

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

AGRUPAMIENTO, SELECCIÓN, ESTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD DE TRITICALES FORRAJEROS (*X. Triticosecale* Wittmack).

TESIS

POR

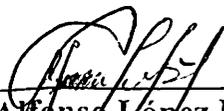
VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría  
y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

  
Dr. Alfonso López Benítez

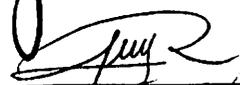
Asesor:

  
Dr. Manuel Humberto Reyes Valdés

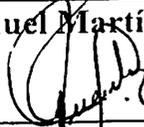
Asesor:

  
Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor:

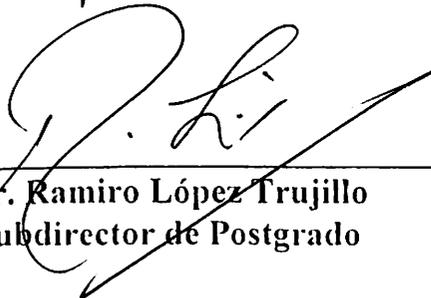
  
Dr. Juan Manuel Martínez Reyna

Asesor:

  
Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

  
Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Marzo de 2001.

12378

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por las facilidades brindadas para avanzar en la superación académica personal y al Programa de Cereales por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y por el apoyo brindado durante mis estudios.

Al Dr. Alfonso López Benítez por su invaluable apoyo y ayuda brindada para la realización del trabajo de investigación, así como sus consejos durante la realización de mis estudios.

Al Dr. Manuel Humberto Reyes Valdés, maestro y amigo que supo despertar y motivar, con su ejemplo, el ansia de conocimientos necesaria para avanzar en mi formación profesional.

Al Dr. Heriberto Díaz Solís, por sus atinadas sugerencias y observaciones durante todo el transcurso del trabajo de investigación, así como por la amistad brindada sin ninguna reserva.

Al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna, por su amistad y compañerismo, así como por las sugerencias brindadas para la elaboración del presente trabajo.

Al Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez por su apoyo para la realización del presente trabajo y su invaluable amistad.

Al ahora Dr. Alejandro Javier Lozano del Río, por su compañerismo y los esfuerzos compartidos durante toda la realización del trabajo de investigación, que sirvió también para despejar algunas dudas respecto al cultivo del cual es responsable.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por proporcionar el germoplasma para la realización del presente trabajo y un agradecimiento muy especial a los Doctores Wolfgang Pfeiffer y Mohammed Mergoum por sus sugerencias, amistad y observaciones, así como al Dr. Arne Hede, científicos de dicho Centro.

Al personal del Programa de Cereales: Jesús Rodríguez, Margarito García, Juan Salas, Enrique Morales y al Ing. Modesto Colín por su amistad y apoyo incondicional para la realización del trabajo de campo, Gracias.

Al Dr. Mario E. Vásquez Badillo, compañero de estudios y desvelos durante mis estudios de doctorado.

## DEDICATORIA

A mi Madre, Sra. Carmen Villa Sifuentes, mujer ejemplar que con gran amor y paciencia supo conducirme y motivarme para mi realización personal y profesional, sin importar los sacrificios que hubo de realizar. Reciba todo mi amor, dado que no puedo pagar de otra manera la vida que me dio. Dios me la conserve.

A mi Padre Sr. Salvador Zamora Castro, q.e.p.d..

A mi Esposa María Alejandra Torres Tapia, por el amor que me brinda y el apoyo mostrado durante los años que hemos compartido juntos, así como su comprensión por los momentos de compañía que tuvimos sacrificar para la realización del presente trabajo. Dios te bendiga.

A mis Hijos, Eric Eduardo por ser el sol que ilumina mi vida y a Gabriela Alejandra que llegó a nuestras vidas para complementar nuestra felicidad.

A todos mis Hermanos por su amor y aliento para continuar adelante en el duro camino de la vida. Gracias por ser mis hermanos.

A mi Abuela Sra. Elvira Sifuentes Herrera, por su amor y ejemplo de fé inquebrantable en la vida. Dios la bendiga.

A todos mis familiares y amigos, que aunque no los nombre uno a uno saben que los quiero y siempre están en mi memoria.

A Dios nuestro señor, por la vida y bendiciones que me ha dado sin merecerlos.

# COMPENDIO

## AGRUPAMIENTO, SELECCIÓN. ESTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE TRITICALES FORRAJEROS (*X. Triticosecale* Wittmack).

POR

Víctor Manuel Zamora Villa

DOCTORADO

EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. MÉXICO. MARZO DE 2001.

Dr. Alfonso López Benítez    --Asesor—

**Palabras Clave:** Triticale, Agrupamiento, Selección, Producción de Forraje Seco, Cortes, Hábitos de crecimiento, Estabilidad de Producción, Valor Nutritivo.

Seiscientas cuarenta líneas y variedades de Triticale, fueron evaluadas inicialmente en diez ensayos durante el ciclo 1995-1996, utilizando el diseño Alfa-Látice para caracterizarlas con base en su potencial productivo de forraje, y otras características de interés. Los materiales se agruparon con base en su hábito de crecimiento y

producción, para seleccionar las mejores cincuenta líneas mediante las técnicas de Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados (AC).

Las líneas seleccionadas se evaluaron posteriormente durante el ciclo 1996-1997 en las localidades Navidad, N.L., Zaragoza, La Laguna y rancho El Aguatoche en el estado de Coahuila junto con los testigos comerciales Rye Grass Alamo y Avena Coker 234. Se determinaron los siguientes parámetros de valor nutritivo de algunas de ellas: proteína cruda (PC), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), digestibilidad de la materia seca (DMS), valor relativo alimenticio (RFV), energía neta de lactancia (ENI), energía neta de ganancia (ENg) y contenido de minerales como fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K).

Después de este ciclo se seleccionaron las mejores veinte líneas para evaluarse con las variedades de triticale forrajero AN-31 y AN-34 en dos fechas de siembra en Salaces Chihuahua y en Zaragoza, Coah., durante los ciclos 1997-1998, 1998-1999 y 1999-2000 en cuatro localidades cada uno, con el fin de estimar la estabilidad de producción y valor nutritivo de algunas de ellas.

En todos los ciclos se realizaron análisis de varianza por cortes en cada localidad, análisis combinado sobre localidades para cada corte y un análisis global considerando los cortes, localidades y genotipos, y al final se realizó un análisis de estabilidad mediante la metodología de Eberhart y Russell (1966) y el modelo de efectos aditivos

principales e interacción multiplicativa (Additive Main effects and Multiplicative Interaction, AMMI), para la producción de cada corte y de ambos cortes.

Los análisis mostraron que adicionalmente a los tres tipos de triticales reportados (Primaverales, Facultativos e Invernales), existió suficiente evidencia para proponer el grupo Intermedio-Invernal, con características propias que lo diferencian de los facultativos e invernales, así mismo se demostró que el AC de Ward (1963) resultó más eficiente que el de k-medias.

Proporcionando evidencia de que los primaverales por su baja producción de biomasa y los invernales por su baja producción en el primer corte son de menor interés para la producción de forraje invernal, en cambio los facultativos que proporcionan un excelente primer corte y un segundo de aceptable rendimiento dada su buena capacidad de rebrote, son tan deseables como los intermedios-invernales cuyos cortes son casi de la misma magnitud debido a su excelente capacidad de rebrote, no existiendo diferencia entre estos tipos en la producción total de forraje seco.

La estabilidad de la producción mediante el método de Eberhart y Russell (1966) considerando ambos cortes, mostró que todas las líneas poseen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes, mientras que el método AMMI calificó como estables a las líneas 9, 4 y 11, donde la 9 y 11 responden mejor a los ambientes favorables y la 4 a los desfavorables.

Cuando se analizó solo el primer corte, la variedad 4 mostró mejor respuesta en buenos ambientes e inconsistente y la línea 13 se comportó como de respuesta mejor en los ambientes desfavorables e inconsistente, indicando con ello su posible utilización, mientras que el resto de las líneas se calificaron como de buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes, según Eberhart y Russell (1966), en tanto que el AMMI consideró como estables a las líneas 3, 5, 10, 14 y la variedad AN-34, donde estas dos últimas mantendrán buena respuesta en ambientes desfavorables y las 3, 5 y 10 responderán mejor a los ambientes favorables.

Al analizar la producción del segundo corte, el método de Eberhart y Russell (1966), calificó casi todas las líneas como de buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes, excepto la línea 12 que mostró mejor respuesta a los buenos ambientes e inconsistente, por su parte el AMMI calificó a las líneas 7, 13, 20, 5 y a la AN-34 como estables y buena respuesta a los ambientes favorables, excepto la línea 5 que posee buena respuesta a los desfavorables.

En el aspecto del valor nutritivo, se determinó mediante regresión que la etapa de cosecha afecta fuertemente la calidad del forraje, concluyéndose que si se desea obtener forraje de alto valor nutritivo con esta especie, la etapa ideal para cosechar es el embuche, ya que en etapas posteriores la calidad tiende a declinar aunque sin mostrar problemas con los contenidos de lignina. No se encontraron problemas con los contenidos de nitratos en los tipos facultativo e intermedios-invernales, por lo que representan una excelente opción para la producción de forraje invernal, existiendo

variedades útiles para los diferentes tipos de explotación que se requiera, superando en producción inclusive a la avena y al rye grass.

Para los tipos facultativos se determinó que la producción de forraje seco se encuentra alrededor de las 5.76 y 4.12 ton/ha para los cortes 1 y 2 respectivamente, con porcentajes de proteína cruda, FAD y FND de 18.21 y 13.86, 24.98 y 32.12, 46.86 y 54.98 respectivamente en el primer y segundo corte, con contenidos energéticos altos de 1.55 y 1.50 Mcal/kg de ENL en dichos cortes. A este tipo pertenecen los tratamientos 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 16, 17, 18 y 19.

Los intermedios-invernales por su parte, mostraron producciones de forraje seco de 5.18 y 4.95 ton/ha al pasar de un corte a otro, con 19.42 y 15.31 por ciento de PC, FAD de 24.32 y 29.07 por ciento y porcentajes FND de 45.49 y 54.98 para los cortes uno y dos respectivamente, con contenidos energéticos de 1.56 y 1.52 Mcal/kg de ENL en dichos cortes. Este grupo fue conformado por los tratamientos 1, 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 20 y las variedades comerciales AN-31 y AN-34.

Los valores antes mencionados deberán ser considerados como puntos de partida para trabajos futuros de generación de germoplasma forrajero de esta especie, que apoyen al fitomejorador en la etapa de selección.

## ABSTRACT

CLUSTERING, SELECTION, YIELD STABILITY AND QUALITY OF FORAGES  
TRITICALE (*X. Triticosecale* Wittmack).

BY

VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA

DOCTORAL

IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. MARCH 2001.

Ph. D. Alfonso López Benítez --Advisor—

Key Words: Triticale, Clustering, Dry Matter Production, Cuts, Growth Habits, Yield  
Stability, Nutritive Value.

Six hundred and forty triticale lines and varieties were initially evaluated in ten yield trials during 1995-1996 under an Alfa-Látice design, in order to characterize based on their dry matter production and another interesting traits. Clustering based on growth habit and dry matter production was done, with the objective of selecting the best fifty lines with the aid of Principal Components Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA).

The selected lines plus the commercial checks Rye Grass cv. Alamo and Oat cv. Coker 234, were evaluated in Navidad, N.L., La Laguna, Zaragoza and “El Aguatoche” Ranch in the state of Coahuila during 1996-1997. The following nutritive value parameters were determined in some lines: crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), dry matter digestibility (DMD), relative feed value (RFV), net energy for lactation (NEL), net energy for gain (NEg) and mineral content of phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K).

The best performing lines (20) plus commercial checks AN-31 and AN-34 were evaluated in two seeding dates in Salaires, Chihuahua and Zaragoza, Coahuila during 1998-1998 and additionally in four locations during the cycles 1998-1999 and 1999-2000 for yield stability determination and nutritive value of some lines. In each cycle analysis of variance were performed by cuts, across location for each cut and a final analysis considering all locations, cuts and genotypes. Finally Eberhart and Russell (1966) and Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI) stability analysis were carried out for each cut and considering both of them.

Analysis showed a new group, intermediate-winter, different of the traditionally well know types (Spring, Facultative and Winter), which posses interesting characteristics, also demonstrate the superiority of Ward (1963), method for clustering genotypes when is compared to k-means method.

Based on growth habit, the spring type with low biomass production and the winter type with low first cut production are less desirable for forage production in the winter period. But facultative type which yield an excellent first cut dry matter production and acceptable production in the second cut are than desirable as intermediate-winter which yields both cuts in the same magnitude due to their excellent regrowth capacity, besides there are no differences in total dry matter production between these last types.

The Eberhart and Russell (1966) yield stability analysis considering both cuts showed that all the lines had a good response to all environments but unstable, mean while AMMI method declare stables the lines 9, 4 and 11 with best response to favorable environments, excepting line 4 which was considered as best response to unfavorable environments.

In the first cut production analysis, line 4 was considered as best response to favorable environments but unstable, and line 13 as best response to unfavorable environments but unstable and the remanding lines as good response to all environments but unstable, according to Eberhart and Russell (1966) methodology. AMMI model declare stables lines 3, 5, 10, 14 and AN-34, with best response to unfavorable environments for line 14 and AN-34, meanwhile lines 3, 5 and 10 were considered as best response to favorable environments.

When the second cut production was considered, only line 12 was declared as best response to favorable environments but unstable and the remaining lines were declared as good response to all environments but unstable, according Eberhart and Russell (1966). On the other hand, AMMI method showed that lines 7, 13, 20 y AN-34 had stability and best response to favorable environments, excepting line 5 which was considered as best response to unfavorable environments.

For nutritive value, regression techniques showed that growth stage at harvest was determinant, concluding if high quality forage is desired the boot stage is optimal, provided advanced stages quality trends to decline although without lignin content problem. Also there was no problem in nitrates content in facultative and intermediate-winter types, wherefore represents an excellent option for forage production during the winter season. Excellent varieties are right now available for the different exploitation types in Northern México, which exceed oat and rye grass production.

