	52.35BF	13.00AB	104.50AE	54.50AC	1.205AC	1.140AC	0.580AC	5.90AB	60.35D	75
21	Narro-482-02	17.887AB	9.90A	35.50CE	52.40BF	12.50AB	104.50AE	55.50AC	1.235AC	1.180AC	0.615AC	5.45AC	62.55BD	83
22	Narro-507-02	15.293AB	12.25A	34.70CE	51.30BF	13.95AB	106.50AE	55.00AC	1.245AC	1.190AC	0.630AC	4.90AC	64.95AD	75
23	Narro-520-02	17.617AB	10.30A	34.35CE	49.65DF	12.00AB	111.00AD	57.50AC	1.285AC	1.260AC	0.690AC	4.80AC	64.60AD	75
24	Narro-59-02	16.917AB	11.95A	36.20BE	53.25BF	14.05AB	101.50AE	54.50AC	1.225AC	1.155AC	0.600AC	4.95AC	65.70AD	75
25	Narro-116-02	16.170AB	11.75A	33.10E	48.30DF	12.75AB	115.50AB	57.50AC	1.320AC	1.290AC	0.720AC	4.50AC	65.65AD	83
26	Narro-522-02	13.273AB	11.50A	37.15AE	53.00BF	13.40AB	100.50AE	55.50AC	1.235AC	1.175AC	0.615AC	5.00AC	65.25AD	75
27	Avena (Cuauhtemoc)	12.017AB	11.15A	47.75A	70.05A	10.90B	67.50E	51.50AC	1.115AC	1.015AC	0.465AC	5.90AB	68.40AB	69
28	Cebada (C. Prieto)	16.820AB	10.10A	34.95CE	50.10CF	13.35AB	110.00AD	56.50AC	1.265AC	1.220AC	0.650AC	4.70AC	65.50AD	85
29	Trigo(AN-266-99)	11.143AB	12.35A	47.00AB	65.00AB	14.80AB	72.00DE	49.50C	1.070BC	0.955BC	0.410BC	5.55AC	67.85AC	69
30	Tcl. (Eronga-83)	10.780B	12.35A	45.65AC	64.70AC	13.15AB	74.50CE	51.00AC	1.130AC	1.035AC	0.485AC	5.40AC	68.50A	70
	Media General	15.383	10.995	37.096	53.550	13.293	101.433	55.00	1.225	1.164	0.602	5.050	65.276	
	DMS	7.2584	4.108	11.301	14.604	5.1235	39.683	9.626	0.2810	0.3943	0.3604	1.8092	5.8739	
	CV(%)	14.66	9.02	7.36	6.59	9.31	9.45	4.23	5.54	8.18	14.45	8.65	2.17	

Medias con la misma letra con estadísticamente iguales.

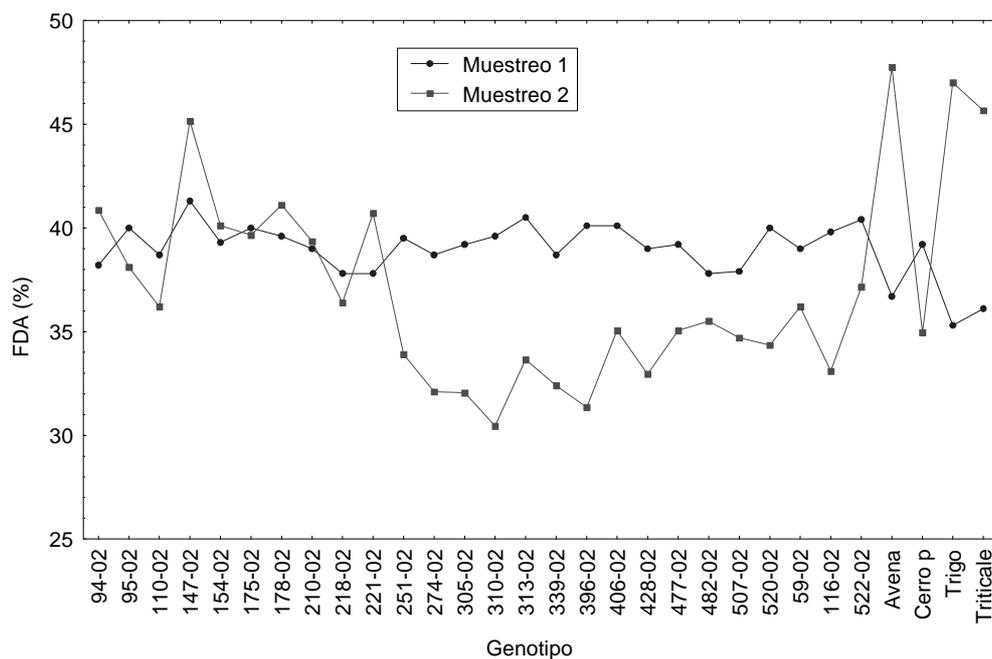


Figura 4.7.- Contenidos de fibra detergente ácida (FDA) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra durante el ciclo 06-07.

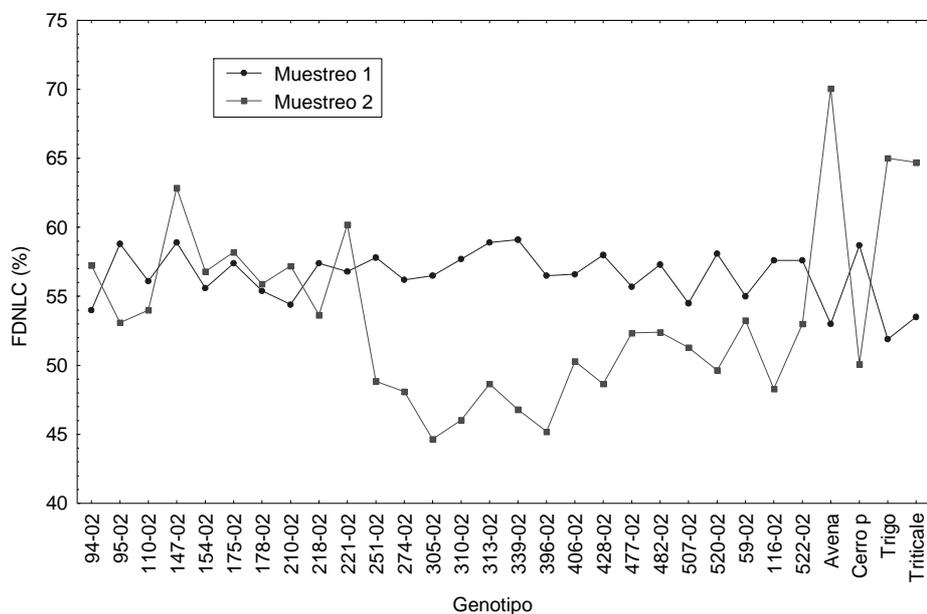


Figura 4.8.- Contenidos de fibra detergente neutro (FDNLC) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.