Facultative dry matter production was 5.76 and 4.12 ton ha<sup>-1</sup> in first and second cut respectively, with Crude Protein (CP), Acid Detergent Fiber (ADF), Neutral Detergent Fiber (NDF) contents of 18.21 and 13.86 percent; 24.98 and 32.12 percent; 46.86 and 54.98 percent respectively for first and second cuts, with 1.55 and 1.50 Mcal/kg in Net Energy for Lactation (NEL) content. Treatments 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 16, 17, 18 and 19 belong this group.

Intermediate-winter productions were 5.18 and 4.95 ton ha<sup>-1</sup> with 19.42 and 15.31 percent of CP; 24.33 and 29.07 percent of ADF; 45.49 and 54.98 percent of NDF and 1.56 and 1.52 Mcal/kg NEI for first and second cuts respectively. In this group treatments 1, 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 20 and commercial varieties AN-31 and AN-34 were enclosed.

The above mentioned values should be considered as a starting point for future germplasm development efforts on this specie which may be of help to plant breeders in the selection procedure.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xix
INDICE DE FIGURAS.....	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Breve Historia del Triticale.....	5
Tipos de Triticales.....	7
Tipos de Triticales Forrajeros.....	9
Potencial Forrajero del Triticale.....	10
Valor Nutritivo del forraje de Triticale.....	14
Estabilidad de la Producción.....	17
El Análisis Multivariado en el mejoramiento Genético.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	23
Material Genético.....	23
Localidades de Evaluación.....	23
Características de los Ensayos y Tamaño de Parcela.....	26
Fechas y Densidad de Siembra.....	26
Manejo de los Experimentos.....	27
Cortes de Forraje.....	27
Diseño Experimental.....	28
Variables Registradas.....	28
Variables de Valor Nutritivo.....	30
Análisis Estadísticos.....	32
Análisis de Componentes Principales.....	37
Análisis de Conglomerados.....	39
Comparación de Medias Multivariadas.....	42
Comparación de Medias.....	43
Prueba de Homogeneidad de Varianzas.....	43
Análisis de Estabilidad.....	44
Relación entre Variables.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
Producción y Agrupamiento de Genotipos.....	50
Estabilidad de la Producción.....	91
Valor Nutritivo.....	109

CONCLUSIONES.....	130
RESUMEN.....	133
LITERATURA CITADA.....	136
APÉNDICE.....	144

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Material genético utilizado en el experimento durante los ciclos 1995-1996 al 1999-2000.....	24
3.2	Descripción de localidades.....	25
3.3	Características de los ensayos en cada ambiente.....	25
3.4	Forma del análisis de varianza de bloques completos al azar.....	33
3.5	Forma del análisis de varianza de parcelas divididas.....	34
3.6	Forma del análisis de varianza de bloques al azar combinado sobre localidades.....	36
3.7	Forma del análisis de varianza de parcelas subdivididas.....	36
3.8	Forma del análisis de varianza para estabilidad de Eberhart y Russell (1966).....	46
4.1	Cuadros medios y significancia para cada experimento de el ciclo 1995-1996.....	51
4.2	Cuadros medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1995-1996.....	52
4.3	Coefficientes de correlación de las variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada en los experimentos 1 al 5 del ciclo 1995-1996.....	54
4.4	Coefficientes de correlación de las variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada en los experimentos 6 al 10 del ciclo 1995-1996.....	55

4.5	Coefficientes de correlación de las variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para la información global del ciclo 1995-1996.....	56
4.6	Coefficientes de correlación por rangos de Spearman (1904) y significancia para las variables evaluadas durante el ciclo 1995-1996..	58
4.7	Valores medios de las variables en los grupos formados mediante la metodología de k-medias del ciclo 1995-1996.....	62
4.8	Valores medios de las variables en los grupos formados mediante la metodología de Ward (1963) del ciclo 1995-1996.....	63
4.9	Valores medios de las variables en los cuatro grupos formados mediante la metodología de k-medias del ciclo 1995-1996.....	65
4.10	Valores medios de las variables en los cuatro grupos formados mediante la metodología de Ward (1963) del ciclo 1995-1996.....	66
4.11	Genotipos seleccionados considerando el ACP y AC global y el rendimiento relativo al testigo y adicionales en base a su potencial. Ciclo 1995-1996.....	70
4.12	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1996-1997.....	71
4.13	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1996-1997.....	71
4.14	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco por corte en cada localidad del ciclo 1996-1997.....	72
4.15	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco combinado sobre localidades en cada corte del ciclo 1996-1997.....	74
4.16	Coefficientes de correlación de las variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para la información global del ciclo 1996-1997.....	75
4.17	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1997-1998.....	80
4.18	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1997-1998.....	81

4.19	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1998-1999.....	84
4.20	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1998-1999.....	84
4.21	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1999-2000.....	85
4.22	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1999-2000.....	86
4.23	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco desde el ciclo 1996-1997 al ciclo 1999-2000.....	87
4.24	Análisis combinado sobre localidades para producción de forraje seco en cada uno de los cortes efectuados durante 1997-2000.....	88
4.25	Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco considerando ambos cortes en cada ambiente desde el ciclo 1996-1997 al 1999-2000.....	89
4.26	Resultados del análisis de estabilidad para los 28 ambientes.....	93
4.27	Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en los 28 ambientes.....	94
4.28	Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para los 28 ambientes.....	95
4.29	Resultados del análisis de estabilidad para el primer corte.....	99
4.30	Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en el primer corte.....	100
4.31	Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para el primer corte.....	102
4.32	Resultados del análisis de estabilidad para el segundo corte.....	104
4.33	Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en el segundo corte.....	105

4.34	Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para el segundo corte.....	106
4.35	Coefficientes de correlación por rangos de Spearman (1904) para las variables de producción y calidad en el ciclo 1996-1997.....	110
4.36	Coefficientes de correlación de las variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para producción y calidad en el ciclo 1996-1997.....	111
4.37	Características de producción y calidad por corte de los genotipos superiores y testigos durante el ciclo 1996-1997.....	114
4.38	Coefficientes de correlación por rangos de Spearman (1904) para las variables de producción y calidad en el ciclo 1997-1998.....	116
4.39	Características de producción y calidad por corte de los genotipos superiores y testigos durante el ciclo 1997-1998.....	120
4.40	Características selectas de calidad por corte de los genotipos superiores durante el ciclo 1998-1999.....	121
4.41	Coefficientes de correlación por rangos de Spearman (1904) para las variables de producción y calidad en el ciclo 1998-1999.....	122
4.42	Respuesta y coeficientes de determinación (R <sup>2</sup> ) de las variables de calidad a las etapas de desarrollo del cultivo a través de los ciclos.....	124

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Distribución de las variables con base en los primeros dos componentes. Ciclo 1995-1996.....	59
4.2	Distribución de los genotipos con base en los dos componentes. Ciclo 1995-1996.....	60
4.3	Grupos generados por el método k-medias con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.....	62
4.4	Grupos generados por el método de Ward (1963), con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.....	63
4.5	Cuatro grupos generados por el método k-medias, con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.....	65
4.6	Cuatro grupos generados por el método de Ward (1963), con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.....	66
4.7	Rendimiento total de forraje seco con base en los dos primeros componentes principales del ciclo 1995-1996.....	68
4.8	Posición de los genotipos por ensayo con base en los dos primeros componentes principales del ciclo 1995-1996.....	69
4.9	Relación entre variables con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1996-1997.....	76
4.10	Distribución de los genotipos en los primeros dos componentes principales. Ciclo 1996-1997.....	76
4.11	Agrupamiento de genotipos con base en rendimientos de forraje seco e información de ahijamiento y gustosidad obtenidos por Ye (1998). Ciclo 1996-1997.....	78

4.12	Agrupamiento de genotipos con base en los primeros dos componentes principales provenientes de 67 variables. Ciclo 1997-1998.....	82
4.13	Agrupamiento final de los genotipos seleccionados a partir del ciclo 1996-1997.....	91
4.14	Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI.....	97
4.15	Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI en el primer corte.....	102
4.16	Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI en el segundo corte.....	107
4.17	Relación entre las variables de calidad y producción en el ciclo 1997-1998.....	113
4.18	Agrupamiento de genotipos en los primeros dos componente principales para el ciclo 1997-1998.....	113
4.19	Agrupamiento de los genotipos con base en sus características de calidad y producción durante el ciclo 1997-1998.....	118
4.20	Genotipos con base en los primeros dos componentes principales en el ciclo 1997-1998.....	118
4.21	Respuesta de la proteína cruda a las etapas fenológicas a través de ciclos.....	124
4.22	Respuesta de la fibra ácido detergente a las etapas fenológicas a través de ciclos.....	126
4.23	Respuesta de la fibra neutro detergente a las etapas fenológicas a través de ciclos.....	126
4.24	Respuesta del valor alimenticio relativo a las etapas fenológicas a través de ciclos.....	127
4.25	Respuesta de la energía neta para lactancia a las etapas fenológicas a través de ciclos.....	127

## INTRODUCCIÓN

A casi 125 años desde que se reportó la obtención del primer triticale, el cual lleva la distinción de ser el primer cereal “hecho por el hombre”, las expectativas que se crearon en torno a él no se han cumplido. Los esfuerzos que se realizaron para que pasara de ser una curiosidad biológica a implementarse como un cultivo económico que igualara o superara al trigo, han mostrado resultados sorprendentes en lo referente a la producción de grano, pero en la mayor parte del mundo no ha tenido la aceptación esperada para la alimentación humana.

Un aspecto poco explotado de este cereal es la producción de forraje o biomasa total, ya que en otros países se utiliza el grano de manera exitosa para la engorda de pollos, cerdos e inclusive rumiantes.

La utilización de esta especie para producción de forraje sólo se ha reportado en países como Canadá, Argentina y recientemente en nuestro país, donde su potencial de uso es de grandes dimensiones si consideramos que toda la región norte, donde la ganadería es de primordial importancia (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas dedican 77, 70 y 59 por ciento respectivamente de su superficie a actividades pecuarias), sufre de un período de baja producción de forraje durante la época invernal, debido a que las especies forrajeras anuales utilizadas en dicha época (Avena, Ballico y Trébol principalmente), poseen cierta susceptibilidad a las bajas temperaturas.

Es precisamente en el rubro de producción de forrajes donde existen más posibilidades de reducir costos en las explotaciones lecheras del país, mediante la utilización de especies más productivas y de mayor calidad (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA, 1997), y el triticale parece ser una especie con estas características cuando se compara con otros cereales de grano pequeño como el trigo, centeno, cebada, ballico y avena. Sin embargo, debemos de mencionar que los esfuerzos de mejoramiento en este cereal han estado encaminados principalmente a la producción de grano (Pfeiffer *et al.*, 1996), razón por la cual es poco utilizado en la producción de forraje.

Además la inducción de variación en esta especie ha estado supeditada a la conjunción de genes de variedades para grano de distinto origen geográfico (no se puede hablar de evolución natural en esta especie), por lo que la variabilidad mayor ha sido dirigida en este sentido. Afortunadamente la cruce de triticales primaverales x invernales y la utilización de trigos y centenos de primavera e invierno para las cruces interespecíficas, han generado suficiente y excelente variación para tipos forrajeros.

La existencia de variación de tipos forrajeros en este cereal permite la aplicación de algún método de selección, pero evidencia la falta de información en esta especie acerca de las características forrajeras sobre las cuales seleccionar y que difieren completamente de aquellas utilizadas en la selección de genotipos para producción de grano.

En la selección de materiales para grano se consideran características como: altura reducida, estructura compacta, hojas erectas y con senescencia basal, espiga grande y con aristas, tolerancia a enfermedades e insectos, etc., mientras que para producción de forraje, debe además de tomarse en consideración el tipo de explotación pecuaria para la que se desea generar una nueva variedad (intensiva o extensiva), la estabilidad de la producción y ciertos requisitos mínimos de valor nutritivo de acuerdo al tipo de explotación.

Con base en lo anterior, el objetivo general de este trabajo fue agrupar, seleccionar y derivar líneas forrajeras de triticale que posean estabilidad de producción de materia seca y un adecuado valor nutritivo.

Como objetivos particulares se plantearon los siguientes:

- Evaluar y caracterizar los diversos genotipos con base en su hábito de crecimiento y patrones de producción de forraje a través de los cortes.
- Agrupar genotipos mediante técnicas multivariadas en grupos claramente definidos.
- Seleccionar con base en sus características forrajeras los mejores materiales para corte y pastoreo y determinar el valor nutritivo.
- Determinar la estabilidad de producción de los materiales seleccionados.

## Hipótesis:

Existe suficiente variación para obtener genotipos de triticales que posean características sobresalientes de producción de forraje y valor nutritivo, con adecuada respuesta a los ambientes de producción.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Breve historia del triticale.

Desde 1876 en que Alexander Stephen Wilson informó a la Sociedad Botánica de Edimburgo, la obtención de una planta estéril resultante de la cruce de trigo x centeno, tuvieron que pasar 15 años para obtener la primer planta de triticale parcialmente fértil, lo cual ocurrió de manera natural; pero plantas que proporcionaran semilla viable se obtuvieron hasta 1938, mediante la utilización de colchicina (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1976; Belaid, 1994).

A nivel mundial, los primeros trabajos se desarrollaron en Europa, y particularmente en Rusia y Suecia. En nuestro continente los primeros trabajos se realizaron por la Universidad de Manitoba en Canadá.

En México desde 1963 se iniciaron los trabajos de investigación por parte de Norman Borlaug y sus colegas, quienes evaluaron tres materiales como mera curiosidad científica, mientras que por parte de la Universidad de Manitoba se estableció un vivero en terrenos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO), y dos años después gracias a un donativo especial por parte de la Fundación Rockefeller se reorganiza el trabajo sobre este cereal, mismo que continúa después de fundado el CIMMYT en 1966 (CIMMYT, 1976).