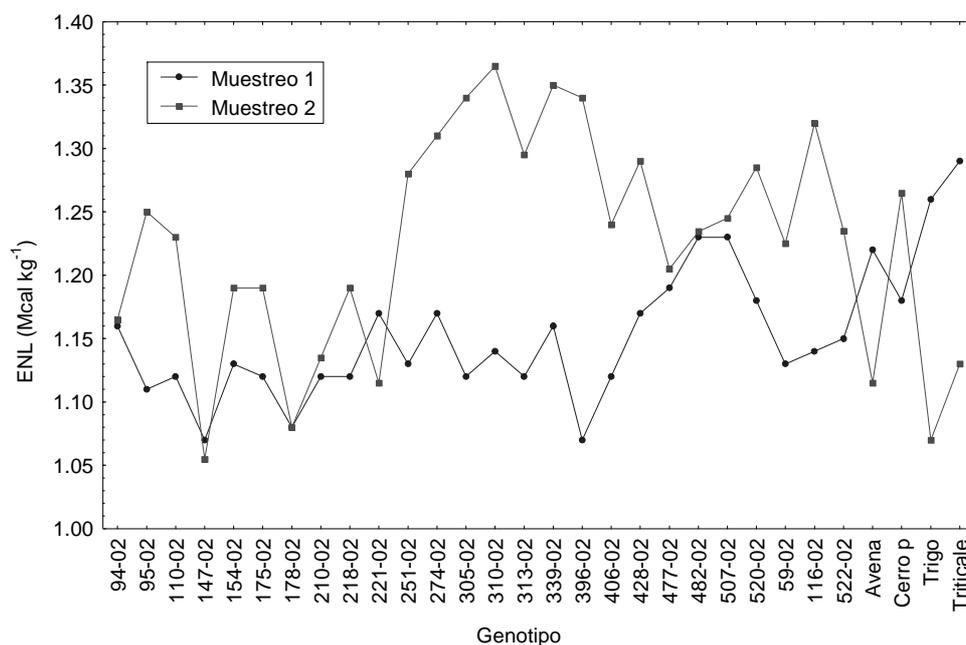


Figura 4.9.- Contenidos de energía neta de lactancia (ENL) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.

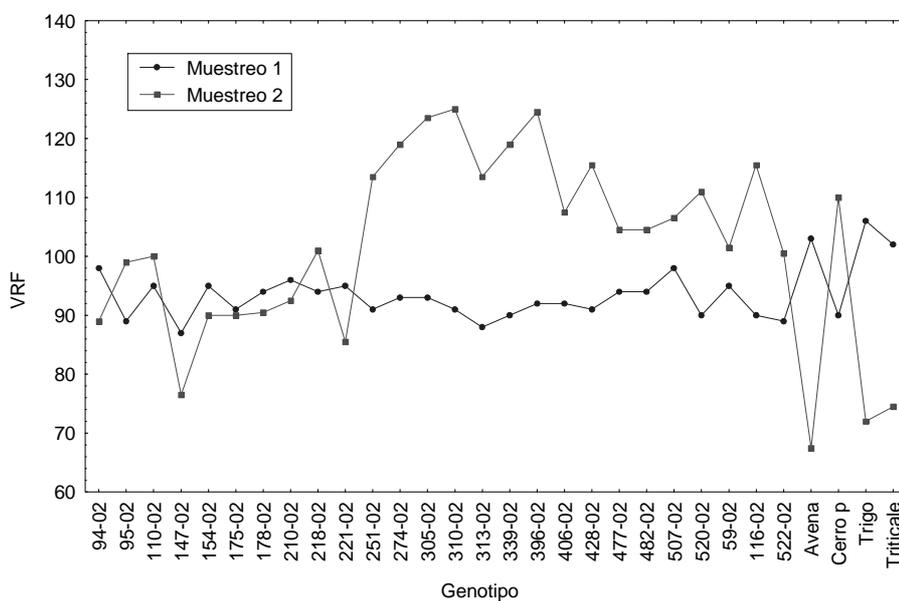


Figura 4.10.- Valor relativo del forraje (VRF) de los genotipos en los muestreos realizados a los 90 y 105 días después del riego de siembra, ciclo 06-07.

Correlaciones entre variables para el primer muestreo en “Las Vegas”

06-07

Los resultados de la correlación lineal entre las variables estudiadas aparecen en el Cuadro 4.20, resaltando las correlaciones altamente significativas. Como se observa, rendimiento de forraje seco (FS) no presento asociación altamente significativa con ninguna variable lo que indica que para este caso el rendimiento no influye fuertemente sobre la calidad del forraje. La proteína cruda ajustada base seca (PCABS) se asoció positivamente con valor relativo del forraje (VRF) y en forma negativa con la fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro libre de cenizas (FDNLC) indicando que a medida que se incrementan las fibras, la concentración de proteína decrece. La FDA mostró asociación positiva con FDNLC y negativa con VRF, TND y con las tres energías; neta de la lactancia (ENL), neta de mantenimiento (ENM) y neta de ganancia (ENG).

La FDNLC solo se correlacionó significativa y negativamente con VRF. Asociación positiva y significativa existió entre TND y MDFDN, lo mismo que en las diferentes energías y de manera negativa con LIG, ésta a su vez se asoció negativamente con las energías; estas últimas como era de esperarse se correlacionaron de forma perfecta entre ellas ($r = 1.00$). La MDFDN se asoció positivamente con las energías y en sentido negativo con LIG, lo cual se explica dado que a medida que el forraje se lignifica, se reduce su digestibilidad y viceversa.

Correlaciones entre variables para el segundo muestreo en “Las Vegas”

06-07

Para este segundo muestreo, tal como se muestra en el Cuadro 4.21, en el cual aparecen resaltadas las asociaciones altamente significativas. El rendimiento de forraje seco (FS), PCABS, CZAS, MDFDN y ETAPA; no presentaron asociación altamente significativa con ninguna variable.

La FDA y FDNLC se asociaron casi idénticamente de manera positiva con LIG y en forma negativa con VRF, TDN, ENL y ENG; la FDA mostró además asociación positiva con FDNLC. LIG presentó correlación significativa y negativa con VRF, TND y las tres energías. VRF al igual que TND exhibieron asociación positiva con las diferentes energías pero VRF además con TND. Las energías entre sí al igual que en el primer muestreo del ciclo 06-07, se correlacionaron de forma perfecta ($r = 1.00$).

La ausencia de correlación entre las diferentes variables de calidad y la ETAPA es importante, toda vez que ello se puede interpretar como que la calidad se mantiene o incrementa aún cuando la planta avanza en su desarrollo y lo que es mejor, es el hecho de que las tendencias en la asociación con la ETAPA son hacia la significancia positiva con VRF, TND y las energías, y negativa para con las fibras y la Lignina, lo que confirma que la cebada mantiene su calidad forrajera aun en etapas avanzadas (Cherney y Marten, 1982; Khorasani *et al*, 1997 y Poland *et al*, 2004) y en especial las nuevas líneas imberbes (Colín *et al*, 2007 y González 2007).

CONCLUSIONES

De acuerdo con la evidencia experimental obtenida en este trabajo y dadas las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo, fue posible establecer las siguientes conclusiones:

- Todas las cebadas observaron un comportamiento superior en cuanto a rendimiento a través de ambientes en comparación con los testigos de diferentes especies en ambos muestreos, pero las líneas más destacadas y deseables son; Narro-95-02, Narro-154-02, Narro-218-02 y Narro-482-02, las cuales además de rendidoras presentaron pequeña interacción con el ambiente según determinó el método AMMI.
- Con base en el comportamiento del material genético evaluado en cuanto a potencial de producción forrajera, El Retiro y San Ignacio, fueron ambientes superiores para el primer muestreo, mientras que San Ignacio y Las Vegas 06-07 destacaron para el segundo.
- En cuanto a calidad forrajera del primer muestreo, trigo triticales y avena exhibieron en general un comportamiento superior a la mayoría de las cebadas pero con rendimientos de forraje mucho menores. Sin embargo en el segundo muestreo, fueron las

cebadas las que mostraron superioridad para la mayoría de las características de calidad.

- En cebada y en especial para las nuevas líneas imberbes, se mantiene adecuada calidad aun en etapas avanzadas de su desarrollo, lo que las hace más atractivas para su utilización en áreas como la Comarca Lagunera y otras de condiciones parecidas.
- La aseveración anterior se confirmó con las correlaciones positivas y significativas reportadas entre la ETAPA con el VRF y energías