Sin duda los avances más importantes en el desarrollo de esta especie como cultivo comercial se han dado gracias a la acción de la naturaleza, tal y como lo ha reconocido el mismo Borlaug, quien expresó así tales accidentes: “Debo confesarles que el avance más importante hacia el mejoramiento de los triticales fue realizado por la madre naturaleza una madrugada de Marzo de 1967, en Ciudad Obregón, Sonora, mientras los científicos todavía dormían. Un grano de polen de trigo, aventurero y descarriado, con una carga genética potente y valiosa, procedente de las parcelas vecinas de trigo experimental, flotó a través del camino al amparo de la obscuridad y fecundó una estéril planta de triticales, alta, triste y escuálida, pero eso sí permisiva. Dos ciclos después se identificaron plantas extraordinariamente prometedoras, en las cuales se había introducido enanismo e insensibilidad parcial al fotoperíodo y había superado del todo la barrera de la esterilidad que por décadas había inhibido los avances en el mejoramiento del triticales”. Los científicos del CIMMYT habían tenido así un golpe de suerte semejante al que produjo los primeros triticales fértiles (CIMMYT, 1976).

Este accidente marcó el nacimiento de la variedad “Armadillo”, que se incluyó casi en la totalidad de los triticales que el CIMMYT generó en los años 70’s con el fin de conferirles mayor fertilidad, madurez temprana, altura reducida así como mayor rendimiento y calidad de grano, germoplasma que se distribuyó a todo el mundo, con el objetivo principal de generar nuevos triticales con rendimiento y calidad de grano igual o superior al de trigo, objetivo que se ha mantenido hasta la fecha en el programa de triticales del CIMMYT , y que se refleja en el siguiente pensamiento que se plasmó hace tiempo “El éxito del triticales se medirá finalmente no solo por su rendimiento en las parcelas de los agricultores y por su calidad proteínica en los laboratorios de

investigación, sino por su comportamiento en los hornos del mundo en una variedad casi infinita de tipos de pan, según las preferencias de cada región” (CIMMYT, 1976). Sin embargo, los esfuerzos del mejoramiento, se han concentrados en mejorar caracteres agronómicos y resistencia a enfermedades y menor atención se le ha dado al mejoramiento de características asociadas con la calidad de panificación y color de grano (Peña, 1994; Pfeiffer *et al.*, 1996), de tal forma que en la actualidad la aceptación de este cultivo para consumo humano se ha visto limitada por su glúten pegajoso que representa un fuerte problema para la industria panificadora mecanizada, razón por la cual en nuestro país se ha utilizado casi exclusivamente en la elaboración artesanal de pan y galletas, sobre todo en el área de Michoacán y recientemente se ha impulsado su uso en la engorda de pollos y cerdos como sustituto del maíz (Belaid, 1994; Saade, 1995).

### Tipos de Triticales.

En la actualidad se tienen diferentes tipos de acuerdo a las características que se tomen en cuenta, así con base en el nivel de ploidía se tienen: octaploides, obtenidos cuando se cruzan un trigo harinero (*Triticum aestivum* L.)  $2n=6x=42$  y el centeno (*Secale cereale* L.)  $2n=2x=14$ , los cuales son casi exclusivamente utilizados comercialmente por la gente de la República de China, dado que tienden a ser inestables e impredecibles en el campo, y hexaploides, obtenidos mediante la cruce de un trigo cristalino (*Triticum durum* L.)  $2n=4x=28$ , con el centeno, son los de más amplia

utilización, dado que tienen mejor vigor y estabilidad reproductiva que los octaploides, muestran también mayor resistencia a enfermedades y respuesta a la selección, pero poseen menor calidad de panificación.

De acuerdo con su origen se tienen triticales primarios y secundarios, los primarios son los obtenidos directamente de la cruce del trigo con centeno (seguido de duplicación cromosómica), mientras que los secundarios provienen de la cruce entre triticales primarios o de la cruce entre un triticales primario y un trigo u otra especie.

También existen dos grandes tipos de acuerdo con la retención del genoma del centeno: completos y substituidos. Los completos poseen todos los 14 cromosomas del centeno, mientras que en los substituidos uno o más cromosomas del centeno han sido remplazados por cromosomas del trigo, como un ejemplo típico se tiene la substitución 2D/2R que presenta el triticales Armadillo.

Adicionalmente con base en su hábito de crecimiento se hace la clasificación de primaverales, invernales y facultativos, clasificación un tanto general sin especificar requerimientos de vernalización y/o fotoperíodo, donde se definen a los genotipos primaverales como aquellos que se siembran durante dicha época y se cosechan en otoño, mientras que los invernales son los que se siembran en otoño y pasan el invierno como plántulas, a menudo debajo de una capa de nieve, en tanto los facultativos son un tipo intermedio entre estos (Hanson *et al.*, 1985; National Research Council (NRC), 1989).

## Tipos de triticales forrajeros.

Lozano (1988) describió tres tipos de triticales forrajeros, basado tal vez en la clasificación por hábito de crecimiento reportado por Hanson *et al.* (1985), y de la caracterización por fotoperíodo y vernalización en trigo (Flood y Halloran, 1986), a las cuales se adicionó información relativa al pedigrí y algunas características morfológicas y fisiológicas que impactan en el uso como forraje:

1).- Primaverales.- Son triticales de rápido crecimiento, insensibles al fotoperíodo, de porte erecto, adecuados para la producción de grano o ensilaje, con 100 por ciento de progenitores primaverales en su pedigrí.

2).- Intermedios o Facultativos.- Presentan aproximadamente un 50 por ciento de variedades invernales en su pedigrí, son de crecimiento más lento que los tipos primaverales, pero con mayor producción de biomasa y mejor recuperación después de cada corte. Adecuados para la producción de forraje en verde o henificado.

3).- Invernales o invernales intermedios.- Tienen en su pedigrí principalmente progenitores de hábito invernal, pero con cierta proporción de primaverales. Estos tipos se seleccionan para tolerancia a bajas temperaturas, tienen un tipo de planta postrado y son adecuados para pastoreo o verdeo, dependiendo de la etapa fenológica.

Leana (2000) comparó triticales de diverso hábito de crecimiento, reportando que aquellos de hábito intermedio o intermedio invernal presentaron la mayor producción de biomasa total, superando significativamente a la avena Cuauhtémoc.

Además indicó que de acuerdo con el patrón de producción de forraje los de hábito facultativo o facultativo intermedio son convenientes cuando se requiere disponer de forraje en un corto tiempo o sólo se desea dar un corte, mientras que para pastoreo concluye que aquellos de hábito intermedio o intermedio invernal son los más adecuados y termina confirmando al triticales como una alternativa viable para el área de la Laguna y Chihuahua, durante la época invernal.

#### Potencial Forrajero del Triticales.

Un aspecto poco explotado del triticales en nuestro país es su excelente potencial para producir biomasa, y aunque en otros países como Canadá, Polonia, Argentina, Rusia, España, Australia y recientemente Estados Unidos han reconocido y probado su capacidad forrajera (NRC, 1989), en México solamente la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ha realizado esfuerzos consistentes en el mejoramiento del triticales para la producción de forraje.

Otras universidades como la de Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y Durango ocasionalmente han evaluado algunos triticales por uno o dos años, pero no han sido consistentes, en cambio en la Universidad desde 1980 se ha estado trabajando en el mejoramiento de esta especie para producción de forraje, labor que rindió sus primeros

frutos al registrar y liberar a nivel nacional las primeras dos variedades de triticale forrajero en 1992, con los nombres de AN-31 Y AN-34.

Se debe de reconocer que Zillinski (1974), fue de los primeros en señalar que el triticale podía ser utilizado como forraje para pastoreo, henificación o ensilaje de buena calidad. Reportes posteriores indicaron que produjo la misma cantidad de forraje que otros cereales de grano pequeño, pero con mayor producción en los últimos cortes (Brown y Almodares, 1976; Bishnoi y Hughes, 1979; Ciha, 1983; Clark y Jean, 1984).

Otros autores han reportado la superioridad de este cereal sobre el trigo, centeno, avena, cebada y ballico (Bishnoi *et al.*, 1978; Hernández, 1978; Escobar, 1987; Varughese *et al.*, 1987; Lozano, 1990; Rodríguez y Moreno, 1994; Leana, 2000), algunos de los cuales mencionan además el mayor contenido de proteína mostrado por el triticale. Aunado a lo anterior, posee características favorables como tolerancia a bajas temperaturas, sequía, suelos ácidos, enfermedades e insectos que el trigo (CIMMYT, 1976; NRC, 1989).

En la zona norte del país los primeros reportes de evaluación del triticale datan de 1974, cuando en el Campo Agrícola Experimental de la Laguna se compararon contra avena y ballico, superando en producción a la primera. Sin embargo, las características agronómicas y de distribución de forraje del ballico, lo hicieron en ese tiempo la mejor alternativa para el área (Martínez, 1974).

Hernández (1978) comparó 20 líneas de triticale contra la avena Cuauhtémoc en el área de Zapopan, Jalisco, y la mayoría de las líneas superaron a la avena.

En la región Lagunera, Quiroga (1980) estableció un jardín de evaluación de 101 triticales del CIMMYT comparándola contra la avena Cuauhtémoc y encontró 85 líneas superiores a ésta, seleccionando las 10 mejores para darles seguimiento. En esta época inicia el proyecto de triticale de la UAAAN.

Quiroga y Farías (1981) al evaluar las 10 mejores líneas de triticale, reportaron la superioridad de éstos sobre la avena en cuanto a la producción de forraje seco, añadiendo además que las variedades comerciales para grano Cananea 79 y Caborca 79 también mostraron potencial superior a las avenas en producción de forraje bajo las condiciones de la Comarca Lagunera.

García y Ayala (1981) también reportaron la superioridad de Cananea 79 en tres localidades de Zacatecas. El campo Agrícola Experimental de Zaragoza (CAEZAR, 1985), reportó la superioridad de los triticales sobre la avena Coker, donde esta última no resistió las bajas temperaturas de la región, condición que no afectó a los triticales.

Candelas (1988), reportó la superioridad de líneas invernales de triticale sobre la variedad Eronga 83, en dos localidades de Coahuila, y Gayosso (1989), confirmó que líneas de hábito intermedio también superaron a dicha variedad.

Estas y otras evidencias recogidas de 1985-1990, permitieron a Lozano (1990) concluir que existe un amplio rango de variación genética en los triticales intermedios e invernales, expresada por los diferentes hábitos de crecimiento, potencial de producción y patrones de producción de los tipos mencionados.

Existen reportes posteriores de Fraustro (1992), Rodríguez (1993), Mendoza (1994) y Leana (2000), donde se marca la clara superioridad de este cultivo sobre otras especies o sobre variedades comerciales de la misma especie.

Otros aspectos de importancia para definir el potencial forrajero de este cereal son los efectos del consumo de forraje mediante las diversas formas en que se acostumbra suministrar al ganado, así existen reportes donde se resalta la bondad de este cultivo bajo pastoreo directo en la ganancia diaria de peso de novillos (Rossi, 1978; Moreno y Luna, 1981; Sullivan *et al.*, 1982; Lomas y Moyer, 1984; Siedler *et al.*, 1985; Varughese *et al.*, 1987 y Contreras, 1991).

También se han reportado los efectos de suplementarlo en raciones como ensilado (Nava y Córdoba, 1981; Heinemann, 1986), como heno (Roberts, 1984; Hadjipanayiotou *et al.*, 1985) e inclusive la gustosidad animal (Ye, 1998), quien reportó que los tipos facultativos y primaverales fueron los de mayor gustosidad en el primer pastoreo.

## Valor Nutritivo del Forraje de Triticale.

Las primeras determinaciones del valor nutritivo de los cereales de invierno casi siempre se centraba sobre el contenido de proteína, fibra cruda, cantidad de materia seca y digestibilidad in vitro (Castro, 1976; Brown y Almodares, 1976; Brozka *et al.*, 1980; Popov *et al.*, 1981; Quiroga y Farías, 1981; Martín *et al.*, 1981; Larrea *et al.*, 1984; Burke, 1986; Candelas, 1988; Lozano, 1990; Hill, 1990), con excelentes contenidos de proteína para el triticale (alrededor de 20 por ciento), sobre todo cuando se comparaba con trigo, avena y cebada. Los reportes más recientes sobre valor nutritivo, además de los parámetros anteriores incluyen otros de suma importancia de acuerdo al tipo de explotación que se maneje (Núñez *et al.*, 1997; Pioneer, 1990; Hutjens, 1997).

Así son considerados los valores energéticos, contenidos de fibras ácido y neutro detergente, valores relativos del forraje y contenido de minerales entre otros. La fibra ácido detergente (FAD), se relaciona con la digestibilidad y el contenido de energía del forraje, por lo cual se usa comúnmente para calcular los valores de energía neta para lactancia, ganancia y mantenimiento (ENI, ENg y ENm respectivamente) y el total de nutrientes digestibles (TND) de los forrajes. En forma general se ha establecido que si la FAD se incrementa, el forraje se vuelve menos digestible.

La fibra neutro detergente (FND) representa el contenido total de fibra (celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice) y puede ser usada para predecir el consumo de forraje (Dry Matter Intake, DMI), dado que tienen una correlación negativa. El valor

alimenticio relativo (Relative Feed Value, RFV), es un índice útil para comparar la calidad de los forrajes en base a su contenido de energía y consumo potencial (Pioneer, 1990).

Núñez *et al.* (1997) mencionan en forma general el valor nutritivo de los forrajes de invierno en la Región Lagunera, haciendo énfasis en ballico y trébol alejandrino, mientras los cereales de grano pequeño los califican como forrajes con valor nutritivo más variable en comparación con otros cereales de invierno. Afirmando que el factor más importante que afecta el valor nutritivo de los cereales es el estado de madurez, de tal manera que en los estados de encañe, embuche e inicio del espigamiento pueden tener contenidos de proteína cruda mayores del 15 por ciento, contenidos bajos de FND y alto valor energético, pero al avanzar el estado de madurez, disminuye el contenido de proteína, la FND aumenta y consecuentemente disminuye el valor energético.