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de 26 líneas uniformes de cebada imberbe en cuanto a producción, calidad y estabilidad del rendimiento de forraje seco en comparación con avena, trigo y triticale a través de dos fechas de muestreo, se condujo la presente investigación en cuatro localidades del Estado de Coahuila y una al sur del Estado de Nuevo León.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones para las variables de campo y dos para las variables de calidad, la densidad de siembra fue de 85 kg/ha, el tamaño de parcela experimental fue de 6.3 m² en tanto que la parcela útil consistió en 0.175 m²; en campo se registraron rendimiento de forraje seco (FS), altura de planta (ALT) y etapa fenológica al corte (ETAPA); en tanto que las variables de calidad consideradas fueron entre otras proteína cruda ajustada base seca (PCABS), fibra ácido detergente (FDA), fibra detergente neutro (FDN), energía neta de lactancia (ENL), máxima digestibilidad de la fibra detergente neutro (MDFDN) y valor relativo del forraje (VRF). Se hicieron análisis de varianza individuales y combinados para forraje seco en ambos muestreos, cuando fue significativa la interacción genotipo ambiente (IGA) se realizó su análisis mediante el método AMMI. Adicionalmente se calcularon correlaciones entre pares de variables.

Las cebadas en general presentaron un mejor comportamiento en la producción de forraje seco a través de ambientes en comparación con los testigos de diferente especie en ambos muestreos.

Las líneas más destacadas y deseables fueron; Narro-95-02, Narro-154-02, Narro-218-02 y Narro-482-02 ya que además de rendidoras, presentaron poca interacción con el ambiente de acuerdo a los resultados del modelo AMMI.

Por lo que respecta al valor nutritivo en los dos ciclos (05-06 y 06-07), trigo, triticale y avena exhibieron en general un comportamiento superior a la mayoría de las cebadas para el primer muestreo, debido posiblemente a su menor etapa fenológica pero en contraste para el segundo, fueron las cebadas las que mostraron superioridad para la mayoría de las características.

Por lo que a correlaciones entre variables se refiere, destacaron las asociaciones negativas y altamente significativas entre PCABS y las dos fibras (FDN y FDA), éstas a su vez con VRF, CZAS, TND y las energías. En sentido positivo, se asociaron PCABS con VRF y ETAPA con las tres energías (ENL, ENM y ENG) y VRF, esta última relación se presenta principalmente en cebada.

LITERATURA CITADA

- Baudilio, J., 1974. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. Editorial AEDOS, Barcelona, España.
- Becker, H.C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835 – 849.
- Becker, H.C. and J. León 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 – 23.
- Ben-Ghedalia DA, Kabala A, Miron J. 1995. Composition and in-vitro digestibility of carbohydrates of wheat plant harvested at bloom and soft-dough stages. *J Sci Food Agric* 68:111-116.
- Bergen, W. G., T.M. Byrem, y A.L. Grant. 1991. Ensiling characteristic of whole – crop small grains harvested at milk and dough stages. *J. Anim. Sci.* 69: 1766 – 1774.
- Carr, P.M., G.B. Martin, J.S. Caton and W.W. Poland. 1998. Forage and nitrogen yield of barley – pea intercrops. *Agron. J.* 90: - 84.
- Cash, S. D., L. M.M. Staber, D.M . Wichman and P. F. Hensleigh. 2004. Forage yield, quality and nitrate concentration of barley grown under irrigation. Montana State University.
- Castro, A. L. 1976. Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales evaluados en diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis de maestría Colegio de Postgraduados Montecillo, México.

- Chapko, L. B., M. A. Brinkman and K. A. Albrecht. 1991. Oat, oat-pea, barley and barley-pea for forage yield, forage quality and alfalfa establishment. *J. Pro. Agric.* 4(4): 486-491.
- Cherney, J.H. and G.C. Marten. 1982. Small grain crop forage potential: I. Biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Sci.* 22:227-231.
- Cherney, J. H. and Marten, G. C. 1982. Small grain crop forage potential: II interrelationships among biological, chemical, morphological and anatomical determinants of quality. *Crop Sci.* 22:240-245
- Cherney, J. H., G. C. Marten, and R.D. Goodrich, 1983. Rate and extent of cell wall digestion of total forage and morphological components of oats and barley. *Crop Sci.* 23: 213-216.
- Colín R., M., V.M. Zamora V., A.J. Lozano del R., G. Martínez Z. y M.A. Torres T. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada para el norte y centro de México. *Téc Pecu. Méx.* 45 (3): 249-262.
- Colín, R. M., A. J. Lozano, G, Martínez, V. M. Zamora, J. T. Santana y V. M. Méndez. 2004. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento de forraje. Resultados de investigación 2003. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Comstock, R.E. and R.H. Moll. 1963. Genotype – environment interactions. In: W.D. Hanson and H.F. Robinson (Ed) *Statistical Genetics and Plant*