Para triticale en particular, Lozano *et al.* (1998), son de los pocos autores que han reportado análisis completos de esta especie, con porcentajes medios de 20 de proteína cruda, 28 de FAD, 46 de FND y 69 de TND, en tanto que las ENI, ENg y ENm promediaron 1.5, 0.9 y 1.55 Mcal/kg respectivamente a través de tres cortes y dos localidades, sobrepasando a los obtenidos por el ballico y la avena.

En tanto que autores como McLeod *et al.* (1988), han reportado 28 por ciento de FAD, 52 por ciento de FND y 10 por ciento de proteína cruda en evaluaciones hechas en dos localidades de Canadá, para dos etapas del desarrollo del cultivo.

Royo y Aragay (1988), también reportaron en dos variedades (Trujillo y Tabú), el valor nutritivo a diferentes etapas de desarrollo de la planta, con una fuerte disminución de proteína y minerales, combinado con aumentos en los contenidos de fibras conforme se avanza en el desarrollo de la planta.

Stallknecht y Wichman (1998), también reportaron parámetros de calidad en triticale comparado con el trigo, donde la disminución más drástica de la calidad se da en el trigo conforme se avanza en madurez, aunque conservan valores aceptables de FAD, FND y RFV, aún en ambientes donde la humedad es limitada; sin embargo, terminan concluyendo que podría proveer una ventaja económica para los productores de cerdos y pollos, por lo que se infiere que le dan más importancia a la producción de grano. Vale la pena resaltar que todos estos autores han evaluado el valor nutricional de líneas uniformes o variedades de tal manera que la información de parámetros que se pudiesen utilizar para seleccionar material segregante no está actualmente disponible.

Recientemente Hutjens (1997) basándose en el RFV, mencionó que valores  $<90$  representan un forraje indeseable, de 90-120 puede suministrarse a vacas al final de la lactancia, de 120-150 para vacas a la mitad de la lactancia, entre 150-180 para vacas al inicio de la lactancia o becerras y  $>180$  para vacas al inicio de la lactancia.

Por su parte Herrera (1998), menciona que valores de 18 a 20 por ciento de proteína cruda, combinados con 25-32 por ciento de FAD, 40-52 por ciento de FND, y contenidos  $> 1.45$  Mcal/kg de ENI y DMS  $>65$  por ciento son características de un forraje de alta calidad.

## Estabilidad de producción.

Muchos y variados han sido los métodos para caracterizar los genotipos con base en su estabilidad. Lin *et al.* (1986), identificaron cuatro grupos de parámetros estadísticos utilizados para medir la estabilidad: grupo A, estimación de efectos genotípicos; grupo B, estimación de la varianza de interacción genético-ambiental; grupo C, estimación mediante coeficiente de regresión; y grupo D, estimación de las desviaciones de regresión.

Ellos también sugirieron tres interpretaciones de la estabilidad: tipo I, estabilidad biológica (varianza fenotípica a través de ambientes igual a cero), tipo II, respuesta fenotípica del genotipo a los ambientes paralela a la respuesta media de todos los genotipos probados, esto es, que posea un coeficiente de regresión igual a la unidad, y tipo III, alta confiabilidad de la respuesta estimada, lo cual implica desviaciones de regresión iguales a cero.

Es precisamente la estabilidad basada en los dos últimos tipos, a la que más amplia aceptación y uso se le ha dado en la actualidad, dada su implícita forma de medir la adaptación del cultivar, como lo han señalado Zamora (1990) y Batista *et al.* (1995), quienes reportaron que comparado con otros métodos univariados para medir la estabilidad, el de Eberhart y Russell (1966) proporciona más información acerca del comportamiento de los genotipos y además pudiera usarse para calcular una regresión bisegmentada tal como lo propusieron Verma *et al.* (1978).

Finlay y Wilkinson (1963), sugirieron que el coeficiente de regresión fuera usado como un parámetro para medir la respuesta individual de los cultivares a los índices ambientales, y Eberhart y Russell (1966), propusieron que la estabilidad de producción fuera más apropiadamente medida por el cuadrado medio de las desviaciones de regresión, bajo el siguiente modelo

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$  representa la media de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente;  $\mu_i$  simboliza la  $i$ -ésima media varietal sobre todos los ambientes,  $\beta_i$  es el coeficiente de regresión que mide la respuesta de de la  $i$ -ésima variedad en los distintos ambientes e  $I_j$  representa el índice ambiental (media del ambiente particular menos la media general) y  $\delta_{ij}$  representa la desviación de regresión de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

Eberhart y Russell (1966) sugirieron que es más deseable un índice independiente de las variedades experimentales que se puede obtener de los factores ambientales, y que las variedades deben de sembrarse en un número adecuado de ambientes que cubran el rango completo de todas las posibles condiciones ambientales. Definieron también una variedad estable como aquella que presenta un coeficiente de regresión igual a uno y cuyas desviaciones de regresión son iguales o cercanas a cero.

Carballo y Márquez (1970), definieron cinco situaciones más aparte de la descrita por Eberhart y Russell (1966), usando el término “consistencia” para indicar un

valor igual a cero en las desviaciones de regresión, considerando “inconsistente” una variedad cuando estas son diferentes de cero. Respecto a los coeficientes de regresión establecieron que valores mayores que la unidad indican que la variedad responde bien bajo condiciones favorables, pero con pobre comportamiento en ambientes desfavorables; lo contrario sucede cuando se tienen valores menores que la unidad en dicho parámetro; definiendo como ambientes favorables aquellos en que la respuesta varietal sea superior al promedio de todas las variedades en todos los ambientes.

En los últimos años el avance en el área de la computación ha permitido el uso de metodologías que anteriormente eran laboriosas y tediosas, pero que en la actualidad bastan unos cuantos minutos para llevarlos a cabo, como es el caso de los modelos de efectos aditivos principales e interacciones multiplicativas (Additive Main effects and Multiplicative Interaction, AMMI) propuesto por Zobel *et al.* (1988), el cual consiste básicamente en la combinación de dos técnicas de análisis de datos: Análisis de Componentes Principales (ACP) desarrollado por Pearson (1901) y el Análisis de Varianza (ANVA), desarrollado por Fisher (1918).

El AMMI consiste en realizar un ANVA de la manera usual y obtener las medias de variedades, ambientes y la general del experimento, y entonces la interacción genotipo ambiente (residual no aditivo del modelo aditivo del ANVA) se ajusta a un modelo multiplicativo del ACP, cuya finalidad es reducir la dimensionalidad de los datos de tal manera que se manejan sólo dos o tres ejes para representarlos. El paquete estadístico MATMODEL realizado por Gauch (1987), utiliza el modelo AMMI y

adicionalmente realiza la regresión lineal de acuerdo a la metodología de Finlay y Wilkinson (1963).

Este paquete ha sido usado por diversos investigadores (Crossa *et al.*, 1990; Ebdon *et al.*, 1998; Quemé, 2000 ), debido a su gran facilidad de uso e interpretación gráfica de los datos y a que normalmente explica mayor cantidad de la variación con los dos o tres componentes principales, que aquella explicada por el ANVA en su fuente de variación correspondiente, razón por la cual se le considera mejor modelo que aquel planteado por Eberhart y Russell (1966), además señalan que el ANVA identifica dicha fuente (genotipo x localidad), pero no la analiza, mientras que AMMI sí lo hace.

Recientemente Ebdon *et al.* (1998), reportaron que la calificación con base en el coeficiente de regresión de Finlay y Wilkinson (1963) y la calificación dada por el AMMI están altamente correlacionadas ( $r = 0.988^{***}$ ), en tanto que Frensham *et al.* (1998), sugieren que el AMMI pudiera sesgar sus resultados dado que considera fijos los tratamientos y localidades.

La técnica del ACP es una de las más simples dentro de los métodos multivariados, el objetivo es tomar  $p$  variables  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$  y encontrar combinaciones de estas para producir índices  $z_1, z_2, z_3, \dots, z_p$ , no correlacionados entre sí. La pérdida de correlación es una propiedad útil dado que significa que los índices están midiendo diferentes dimensiones de los datos. Sin embargo, los índices están también ordenados de tal forma que  $z_1$  muestra la mayor cantidad de variación,  $z_2$  muestra la segunda mayor

cantidad de variación, de tal manera que  $\text{var}(z_1) > \text{var}(z_2) > \text{var}(z_3) > \dots \text{var}(z_p)$ , donde:  $\text{var}(z_i)$  representa la varianza de  $z_i$  en los datos analizados y los  $z_i$  son llamados los componentes principales y siempre se tiene el deseo de que unos cuantos  $z_i$  describan adecuadamente la variación dentro de un conjunto de datos, si esto se logra entonces se obtiene un grado de economía al representar la variación de las  $p$  variables originales en unas cuantas variables  $z_i$  (Manly, 1986).

### El Análisis Multivariado en el Mejoramiento Genético.

Además de su utilización en el estudio de la interacción genotipo ambiente antes descrito, el análisis multivariado ha sido utilizado para distintos objetivos, principalmente para cuantificar y clasificar la diversidad genética de diversas especies entre las que se pueden citar maíz (Franco *et al.*, 1997a, 1997b y 1998), papa (Clausen y Spooner, 1998), soya (Thompson *et al.*, 1988; Gizlice *et al.*, 1993; Kisha *et al.*, 1998), trébol (Steiner *et al.*, 1988), Cebada (Horsley *et al.*, 1995), trigo duro (Autrique *et al.*, 1996), Avena (Portyanko *et al.*, 1998), lenteja (Ferguson *et al.*, 1998) y cítricos (Coletta *et al.*, 1998), quienes usaron principalmente la técnica de Análisis de Conglomerados, con el fin de agrupar individuos con características fenotípicas, bioquímicas o genotípicas similares.

Otro aspecto de la utilización del análisis multivariado ha sido para clasificar los ambientes con el fin de controlar la interacción genotipo ambiente y mejorar la

eficiencia de la selección (Abou-EL-Fittou *et al.*, 1969; Abdalla *et al.*, 1996), mediante el Análisis de Componentes Principales y más recientemente se ha utilizado el Análisis Discriminante para identificar materiales de pasto Kentucky de acuerdo a su eficiencia en el uso del agua (Ebdon *et al.*, 1998). Sin embargo, existen más técnicas multivariadas que no han sido completamente utilizadas en la agricultura o combinaciones de dos o más técnicas que permitan un mayor discernimiento del fenómeno que se estudie, el cual normalmente es de naturaleza multivariada, pero que lo tratamos de explicar de forma univariada cuando utilizamos las técnicas estadísticas usuales.

Manly (1986), señala que el análisis de conglomerados (Cluster Análisis) se diseñó para resolver el siguiente problema: dada una muestra de  $n$  objetos, cada uno de los cuales tiene una caracterización sobre  $p$  variables, diseñar un esquema para agrupar los objetos dentro de clases, de tal manera que objetos similares estén dentro de una misma clase. El método debe ser completamente numérico y el número de clases es desconocido. Dentro de sus ventajas se señalan que puede ser útil para reducción de datos y encontrar grupos verdaderos, en caso de que el análisis de conglomerados generara agrupamientos inesperados, entonces podría ser útil para sugerir las relaciones que podrían ser investigadas. Así mismo menciona que existen dos tipos de análisis de conglomerados: jerárquicos y no jerárquicos, dentro de los cuales son más utilizados los del primer tipo. Los datos para el análisis de conglomerados usualmente consisten de los valores de  $p$  variables  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$  medidas en  $n$  objetos. Mediante algoritmos jerárquicos estas variables son usadas para producir un arreglo de distancias entre los individuos en un plano de dos ejes (o variables), que puede extenderse a más de dos.

## MATERIALES Y METODOS

### Material Genético.

El material genético base al inicio de la investigación constó de 640 genotipos distribuidos en 10 ensayos con 64 materiales cada uno, con 3 repeticiones, siendo los experimentos 1 al 6 predominantemente invernales, mientras que del 7 al 10 fueron predominantemente facultativos. Dichos experimentos fueron preparados y enviados al Programa de Cereales de esta H. Universidad por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), de los cuales se seleccionaron los mejores 50 materiales y después de dos ciclos de selección, se retuvieron los mejores 20 genotipos, adicionando dos testigos comerciales de la misma especie (Cuadro 3.1.).

### Localidades de Evaluación.

Los 10 ensayos iniciales se evaluaron en el Campo Agrícola Experimental "Navidad", propiedad de la U.A.A.A.N., ubicado en el municipio de Galeana, N.L. con el fin de caracterizar y evaluar los materiales durante el ciclo otoño-invierno 1995-1996.

Los mejores 50 materiales para corte, más 25 líneas y 15 testigos, se evaluaron posteriormente en esta misma localidad, en el Rancho "El Aguatoche", en Zaragoza y en Torreón, Coahuila, durante el ciclo 1996-1997 (Cuadro A.1).

Cuadro 3.1. Cruza y clave asignada a las mejores 20 líneas, mas testigos utilizados en el experimento durante los ciclos 1996-1997 al 1999-2000.

TRAT.	CLAVE	CRUZA
1	AN-1-98	SWTY89.41
2	AN-2-98	SWTY89.110
3	AN-3-98	SWTB89.314
4	AN-4-98	SWTB89.255
5	AN-5-98	CTY87.75
6	AN-6-98	SWTB89.252
7	AN-7-98	CTWS92WM002295
8	AN-8-98	SWTM91.375
9	AN-9-98	SWTB89.281
10	AN-10-98	SWTY89.110
11	AN-11-98	SWTB89.279
12	AN-12-98	CTWS93Y0031S
13	AN-13-98	CTWS93Y0047S
14	AN-14-98	CTWW92WM00085T
15	AN-15-98	SWTY91.75
16	AN-16-98	SWTY89.29
17	AN-17-98	CTY88.85
18	AN-18-98	SWTY90.118
19	AN-19-98	SWTB89.278
20	AN-20-98	CTWS93Y00021S
21	AN-31-92	VAR. COMERCIAL
22	AN-34-92	VAR. COMERCIAL

Durante el ciclo 1997-1998 los mejores 20 materiales y dos testigos comerciales se evaluaron en Salaires, Chihuahua (dos fechas de siembra) y en Zaragoza, Coah.. En el ciclo 1998-1999 se realizó la segunda evaluación en Casas Grandes, Aldama y Salaires, Chihuahua y en Torreón, Coahuila, y finalmente en las mismas localidades de Chihuahua y Zaragoza, Coahuila se realizó la posterior evaluación de dichos materiales durante el ciclo 1999-2000, según se aprecia en los Cuadros 3.2. y 3.3., donde en este último aparece también el número de ambiente asignado a cada localidad en su respectivo ciclo, dado que no aparecen todas las localidades a través de los ciclos de evaluación.

Cuadro 3.2. Descripción de localidades.

Localidad	Altitud (msnm)	Temp. media °C	Precipitación anual (mm)	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Tipo de clima
Navidad, N.L.	1895	17.0	516.2	25°04'	100°56'	Bsoh'x(e)
Torreón, Coah.	1137	22.6	217.1	25°33'	103°26'	Bw(H')hw(e)
Zaragoza, Coah.	360	20.6	376.3	28°30'	100°55'	Bsohx'(w)(e)w''
Salaices, Chih.	1420	18.3	363.9	27°00'	105°02'	BS
Casas Gdes., Chih.	1473	17.1	396.1	30°22'	107°58'	Bsokw(e')
Aldama, Chih.	1260	19.3	330.6	28°50'	105°55'	BWhw(w)(e')w''

Fuente: García, 1988.

Cuadro 3.3. Características de los ensayos y nombre asignado en cada ambiente.

Localidad	Ciclo	Ambiente	Entradas	Reps.	Ensayo (s)
Navidad *	95-96	.	640	3	10
Torreón *	96-97	1	90	4	Corte
Navidad *	96-97	2	90	4	Corte
Zaragoza *	96-97	3	90	4	Corte
Zaragoza *	97-98	4	22	3	Elite
Salaices I	97-98	5	22	3	Elite
Salaices II	97-98	6	22	3	Elite
Casas Gdes.	98-99	7	22	3	Elite
Salaices	98-99	8	22	3	Elite
Aldama	98-99	9	22	3	Elite
Torreón *	98-99	10	22	3	Elite
Salaices	99-00	11	22	3	Elite
Aldama	99-00	12	22	3	Elite
Casas Gdes.	99-00	13	22	3	Elite
Zaragoza *	99-00	14	22	3	Elite

\* = Siembra con máquina de precisión.

### Características de los ensayos y tamaño de parcela.

Debido al volumen de material inicial, en el ciclo 95-96 el método de siembra utilizado fue el de dos hileras a 0.17 m por cama, de tal manera que la parcela experimental constó de dos camas de 3 m de longitud y una separación entre camas de 0.9 m, y en los ciclos siguientes se utilizaron tamaños de parcela de 8 hileras de 5 m de longitud con separación de 0.17 m, sembrados con máquina de precisión y 8 hileras de 3 m de longitud y separación de 0.3 m con siembra a mano (Cuadro 3.3). La parcela útil de la siembra en camas fue de  $0.34 \text{ m}^2$  (1 metro lineal de las dos hileras de una cama), en la siembra en plano con máquina constó del mismo tamaño (1 metro lineal de las dos hileras centrales) y en la siembra a mano fue de  $3.6 \text{ m}^2$  dado que se cosecharon las cuatro hileras centrales.

### Fechas y densidad de siembra.

En todos los ciclos de producción se trató de que las fechas de siembra quedaran comprendidas dentro de la segunda quincena de septiembre y la primer quincena de octubre, así en Navidad 95-96, la siembra se realizó los días 21,22,y 25 de septiembre, para el 96-97 las fechas quedaron comprendidas desde el 11 de septiembre hasta 22 de septiembre, mientras para el ciclo 97-98 abarcaron desde el 2 al 7 de octubre y la segunda fecha en Salaices (Salaices II del Cuadro 3.3.) se realizó en octubre 30; para el ciclo 98-99 desde el 13 al 18 de octubre y en el último ciclo (99-00), las fechas de siembra se llevaron a cabo desde el 5 al 20 de octubre, debido a lo retirado de las

localidades de prueba. La densidad de siembra utilizada en todos los casos fue de 120 kg de semilla por hectárea, sembrándose en seco y a chorrillo.

#### Manejo de los experimentos.

En todas las localidades la preparación de terreno fue el típico para la siembra de cereales de grano pequeño: barbecho, rastreo, fertilización, surcado (en el caso de siembra a mano), bordeo y riegos de acuerdo a las necesidades del cultivo (normalmente cinco riegos incluyendo el de siembra). La dosis de fertilización utilizada fue de 120-80-00, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno antes de la siembra y la segunda mitad del nitrógeno en el primer riego de auxilio; las fuentes para estos elementos fueron variables utilizándose sulfato o nitrato de amonio, urea, fosfato diamónico o monoamónico y urea ácida. Los deshierbes se realizaron manualmente. No se detectó presencia de plagas ni enfermedades a nivel de importancia económica.

#### Cortes de forraje.

Estos se llevaron a cabo en forma manual con rozadera, cortando a una altura aproximada de 3 cm del nivel del suelo. Las fechas de corte se trató de comprenderlas dentro de los 70 a 90 días después de la siembra (dds), mientras que para el segundo corte se comprendió un período de 135-150 dds, sólo en la localidad de Navidad, N.L. ciclo 1995-96 el primer corte se realizó a los 120 dds y el segundo a los 180 dds, por lo que no se comprende dentro de los ambientes considerados para el análisis de estabilidad

que se explica en las páginas siguientes. Después de cada corte y antes del riego de auxilio para obtener el rebrote se adicionaron 50 unidades de nitrógeno por hectárea.

### Diseño Experimental.

En las localidades donde se realizó la siembra a mano se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar debido a la disponibilidad de terreno, mientras que en aquellas donde se llevó a cabo con máquina se utilizó un diseño Alfa-Látice (0,1), el cual según Barreto *et al.* (1993), es más efectivo que el bloques al azar, con la ventaja de que se puede analizar como tal, si así se requiere.

### Variables registradas.

Durante el ciclo 95-96 dentro de la caracterización de los materiales se determinaron las variables siguientes:

- Altura de planta en el primer corte (ALTURA).- Medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta el dosel de la mayoría de las plantas del genotipo en particular.
- Rendimiento de forraje verde por corte.- Una vez cortada la parcela útil se contabilizó en gramos por parcela y fue posteriormente transformado a toneladas por hectárea.
- Rendimiento de forraje seco por corte (FSC).- Del forraje verde total se tomó una muestra de 500 gr , para secarse en estufa hasta alcanzar su peso constante, registrándose en gramos por parcela y convirtiéndose a toneladas por hectárea.
- Hábito de crecimiento (HC).- Determinado visualmente con una escala de 1 hasta 4, donde el 1 corresponde al hábito primaveral (porte erguido y rápido crecimiento inicial

y poca cobertura), 2 para materiales con porte erguido, de crecimiento inicial medio y cobertura intermedia, 3 para materiales con porte semi-erecto, crecimiento inicial medio y buena cobertura, y el 4 al invernial (postrado y lento crecimiento inicial con excelente cobertura).

- Ancho de hoja (A.HOJA).- También determinado visualmente con la misma escala donde 1 corresponde a la hoja angosta y 4 a la ancha.
- Color de follaje (COLOR).- Visualmente determinado, donde 1 corresponde al color verde clorótico y 4 para el verde oscuro.
- Forraje seco total (FS TOTAL).- Obtenida mediante la suma del forraje seco producido en los dos cortes.
- Rebrote.- Medido como la producción del segundo corte en comparación con el primer corte.

Durante el ciclo 96-97 se determinaron las variables: forraje verde y seco, hábito de crecimiento, etapa en la escala de Zadoks *et al.* (1974), que básicamente es un código decimal donde se inicia asignando el valor de cero a la germinación, uno a el crecimiento de la plántula, dos a el amacollamiento, tres para encañe, cuatro al embuche, cinco a la emisión de la espiga, seis a la floración, siete al estado lechoso del grano, ocho al estado masoso y nueve a la madurez.

Adicionalmente se le asignó una calificación del 3 al 7, donde el 3 representa plantas de aspecto débil, con poca cobertura y biomasa y el número 7 se asignó a los materiales que mostraron un aspecto vigoroso, con excelente cobertura y biomasa. Las mejores 8 líneas, las variedades AN-31 y AN-34 y los testigos rye grass y avena, fueron

evaluados para determinarles su valor nutritivo en las localidades de La Laguna y Zaragoza, Coahuila. Así mismo se realizó una evaluación de preferencia animal, en el rancho “El Aguatoche”, Coahuila (Ye, 1998).

Para el ciclo 97-98 además de las determinaciones de producción, se incluyó la determinación de valor nutritivo de los materiales más rendidores, etapa y hábito de crecimiento. Para el ciclo 98-99, a los 10 materiales más productores y con miras a su utilización bajo diferentes usos finales, se les determinó el valor nutritivo, adicionando la determinación del contenido de lignina y nitratos. En el ciclo siguiente, se determinaron producción de forraje verde y seco, con un registro del hábito de crecimiento, pero no se determinó el valor nutritivo de los materiales, dado el presupuesto limitado.

#### Variables de Valor Nutritivo.

Todas las determinaciones de valor nutritivo se llevaron a cabo mediante la técnica de espectroscopía de reflectancia cercana al infrarrojo (Near Infrared Reflectance Spectroscopy, NIRS), que involucra el secado y molido de la muestra de forraje, la cual es expuesta a luz infrarroja en un espectrofotómetro, la radiación infrarroja reflejada por la muestra es convertida en un impulso eléctrico que alimenta una computadora para su interpretación. Cada componente orgánico mayor del forraje (y grano) absorben y reflejan diferentes longitudes de onda y midiendo estas diferentes reflectancias la unidad NIRS y la computadora determinan la cantidad de esos componentes en el forraje. La detección de nutrientes específicos es obtenida calibrando

la unidad NIRS con muestras a las cuales se les ha determinado su valor nutritivo mediante el método convencional (húmedo), cuyas reflectancias son programadas en la computadora. Cuando muestras similares son evaluadas por el NIRS, la computadora compara las longitudes de onda reflejadas por la muestra y determina sus valores.

Todos los análisis se realizaron en los laboratorios de la empresa LALA de Gomez Palacio, Durango e incluyeron determinaciones de: Porcentaje de proteína cruda (PC), proteína digestible (PD), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), total de nutrientes digestibles (TND), energía neta para lactancia, ganancia y mantenimiento (ENI, ENg y ENm respectivamente), digestibilidad de la materia seca (DMS) y minerales (fósforo, potasio, calcio y magnesio).

A las últimas 10 muestras enviadas, adicionalmente se les determinaron los contenidos de lignina y nitratos por el método húmedo. Dichas determinaciones se realizaron sobre una muestra proveniente de la homogenización del forraje obtenido de las repeticiones, de tal manera que solo se analizó una muestra por genotipo en cada corte.

En base a los contenidos de FAD y FND, son determinados dos parámetros importantes: Materia Seca Digestible (MSD) y Consumo de Materia Seca (CMS), como por ciento del peso corporal, los cuales son utilizados para calcular el Valor relativo Alimenticio (RFV), de la manera siguiente:

$$\text{MSD} = 88.9 - (0.779 * \% \text{ FAD})$$

$$\text{CMS} = 120 / \% \text{ FND}$$

$$\text{RFV} = (\% \text{ MSD} * \% \text{ CMS}) / 1.29$$

El RFV no posee unidades, pero es una manera de comparar el potencial de dos o más forrajes para consumo de energía. Valores mayores de 100 son de mayor calidad y RFV no toma en cuenta el contenido de proteína cruda, por lo que debe de considerarse como otro factor de calidad (PIONEER, 1990).

#### Análisis estadísticos.

Todos los análisis de varianza se realizaron mediante el paquete estadístico SAS ver. 6 (1989). Para cada localidad se realizó un análisis de varianza por corte para la variable forraje seco utilizando el diseño de bloques al azar (Cuadro 3.4.), con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = m + b_i + t_j + e_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = Forraje seco producido por el j-ésimo tratamiento en la i-ésima repetición.

$m$  = Efecto de la media general del experimento.

$b_i$  = Efecto del i-ésimo bloque o repetición.

$t_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento.

$e_{ij}$  = Error experimental.

La información conjunta de los cortes en cada localidad se analizó como un parcelas divididas, considerando como parcela grande los cortes y los tratamientos como parcela chica (Cuadro 3.5.), con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = m + b_i + c_j + e(a) + t_k + ct_{jk} + e_{ijk}$$

donde:  $Y_{ijk}$  = Forraje seco producido por el k-ésimo tratamiento, en el j-ésimo corte en la i-ésima repetición.

$m$  = Efecto de la media general.

$b_i$  = Efecto de la i-ésima repetición.

$c_j$  = Efecto del j-ésimo corte.

$e(a)$  = Error de parcela grande.

$t_k$  = Efecto del k-ésimo tratamiento.

$ct_{jk}$  = Efecto de la interacción entre el k-ésimo tratamiento y el j-ésimo corte.

$e_{ijk}$  = Error experimental.

Cuadro 3.4. Forma del análisis de varianza de bloques completos al azar.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.
REPETICIONES	r-1	M3
TRATAMIENTOS	t-1	M2
ERROR EXP.	(r-1)(t-1)	M1
TOTAL	Rt-1	

Cuadro 3.5. Forma del análisis de varianza de parcelas divididas.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.
REPETICIONES	r-1	M6
CORTES	c-1	M5
EE(a)	(r-1)(c-1)	M4
TRATAMIENTOS	t-1	M3
CORTES*TRAT.	(c-1)(t-1)	M2
ERROR EXP.	(r-1)(c-1)(t-1)	M1
TOTAL	rct-1	

La información obtenida en cada corte durante un (los) ciclo(s) de cultivo en las diferentes localidades (ambientes) se analizó como bloques al azar combinado sobre localidades (Cuadro 3.6.), con el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = m + l_i + b_{ji} + t_k + tl_{ik} + e_{ijk}$$

donde:  $Y_{ijk}$  = Forraje seco producido por el k-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición de la i-ésima localidad.