- Breeding. National Academy of Science. NRC Publ. 982, Washington, DC.
- Dietz, D. R. 1970. Animal production and forage quality definition and components of forage. Range and wild life habitat evaluation and research. Symposium Miscelaneus Publication No. 1147. U. S. D. 34p.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Echeverri, S.A. 1958. Anotaciones para un programa de mejoramiento de pastoreo y forrajes. *Agricultura Tropical.* 14:181-190.
- Eskridge, K.M. and B.E. Jonson. 1991. Expected utility maximization and selection of stable plant cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 81:825-832.
- Ebdon, J. S., A.M. Petrovic, and R.W. Zobel. 1988. Stability of evapotranspiration rates in Kentucky bluegrass cultivars across low and high evaporative environments. *Crop Sci.* 38:135-142.
- Fearon, A.L., A. Felix, y V.T. Sagra. 1990. Chemical composition and in vitro dry matter and organic matter digestibility of triticale forage. *Crop Sci.* 164: 262 – 270.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian J. Agr. Res.* 14:742-754.
- Flores, M. J. A. 1977. *Bromatología animal.* Editorial Limusa. México.
- Flores, L. A., G. Lizárraga del C., y F. J. Peñuri, M. 1984. Evaluación en la producción de forraje, valor nutritivo y calidad de ensilaje en

diferentes especies de cereales. Técnica Pecuaria en México. suplemento 11.

Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58: 1029 – 1034.

Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trial with interaction. Biometrics 88:705-715.

Gauch, H. G. and R.W. Zobel. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses. Theor. Appl. Genet 77:473-481.

Gauch, H.G. and R.W. Zobel. 1990. Imputing missing yield trial data. Theor. Appl. Genet. 79:753-761.

Gil, E. J. 1968. Prueba de rendimiento de forraje de la variedad de cebada Goliad, tratada con rayos x. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Gómez, A.A. and K.A. Gómez. 1983. Multiple cropping in the humid tropics of Asia. Int. Devel. Res. Centr., Ottawa, Can.

González de la C., I. 2007. Producción y calidad forrajera de líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare L.*) en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82 p

Hart, H. R., G. E. Carlson and D. E. McCloud. 1971. Cumulative effects of cutting management of forage yields and tiller densities of tall fescue and orchard grass. Agron. J. 63 (4): 895-898, USA.

Hernández, M. O. L. 2006. Productividad forrajera de nuevas líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare L.*) en tres ambientes del Norte de México.

- Ciclo 2004-2005. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Herrera y Saldaña R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos para producción de ensilaje. Memorias del 2° taller de especialidades de maíz. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Hughes, H. D., M. E. Heath y D. S. Metcalfe. 1974. Forrajes, Ed. CECSA, México p. 343-373.
- Jinks, J.L. and H.S. Pooni. 1982. Determination of the environmental sensitivity of selection lines of *Nicotiana rustica* by the selection environment. *Heredity* 49: 292 – 294.
- Johnson, S.S. and J.L. Geadelmann. 1989. Influence of water stress on grain yield response to recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 29: 558 – 564.
- Juskiw, P.E., J.H. Helm, y D.F. Salmon. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40: 138 – 147.
- Kang, M.S. and F.A. Martin. 1987. A review of important aspects of genotype – environmental interactions and practical suggestions for sugarcane breeders. *J. Am. Soc. Sugarcane Technol.* 7:36 – 38.
- Kempton, R.A. 1984. The use of the biplots in interpreting variety by environment interactions. *Biometrics* 88:705-715.
- Kent, N. L. 1987. Tecnología de los cereales. Tercera Edición. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 221p.