$m$  = efecto de la media general.

$l_i$  = Efecto de la i-ésima localidad.

$b_{ji}$  = Efecto de la j-ésima repetición anidada en la i-ésima localidad.

$t_k$  = Efecto del k-ésimo tratamiento (genotipo).

$tl_{ik}$  = Efecto de la interacción entre el k-ésimo tratamiento con la i-ésima localidad.

$e_{ijk}$  = Error experimental.

Finalmente se analizó como un parcelas subdivididas (Cuadro 3.7.), cuando se consideró la información conjunta de ambos cortes durante el (los) ciclo(s), donde localidades (ambientes) se consideraron como parcela grande, cortes como parcela mediana y tratamientos como parcela chica, de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = m + L_i + B_{ji} + C_k + CL_{ik} + E(b) + T_l + TL_{il} + TC_{lk} + LCT_{ikl} + e_{ijkl}$$

donde:  $Y_{ijkl}$  = forraje seco producido por el l-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición del k-ésimo corte en la i-ésima localidad.

$m$  = Efecto de la media general.

$L_i$  = Efecto de la i-ésima localidad.

$B_{ji}$  = Efecto de la j-ésima repetición anidada en la i-ésima localidad.

$C_k$  = Efecto del k-ésimo corte.

$CL_{ik}$  = Efecto de la interacción del k-ésimo corte con la i-ésima localidad.

$E(b)$  = Error de parcela mediana.

$T_l$  = Efecto del l-ésimo tratamiento (genotipo).

$TL_{il}$  = Efecto de la interacción del l-ésimo tratamiento con la i-ésima localidad.

$TC_{lk}$  = Efecto de la interacción del l-ésimo tratamiento con el k-ésimo corte.

$LCT_{ikl}$  = Efecto de la triple interacción entre el l-ésimo tratamiento con el k-ésimo corte y la i-ésima localidad.

Cuadro 3.6. Forma del análisis de varianza de bloques al azar combinado sobre localidades.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	$l-1$	M5
REPS/LOCALIDADES	$(r-1)l$	M4
TRATAMIENTOS	$t-1$	M3
TRAT*LOCALIDAD	$(l-1)(t-1)$	M2
ERROR EXP.	$(r-1)(t-1)l$	M1
TOTAL	$rtl-1$	

Cuadro 3.7. Forma del análisis de varianza de parcelas subdivididas.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	$l-1$	M10
REP/LOCALIDADES	$(r-1)l$	M9
CORTES	$c-1$	M8
LOC*CORTE	$(l-1)(c-1)$	M7
EE(b)	$(r-1)(c-1)l$	M6
TRATAMIENTOS	$t-1$	M5
TRAT*LOC	$(t-1)(l-1)$	M4
TRAT*CORTE	$(t-1)(c-1)$	M3
TRAT*CORTE*LOC	$(t-1)(c-1)(l-1)$	M2
ERROR EXP.	$(t-1)(r-1)lc$	M1
TOTAL	$rectl-1$	

## Análisis de componentes principales.

Para la información conjunta de cada ciclo se realizaron adicionalmente un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados (AC) utilizando el programa Statistica ver. 4.5 (1994), con el fin de reducir la dimensionalidad de los datos y establecer las relaciones entre las variables y agrupar individuos semejantes. El ACP consiste en reducir un gran número de variables originales a unas cuantas variables transformadas (Manly, 1986; Johnson y Wichern, 1988). Se inicia con la concentración de los datos en una tabla de doble entrada, donde los renglones corresponden a los  $n$  objetos o individuos en estudio y las columnas corresponden a los  $p$  atributos o variables medidas a cada uno de los  $n$  individuos. Un primer componente principal es entonces la combinación lineal de variables  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ , de la siguiente forma:

$$Z_i = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1p}X_p$$

donde:  $a_{ij}$  = Coeficiente o "carga" de la  $j$ -ésima variable del  $i$ -ésimo individuo. Y están sujetas a la condición de:

$$\sum a_{ij}^2 = 1$$

Así la varianza de  $Z_i$ , es lo más grande posible dada la condición sobre las constantes  $a_{ij}$ . La condición sobre las constantes es impuesta para que la varianza de  $Z_i$  no sea aumentada solamente por elevar el valor de alguno de los  $a_{ij}$ . El segundo componente principal:

$$Z_j = a_{j1}X_1 + a_{j2}X_2 + a_{j3}X_3 + \dots + a_{jp}X_p$$

es tal que la varianza de  $Z_j$  sea lo más grande posible sujeta a la condición de:

$$\sum a_{ij}^2 = 1$$

debe además, cumplir la condición de que  $Z_i$  y  $Z_j$ ,  $i \neq j$ , no estén correlacionados.

Los demás componentes principales son definidos continuando de la misma manera. Si se tiene  $p$  variables es posible definir hasta  $p$  componentes principales; sin embargo, lo más deseable es retener 2 o 3, tratando de explicar alrededor de un 70 a 75 por ciento de la variación total.

Como el trabajar con las ecuaciones que se plantean para la construcción de los componentes es un trabajo arduo, se optó por trabajar con matrices y encontrar sus incógnitas, de manera que dichas ecuaciones simultáneas se pueden representar como:  $Y = Ax$ , donde  $x$  es el vector de las variables medidas y  $A$  es la matriz de coeficientes o cargas que deben estimarse. Una segunda opción, que se utilizó en este trabajo, es usar una matriz de varianza-covarianza ( $S$ ) y el ACP sólo involucra encontrar los eigenvalores (valor propio o raíz característica, componente principal, factor,  $\lambda_i$ ) de dicha matriz, correspondientes a los  $t$  vectores característicos ( $a_{ij}$ ), de tal manera que los  $\lambda_i$  se obtienen mediante  $a_{ij}' S a_{ij} = \lambda_i$ . Donde  $\lambda_i = \text{Var}(Z_i)$ , es decir, la varianza de los componentes principales son los eigenvalores de la matriz  $S$  y las constantes  $a_{ij}$  son los elementos de los eigenvectores correspondientes. De tal forma que valores negativos de los eigenvalores no son posibles y dado que en la diagonal de la matriz aparecen

varianzas de los datos originales y que la varianza de  $\lambda_i$  es la varianza de  $Z_i$ , esto significa que la suma de varianzas de los componentes principales es igual a la suma de las varianzas de las variables originales.

Con el fin de evitar la influencia de las unidades de medida de las variables originales, se estandarizaron para que mostraran media cero y varianza de unidad, de tal manera que la matriz  $S$ , tiene unos en la diagonal y correlaciones entre las variables fuera de la diagonal y en este caso, la suma de los términos de la diagonal (suma de eigenvalores), será igual a  $p$ , el número de variables (Manly, 1986).

#### Análisis de conglomerados.

Este análisis básicamente agrupa a los objetos o individuos en grupos que son diferentes entre si y dentro de cada grupo los objetos o individuos que lo conforma son muy parecidos entre si. Muchos algoritmos se han desarrollado para llevar a cabo este tipo de análisis (Manly, 1986; Johnson y Wichern, 1988), dentro de ellos se encuentran aquellas técnicas jerárquicas, las cuales inician con el cálculo de las distancias de cada individuo con todos los otros individuos. Los grupos son formados por un proceso de aglomeración o división. Mediante la aglomeración los individuos inician solos en grupos de uno, posteriormente los individuos más cercanos son gradualmente agrupados hasta que finalmente todos los individuos quedan dentro de un único grupo, lo cual es representado mediante un dendograma. Otro procedimiento consiste en definir  $k$  grupos o conglomerados aleatorios y entonces se mueven los objetos entre estos grupos para

reducir la variación dentro de ellos y maximizar la diferencia entre ellos, buscando que esta sea lo más grande posible, tal como lo hace la metodología propuesta por Ward, 1963. Las distancias entre los individuos son calculadas mediante una generalización de la distancia euclidiana ( $d_{ij}$ ):

$$d_{ij} = \sqrt{\{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2\}}$$

la cual para  $p$  atributos quedará como:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Existen varias medidas de distancias, pero las más usadas son la euclidiana, la de Pearson (la cual es una euclidiana ponderada de acuerdo a la dispersión de las variables) y la distancia de Mahalanobis (distancia generalizada calculada con la matriz de varianza-covarianza y vectores para las variables de los individuos).

La agrupación se puede realizar con base en el vecino más cercano, más lejano o con base en la distancia media, etc., de tal manera que se tiene una amplia gama de opciones que pueden utilizarse de acuerdo a la preferencia del investigador. En este trabajo se utilizaron dos técnicas mencionadas anteriormente:

k-medias.- Método no jerárquico que inicia definiendo un número determinado de grupos ( $k$ ), el cual se toma como punto de inicio, de tal manera que los objetos o individuos son particionados en  $k$  conglomerados iniciales, posteriormente los

individuos son reasignados al conglomerado cuyo centroide (media) esté más cercano (mediante la distancia euclidiana de los datos estandarizados), recalculando el centroide del conglomerado que recibe el individuo y del conglomerado que lo cede, buscando que la varianza entre los conglomerados aumente y dentro de los conglomerados se minimice. Las reasignaciones se repiten hasta que se obtienen conglomerados con los individuos lo más cercanos al centroide respectivo (Johnson y Wichern, 1988).

Método de Ward (1963).- Utiliza un procedimiento similar al del análisis de varianza para evaluar las distancias entre los conglomerados, de hecho la distancia es la suma de cuadrados entre los dos grupos sumados sobre todas las variables, iniciando cada grupo con un individuo al cual se añaden individuos similares. En cada generación la suma de cuadrados dentro de los conglomerados es minimizada sobre todas las particiones obtenidas por la unión de dos conglomerados de la generación previa, continuando de esta manera hasta que finalmente todos los individuos quedan en un grupo único.

Para el caso multivariado se definen dos matrices  $B_0$  y  $W_0$ , la primera de ellas conteniendo en la diagonal la suma de cuadrados entre conglomerados de cada variable y fuera de la diagonal la suma de productos de los conglomerados respectivos. La matriz  $W_0$  contiene en la diagonal la suma de cuadrados dentro de conglomerados y fuera de la diagonal la suma de productos respectivos. Si se denota  $x_{ijk}$  como el valor de la  $k$ -ésima variable de la  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo grupo ( $i= 1,2,\dots,g$  grupos;  $j=1, 2,\dots,n_i$  individuos;  $k=1,2,\dots,p$  variables), y los  $k$ -ésimos elementos de los vectores de

medias como  $x_{ik}$  y  $x_k$ . Entonces el elemento en la  $(k,l)$ -ésima posición ( $k \neq l$ ) de  $B_0$  y  $W_0$  quedan denotadas, según Jonson y Wichern (1988), de la manera siguiente:

$$(B_0)_{kl} = \sum_{i=1}^g n_i n_j (x_{ik} - x_k)(x_{il} - x_l)$$

$$(W_0)_{kl} = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ijk} - x_{ik})(x_{ijl} - x_{il})$$

### Comparación de medias multivariadas

Para saber si los grupos formados son o no diferentes entre sí, se utilizó la prueba de  $T^2$ , la cual es una generalización de la prueba de  $t$  usada para comparar dos medias de una determinada variable, mientras que la  $T^2$  considera al mismo tiempo todas las variables utilizadas de la manera siguiente:

$$T^2 = n_1 n_2 (x_1 - x_2)' C^{-1} (x_1 - x_2) / (n_1 + n_2)$$

donde:  $n_1, n_2$  = Número de observaciones asociadas con los vectores de medias  $x_1$  y  $x_2$

$C$  = matriz con las estimaciones conjuntas de varianza covarianza de los  $n_1$  y  $n_2$  datos

la significancia de el valor calculado del parámetro  $T^2$  es comprobada mediante un prueba de  $F$  calculada como:

$$F = (n_1 + n_2 - p - 1) T^2 / \{(n_1 + n_2 - 2)p\}$$

comparada con valores tabulados con  $p$  y  $(n_1+n_2-p-1)$  grados de libertad, donde  $p$  representa el número de variables utilizadas en la comparación de los dos grupos de medias (Manly, 1986).

### Comparación de medias.

Se utilizó la prueba de rango múltiple de la diferencia mínima significativa (DMS), la cual se calcula mediante:

$$DMS = (t_{\alpha/2, g.l.EE})(\sqrt{2CMEE/r})$$

donde: CMEE = Cuadrado medio del error.

$r$  = Número de observaciones usadas para calcular un valor medio.

$\alpha$  = Nivel de significancia.

g.l.EE = Grados de libertad del error.

$t$  = Valor tabular que se usa en la prueba, con los grados de libertad del error y el nivel de significancia apropiado.

### Prueba de homogeneidad de varianzas.

Se utilizó aquella desarrollada por Bartlett (1937), la cual tiene como hipótesis nula que existen varianzas ambientales ( $S_i^2$ ) homogéneas para cada tratamiento y se prueba mediante el estadístico:

$X^2_c = M/C$  donde:

$M = 2.3026(\log S^2)(\sum f_i - \sum f_i \log S_i^2)$ , para  $S^2 = \sum f_i S_i / \sum f_i$

y C es un factor de corrección de la forma:

$C = 1 + (1/3(t-1)) \sum 1/f_i - 1/f_i$

Con  $f_i$  = grados de libertad del i-ésimo tratamiento. Dicho valor calculado es comparado contra un valor de tablas de tal manera que si:

$X^2_c > X^2$ , t-1 gl se rechaza la hipótesis nula.

#### Análisis de estabilidad.

Se utilizó la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966), la cual funciona bajo el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + d_{ij}$$

El cual contiene los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes, donde:

$Y_{ij}$  = Media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente.

$\mu_i$  = I-ésima media varietal sobre todos los ambientes.

$B_i$  = Coeficiente de regresión.

$I_j$  = Índice ambiental, expresado como la media del ambiente menos la media general.

$d_{ij}$  = Desviación de regresión de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente.

Ellos propusieron además un análisis de varianza, para estimar los parámetros de estabilidad (Cuadro 3.8.) y que permite hacer las siguientes pruebas de hipótesis:

- a).- Que las medias varietales son iguales, se prueba con la  $F = M1/M3$
- b).- Que los coeficientes de regresión son iguales, con  $F = M2/M3$
- c).- Que las desviaciones de regresión varietales son iguales a cero  $F=Mvi/M4$

La hipótesis de que el coeficiente de regresión es igual a la unidad se prueba mediante:

$$t = b_i/S_{b_i} \quad \text{donde:}$$

$$S_{b_i} = \sqrt{M_{vi}/\Sigma ij^2}$$

Según los valores que tomen los parámetros se describirá cada variedad de acuerdo a las situaciones planteadas por Carballo y Márquez (1970).

Adicionalmente se realizó el análisis de estabilidad mediante el modelo AMMI, el cual primero ajusta los efectos aditivos para genotipos y ambientes mediante el procedimiento usual del análisis de varianza y entonces ajusta los efectos multiplicativos para la interacción genotipo-ambiente mediante el análisis de componentes principales (ACP). El AMMI funciona bajo el siguiente modelo:

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

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

$\mu$  = Media general.

Cuadro 3.8. Forma del análisis de varianza para estabilidad de Eberhart y Russell (1966)

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
TOTAL	nv-1	
VARIEDADES	v-1	M1
AMBIENTES	v(n-1)	
+ VARS*AMBIENTE		
AMBIENTE LINEAL	1	
VAR+AMB. LINEAL	v-1	M2
DESVIACIÓN CONJUNTA	v(n-2)	M3
VARIEDAD 1	n-2	MV1
VARIEDAD v	n-2	MVv
ERROR CONJUNTO	n(r-1)(v-1)	M4

n= Número de ambientes ; v= Número de variedades; r= Repeticiones.

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

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

$\lambda_k$  = Raíz cuadrada del eigenvalor del k-ésimo eje del ACP.

$\alpha_{ik}$  ,  $\gamma_{jk}$  = 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 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 es subdividida en ejes del ACP, donde el eje  $k$  posee  $g + e - 1 - 2k$  grados de libertad, donde  $g$  y  $e$  son el número de genotipos y ambientes respectivamente. Normalmente son retenidos en el modelo sólo el primer o primeros dos componentes y los restantes son enviados al residual.

Las calificaciones asignadas a los genotipos, pueden tomar valores positivos o negativos y son considerados genotipos estables aquellos que poseen valores cercanos a cero, valores más grandes representan mayor interacción con los ambientes y dependiendo del signo se realiza una descripción más amplia de los genotipos. El análisis bajo este modelo se realizó mediante SAS ver. 6 (1989).

### Relación entre variables

Se utilizó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (1904), entre todos los pares posibles de variables, con el fin de evitar el efecto de las unidades de medición, para ello, a cada valor de las muestras  $x$  e  $y$  se les asignan rangos o categorías en orden creciente. Se calcula un valor  $\hat{u}_i$  para cada par de observaciones, restando el

rango de  $y_i$  del rango  $x_i$ . Se eleva al cuadrado cada  $d_i$  y se calcula la suma de los valores al cuadrado ( $\sum d_i^2$ ), y finalmente se calcula:

$$R_s = 1 - [6 * \sum d_i^2 / n(n^2 - 1)]$$

donde:  $r_s$  = Coeficiente de correlación por rangos de Spearman (1904)

$n$  = Número de pares de datos  $x$  e  $y$ .

Regla de decisión:

Si  $r_s > r_{s^*}$ , se rechaza la  $H_0$  de que  $x$  e  $y$  son mutuamente independientes.

donde:  $r_{s^*}$  = Valor crítico de  $r_s$  en la tabla  $Q$  con el nivel de significancia deseado, con  $n$  grados de libertad (Steel y Torrie, 1980).

Adicionalmente se realizaron análisis de regresión con el fin de determinar el efecto de las etapas de cosecha codificadas de acuerdo a la escala propuesta por Zadoks *et al.*, (1974) sobre las variables de valor nutritivo: PC, FAD, FND, RFV y ENI, utilizando los siguientes modelos:

Lineal  $y_i = B_0 + B_1x_i + e_i$

Cuadrática  $y_i = B_0 + B_1x_i + B_2x_i^2 + e_i$

Cúbica  $y_i = B_0 + B_1x_i + B_2x_i^2 + B_3x_i^3 + e_i$

donde :  $y_i$  = Variable dependiente.

$x_i$  = Variable independiente.

$B_0$  = Intercepto.

$B_1$  ,  $B_2$  y  $B_3$  = Coeficientes de regresión asociados a la respuesta evaluada.

Dependiendo de su coeficiente de determinación ( $R^2$ ), se retuvo el modelo que mayor ajuste proporcionó, para explicar la causalidad entre variables. Los análisis se realizaron mediante el SAS ver. 6 (1989).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dada la cantidad de información que se manejó, se presentan los resultados y discusión en tres grandes rubros: a) producción y agrupamiento de genotipos, b) análisis de estabilidad de la producción, y c) valor nutritivo. La finalidad del primer rubro es evidente, ya que presentando dicha información en cada ciclo de cultivo, además de justificar el posterior análisis de estabilidad, se realiza una caracterización casi completa de los materiales, la cual se verá reforzada con los resultados de valor nutritivo.

### Producción y agrupamiento de genotipos

Durante el ciclo 95-96 se presentaron diferencias en los dos niveles de significancia entre los genotipos, cortes y la interacción en cada uno de los 10 experimentos iniciales (Cuadro 4.1.), y se evidenció en sus sumas de cuadrados y cuadrados medios el fuerte efecto que tuvieron los cortes sobre el rendimiento de forraje seco. El análisis combinado de los 10 experimentos mostró alta significancia entre los experimentos (lotes), cortes, la interacción cortes por experimento, tratamientos anidados en los experimentos o lotes y en la interacción cortes por tratamientos dentro de lotes (Cuadro 4.2), confirmando el efecto de los cortes observado en cada uno de los experimentos y que en este análisis combinado superó en 16 veces la suma de cuadrados de los experimentos o lotes, y superó 9 veces aquella debida a los tratamientos dentro de cada experimento, de tal manera que jerarquizando sus efectos con base en las

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia para cada experimento de el ciclo 1995-1996.

F.V.	REP	CORTE	EE(a)	TRAT	C X T	ERROR	C.V. (%)
G.L.	2	1	2	63	63	252	
EXP.1	1.388	28.059**	0.436	0.140**	0.190**	0.072	11.69
EXP.2	0.495	59.628**	0.258	0.118*	0.219**	0.082	12.99
EXP.3	1.426	177.887**	0.096	0.164*	0.159*	0.115	15.81
EXP.4	0.438	73.188**	0.123	0.157**	0.181**	0.639	11.68
EXP.5	0.158	104.969**	0.101	0.081*	0.289**	0.054	11.18
EXP.6	0.525	125.286**	0.461	0.120**	0.124**	0.070	13.37
EXP.7	0.103	130.966**	0.276	0.192**	0.264**	0.081	13.95
EXP.8	0.336	41.608**	0.059	0.156*	0.181*	0.112	15.46
EXP.9	0.932	9.238**	0.114	0.114**	0.312**	0.044	10.66
EXP.10	2.172	105.333**	0.364	0.095*	0.297**	0.063	13.01

sumas de cuadrados, quedaría primero el efecto de los cortes, luego el de los tratamientos y finalmente el de los experimentos debido probablemente, como se mencionó en el capítulo de Materiales y Métodos, a que los experimentos 1 a 6 fueron predominantemente invernales y predominantemente facultativos en los experimentos 7-10. En forma global un 54 por ciento de los materiales se clasificaron como facultativos y un 46 por ciento como invernales.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1995-1996.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOTES	9	5.255**
REP/LOTE	20	0.797
CORTES	1	766.448**
CORTES X LOTES	9	9.968**
TRATAM/LOTES	630	0.134**
COR X TRAT/LOTE	630	0.222**
ERROR EXP.	2540	0.077

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

C.V. = 13.23%

En el primer corte los materiales invernales mostraron una producción máxima de 10.09 ton/ha, con una mínima de 6.99 ton/ha y un promedio de 4.23 ton/ha, mientras que los facultativos rindieron 8.67, 2.83 y 6.04 ton/ha de rendimiento máximo, mínimo y promedio respectivamente, y en el segundo corte con el mismo orden de presentación, los invernales produjeron 4.8, 1.3 y 2.9 ton/ha, mientras que los facultativos rindieron 5.2, 1.5 y 2.7 ton/ha. Esto se reflejó en la producción total de forraje seco, donde los invernales con 13.4, 6.6 y 9.9 ton/ha de rendimiento máximo, mínimo y medio respectivamente, poco se diferencian de los facultativos que rindieron 11.9, 5.9 y 8.8 ton/ha como máximo, mínimo y medio respectivamente, de tal manera que se evidencia un patrón de producción diferente del que se esperaría para los materiales invernales (de

crecimiento inicial lento), quienes mostraron rendimientos máximos superiores a los mostrados en los facultativos (de crecimiento inicial rápido) y muy poco diferentes de entre ellos en el segundo corte, donde se esperaría una disminución fuerte del rendimiento de los facultativos.

Dado que la calificación asignada visualmente no separó efectivamente los tipos de triticales reportados por Hanson *et al.* (1985) y Lozano (1988), se realizaron los análisis de componentes principales (ACP) para cada experimento y para la información conjunta de todos los experimentos, a la cual adicionalmente se le realizó un análisis de conglomerados (AC) contemplando todas las variables medidas incluyendo la producción de forraje seco por corte. Los ACP de cada experimento explicaron al menos el 71.70 por ciento de la variación con los primeros dos eigenvalores (Cuadro 4.3. y Cuadro 4.4.), separando con el primero de ellos a los materiales por su hábito de crecimiento, dado que normalmente se presentó una asociación positiva entre altura y ancho de hoja, eventualmente se encontró también una asociación entre el forraje seco total y el hábito de crecimiento (experimentos 2, 4, 5, 6, 8 y 10 ); mientras que rebrote, hábito de crecimiento y forraje seco del corte 2 tienen una relación negativa entre ellos y con el primer componente, lo cual nos separa a los materiales de rápido crecimiento (mayor altura ), vigorosos (Hoja Ancha), de buen rendimiento en el primer corte y baja producción en el segundo corte (MS corte 2 negativo), bajo rebrote (valor negativo en dicha variable), y por otra parte se encuentran los materiales de menor altura, hoja mas angosta, con mayor producción en el segundo corte debido a su mayor capacidad de rebrote, aspecto que se repite casi invariablemente en todos los experimentos, variando algo en proporción a la cantidad del hábito de crecimiento presente. Una selección

Cuadro 4.3. Coeficientes de correlación de variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada en los experimentos 1 al 5 del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	EXP 1		EXP 2		EXP 3		EXP 4		EXP 5	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2						
ALTURA	<b>0.92</b>	0.07	<b>0.92</b>	0.11	<b>0.87</b>	0.29	<b>0.84</b>	-0.17	<b>0.95</b>	-0.09
FSC 1	0.56	<b>0.79</b>	<b>0.90</b>	0.05	0.42	<b>0.82</b>	<b>0.89</b>	0.17	<b>0.85</b>	0.50
FSC 2	<b>-0.77</b>	0.47	-0.42	<b>0.90</b>	-0.68	<b>0.58</b>	-0.30	<b>0.93</b>	<b>-0.81</b>	0.36
H.C.	<b>-0.92</b>	0.07	<b>-0.84</b>	-0.13	<b>-0.81</b>	0.03	<b>0.53</b>	0.27	<b>-0.87</b>	0.20
A. HOJA	<b>0.87</b>	-0.15	<b>0.74</b>	0.24	0.76	0.03	<b>-0.58</b>	-0.24	<b>0.80</b>	-0.33
FS TOTAL	-0.07	<b>0.99</b>	<b>0.69</b>	<b>0.54</b>	-0.02	0.99	<b>0.69</b>	<b>0.58</b>	0.51	0.85
REBROTE	<b>-0.88</b>	-0.13	<b>-0.75</b>	<b>0.58</b>	<b>-0.81</b>	0.21	<b>-0.81</b>	<b>0.51</b>	<b>-0.89</b>	0.06
EIGENVAL	4.12	1.89	4.12	1.52	3.28	2.13	3.36	1.66	4.73	1.26
VARIANZA	58.90	26.98	58.88	21.77	46.88	30.28	48.00	23.70	67.61	18.06
VAR.	58.90	85.88	58.88	80.65	46.88	77.27	48.00	71.70	67.61	85.67
ACUM.(%)										

(Valores en negrita son considerados con alta relación con el componente al 0.05 de probabilidad).

preliminar de los mejores materiales se realizó con base en los diagramas de dispersión de cada uno de los experimentos y al rendimiento en relación con el mejor testigo (AN-31).

Cuadro 4.4. Coeficientes de correlación de variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada en los experimentos 6 al 10 del ciclo 1995-1996.