- Khorasani, G.R., P.E. Bedel, J.H. Helm, y J.J. Kennelly. 1997. Influence of stage of maturation on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 259 -267.
- Kjos, N.P. 1990. Evaluation of the feeding value of fresh forages, silage and hay using near infrared reflectance analysis (NIR). I. A comparison of different methods for predicting the nutritive value. *Norw. J. Agric. Sci.* 4:305-320.
- Lucas, H. L. 1963. Determination of forage yield and quality from animal responses. In range research methods: A Symposium U. S. Dep. Agr. Misc. Publ. 940. pp. 43-54.
- Lin, C.S. and M.R. Binns. 1988. A method of analysing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. *Theor. Appl. Genet.* 76: 425 – 430.
- Lin, C.S., M.R. Binns, and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.* 26:894-900.
- Malm, R. N., J. S. Arledje and C. E. Barnes. 1973. Forage production from winter small grain in South Western New Mexico. USA. *Agri. Exp. St. Bull.* 607.
- Mareck, J.H. and C. O. Gardner. 1979. Responses to mass selection in maize and stability of the resultating populations. *Crop Sci.* 19:779-783.
- Mc Cartney, D. H. and Vaage, A. S. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silage. *Can. J. Anim. Sci.* 74:91-96.
- Milloslavitch, M. J. 1971. Rendimiento de forraje verde y heno en tres especies de cereales: Trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*),

avena (*Avena sativa*) en seis fechas de siembra en Apodaca N. L.
Tesis Licenciatura. ITESM.

Moll, R.H., C.C. Cockerham, C.W. Stuber, and W.P. Williams. 1978. Selection responses, genetic – environmental interactions and heterosis with recurrent selection for yield in maize. *Crop Sci.* 18:641-645.

Nachit, M.M., G. Nachit, Ketata, H.G. Gauch Jr, and R.W. Zobel. 1992. Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype – environment interaction in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 83:597-601.

Nikkhah, A., G.R. Khorasani, R. Corbett, y J.J. Kenelly. 1995. In situ DM degradation characteristics of whole crop barley silage. *Can. J. Anim. Sci.* 75:648-649.

Oltjen, J. W. and Bolsen, K. K. 1980. Wheat, barley, oat and corn silages for growing steers. *J. Anim. Sci.* 51:958-965.

Orcaberro, R., y Briceño. H., V. M. 1983. Valor nutritivo y rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) Opalo en distintos estados de desarrollo. *Revista Chapingo* Num.42:85.

Pham, H.N. and M.S. Kang. 1988. Interrelationships among and repeatability of several statistics estimated from international maize trials. *Crop Sci.* 28:925-928.

Poelhman, J. M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México.

Poland, W., H. Peterson, R. Ashley and L. Tisor, 2004. Effect of species and varietal type on yield and nutritional quality of small grain forage.

Proceedings, western section, American Society of Animal Science
Vol. 55.

Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5 Edición. Limusa. México.
Pág. 267-284.

SAS Institute. 1988. SAS user's guide: Statistics. Version 6.03 ed. SAS Inst.,
Cary, NC.

Steel R.G.D., y J.H. Torrie. 1986. Bioestadística principios y procedimientos. Mc
Graw-Hill 2 ed. 1 ed. En español 622p.

Warren, H. L. and J. H. Martin. 1970. Cereal crops. 4 reimpression. The
McMillon. Londres Inglaterra. 8:478-543.

Wright, A.J. 1971. The analysis and prediction of some two factor interactions in
grass breeding. J. Agric. Sci. 76:301-306.

Yau, S.K. 1995. Regression and AMMI analysis of genotype x environment
interactions: An empirical comparison. Agron. J. 87:121-126.

Zadoks JC, TT Chang, CF Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages
of cereals. Eucarpia Bulletin 7: 42-52.

Zobel, R.W., A.J.Wright, and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield
trial. Agron. J. 80:388-393.

Internet:

www.infoagro.com
<http://www.osuextra.com>