	EXP 6		EXP 7		EXP 8		EXP 9		EXP 10	
VARIABLES	CP 1	CP 2								
ALTURA	<b>0.90</b>	-0.03	<b>0.93</b>	0.09	<b>0.93</b>	0.08	<b>0.94</b>	0.16	<b>0.97</b>	-0.04
FSC 1	<b>0.82</b>	0.43	0.66	<b>0.72</b>	<b>0.92</b>	-0.07	<b>0.70</b>	0.66	<b>0.85</b>	0.51
FSC 2	-0.34	<b>0.87</b>	<b>-0.75</b>	0.56	0.00	<b>0.99</b>	<b>-0.89</b>	0.36	<b>-0.84</b>	0.43
H.C.	<b>-0.75</b>	0.17	<b>-0.95</b>	0.09	<b>-0.88</b>	-0.11	<b>-0.91</b>	-0.08	<b>-0.93</b>	0.14
A. HOJA	<b>0.81</b>	-0.10	<b>0.68</b>	-0.21	<b>0.70</b>	-0.05	<b>0.86</b>	-0.09	<b>0.91</b>	-0.30
FS TOTAL	0.66	<b>0.71</b>	0.18	<b>0.98</b>	<b>0.82</b>	0.47	-0.33	<b>0.94</b>	0.56	<b>0.83</b>
REBROTE	<b>-0.76</b>	0.38	-0.91	0.10	<b>-0.73</b>	<b>0.63</b>	<b>-0.96</b>	-0.02	<b>-0.95</b>	0.10
EIGENVAL	3.83	1.64	4.11	1.86	4.18	1.63	4.76	1.48	5.27	1.24
VARIANZA	54.72	23.41	58.67	26.58	59.71	23.24	68.00	21.21	75.23	17.76
VAR.	54.72	78.13	58.67	85.25	59.71	82.95	68.00	89.22	75.23	93.00
ACUM.(%)										

(Valores en negrita son considerados con alta relación con el componente al 0.05 de probabilidad).

Cuando la información conjunta de los ensayos se sometió al ACP, se encontró que con los primeros tres componentes se explicó un 83.46 por ciento de la variación total, donde el primer componente (CP 1), contiene un 39.83 por ciento de la varianza total y al igual que en los experimentos individuales separa a los materiales con base en

su hábito de crecimiento (facultativos e invernales). Este componente se relaciona positivamente con la altura de planta y el ancho de hoja (por lo que pudiera considerarse un componente morfológico), y negativamente con el hábito de crecimiento, forraje seco del corte 2 y rebrote tal como se aprecia en el Cuadro 4. 5.

Cuadro 4.5. Coeficientes de correlación de variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para la información global del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	CP 1	CP 2	CP 3
ALTURA	0.85*	-0.09	0.38
FSC 1	0.47	0.87*	-0.00
FSC 2	-0.66*	0.05	0.71*
H.C.	-0.82*	0.34	-0.37
A. HOJA	0.76*	-0.34	0.39
COLOR	-0.25	0.20	0.34
FS TOTAL	0.01	0.86*	0.47
REBROTE	-0.71*	-0.41	0.51*
EIGENVALOR	3.186	1.967	1.524
VARIANZA (%)	39.83	24.58	19.05
VAR. ACUM.(%)	39.83	64.41	83.46

El segundo componente (CP 2), explica el 24.58 por ciento de la varianza y con el se relacionan de forma positiva la producción de forraje seco del corte 1 y la producción de forraje seco total (este componente se pudiera explicar como de patrón de producción), identificando a los tipos primaverales más que a los facultativos, dada su mayor producción en el primer corte, y separándolos de los invernales quienes normalmente aportan mayor cantidad de forraje seco en el segundo corte, debido a que son materiales más tardíos que requieren mayor vernalización. El tercer componente explica la capacidad de rebrote de los materiales, conteniendo 19.05 por ciento de la varianza y las variables materia seca del corte 2 y rebrote, las cuales tienen una relación positiva con el componente y entre sí.

La correlación por rangos de Spearman (1904) mostró que la gran mayoría de éstas mostraron alta significancia excepto las del forraje seco del corte 1 (FSC 1) con el hábito de crecimiento (H.C.), ancho de hoja (A. HOJA) y COLOR, al igual que aquella entre forraje seco total (FS total) y el rebrote (Cuadro 4.6.).

Resaltan por su magnitud las correlaciones del FSC 1 con el FS TOTAL ( $r = 0.77$ ) y con el REBROTE ( $r = -0.64$ ), indicando con ellos que los materiales que presentaron alta producción total la debieron a su mayor rendimiento en el primer corte y que normalmente presentan poco rebrote y por lógica los materiales que mostraron mayor rendimiento en el segundo corte (FSC 2) fue debido a su mayor capacidad de REBROTE ( $r = 0.88$ ). Otra relación interesante e importante se puede observar entre la ALTURA y A. HOJA ( $r = 0.73$ ) y ALTURA y H.C. ( $r = -0.83$ ), indicando que los

materiales más altos poseen hojas anchas y fueron calificados como de rápido crecimiento inicial con base en su H.C.

Cuadro 4.6. Coeficientes de correlación por rangos de Spearman (1904) y significancia para las variables evaluadas durante el ciclo 1995-1996.

	FSC 1	FSC 2	H.C.	A. HOJA	COLOR	FS TOT.	REB.
ALTURA	0.31**	-0.30**	-0.83**	0.73**	-0.11**	0.10**	-0.38**
FSC 1	1.00	-0.24**	-0.07	0.06	-0.03	0.77**	-0.64**
FSC 2	-0.24**	1.00	0.30**	-0.26**	0.25**	0.38**	0.88**
H.C.	-0.07	0.30**	1.00	-0.83**	0.20**	0.12**	0.27**
A. HOJA	0.06	-0.26**	-0.83**	1.00	-0.11**	-0.11**	-0.23**
COLOR	-0.03	0.25**	0.20**	-0.11**	1.00	0.14**	0.21**
FS TOTAL	0.77**	0.38**	0.12**	-0.11**	0.14**	1.00	-0.06
REBROTE	-0.64**	0.88**	0.27**	-0.23**	0.21**	-0.06	1.00

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

Al graficar las variables con base en los dos primeros componentes, del lado superior derecho se aprecia la relación positiva entre la altura y ancho de hoja, las cuales se relacionan negativamente con rebrote, hábito de crecimiento y forraje seco del corte 2 (parte inferior del mismo lado), separando materiales facultativos e invernales, que es lo que explica el primer componente, mientras que el segundo componente separa los materiales de mayor rendimiento en el corte 1 y mayor rendimiento total de forraje seco, probablemente de tipo primaveral (Figura 4.1.).

Al graficar los genotipos con base en estos mismos componentes, se encontraron a los facultativos agrupados en la parte superior derecha, mientras que los invernales, tienden a agruparse en la inferior derecha de la Figura 4.2. Sin embargo, éstos son los menos dado que en la parte central se encuentran aglutinados el mayor número de genotipos, mientras en la parte superior izquierda se encuentran los materiales al parecer de tipo primaveral, pero no existe una agrupación efectiva que los separe y clasifique con base en sus características morfológicas y patrones de producción, por lo que el viejo adagio de “lo que no es primaveral, ni invernal, es facultativo”, parece no cumplirse o sustentarse apropiadamente mediante el uso del ACP.

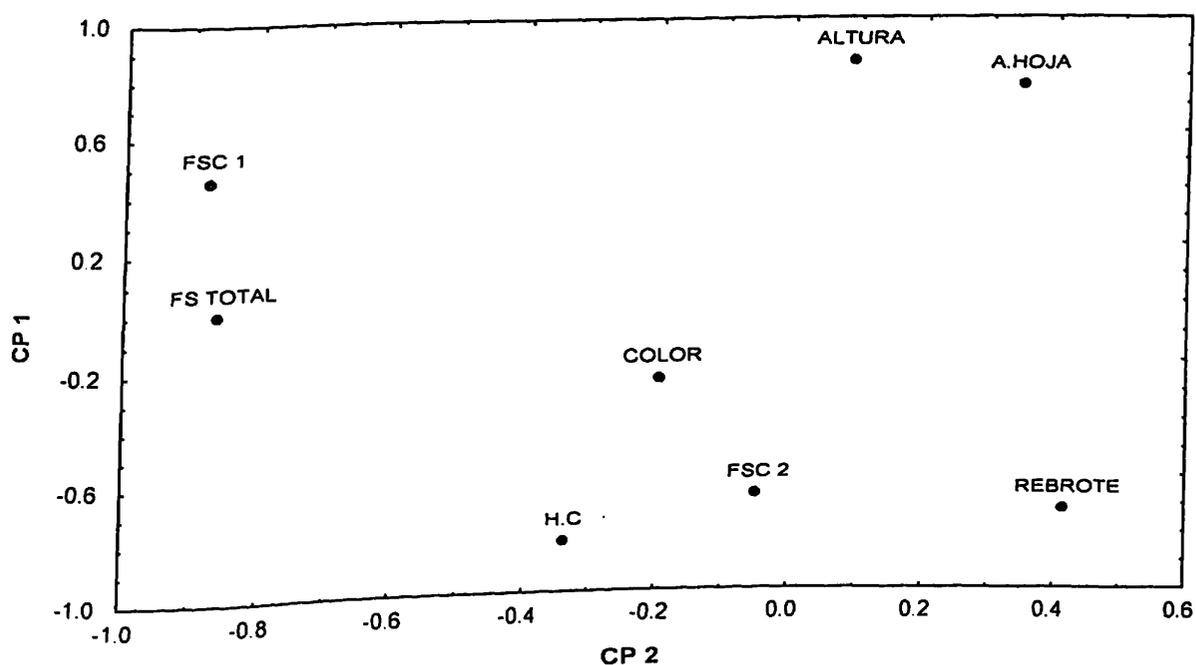


Figura 4.1. Distribución de variables con base en los primeros dos componentes. Ciclo 1995-1996

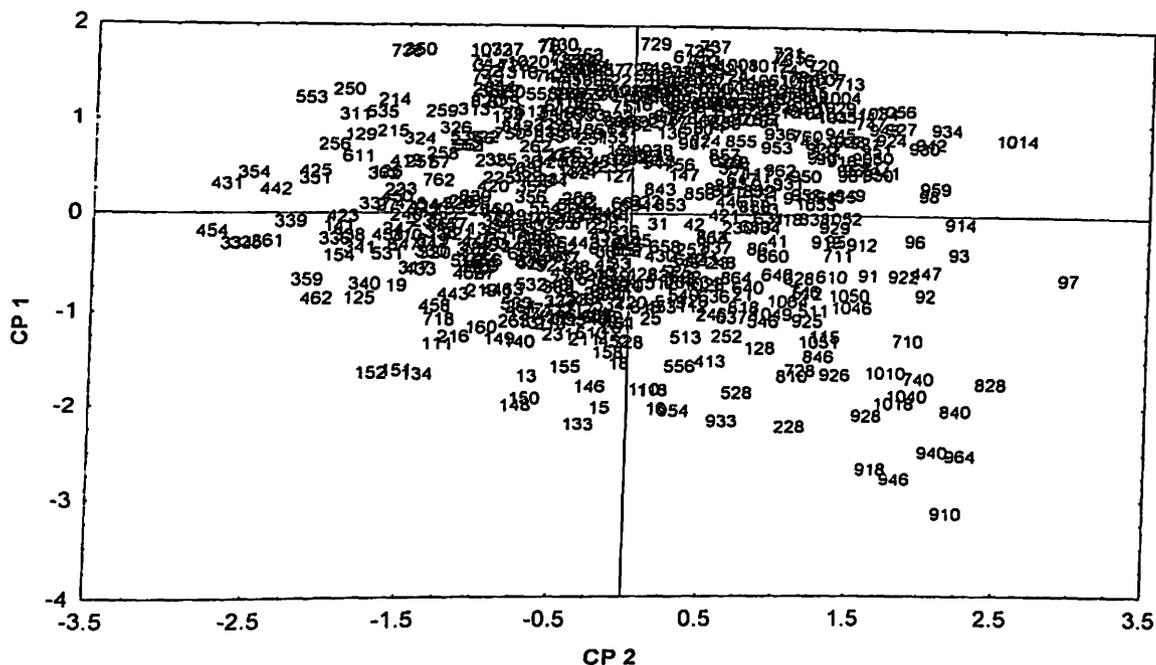


Figura 4.2. Distribución de los genotipos con base en los dos primeros componentes.

Ciclo 1995-1996.

Debido a la falta de claridad del ACP para definir los distintos tipos de triticales forrajeros, se planteó la necesidad de realizar el análisis de conglomerados (AC), el cual se realizó mediante la definición del número de conglomerados deseado ( $k$ -medias) y mediante la selección de un igual número de conglomerados obtenidos jerárquicamente (Ward, 1963), como en la literatura sólo se mencionan 3 grandes grupos o tipos de triticales (primaveral, facultativo e invernal), se inició definiendo el mismo número de medias, de tal manera que alrededor de ellas se agruparon los genotipos. La intención de realizar el AC no fue la de obtener los dendogramas, sino de aprovechar la asignación que se hace de los genotipos en los distintos grupos, con el fin de graficarlos en el espacio generado por los dos primeros componentes principales.

Lo antes mencionado se aprecia en la Figura 4.3., donde los tipos invernales (3) y facultativos (2), no son agrupados tan estrechamente como los primaverales (1) y visualmente se aprecia cierto traslape de los invernales con los primaverales, lo cual no debería de existir, pues solo sería justificable entre los facultativos y los primaverales e incluso entre los facultativos e invernales, aún así la prueba de  $T^2$  declaró diferentes entre sí a los tres grupos ( $p < 0.01$ ), con el mayor valor de este parámetro entre los primaverales e invernales ( $T^2 = 6178.81$ ), intermedio entre los facultativos y primaverales ( $T^2 = 3787.12$ ), mientras que el valor más bajo se obtuvo entre los facultativos e invernales ( $T^2 = 645.204$ ).

Este agrupamiento establece valores medios interesantes para cada uno de estos grupos (Cuadro 4.7.), haciendo una descripción excelente en base a la altura, pero deficiente con base en el patrón productivo, donde a los invernales les asigna mayor producción en el primer corte, lo cual difícilmente ocurre en la práctica y por ende subestima su capacidad de rebrote.

Por su parte el método de Ward (1963) también hace una agrupación donde existe traslape entre los grupos primaverales (1) y facultativos (2), pero minimiza el traslape de estos con los invernales (3) (Figura 4.4.), de tal manera que declara diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los primaverales y facultativos ( $T^2 = 3084.62$ ), facultativos e invernales ( $T^2 = 1355.56$ ) y de menor cuantía pero con la misma significancia entre primaverales e invernales ( $T^2 = 480.34$ ), haciendo una mejor separación de los tipos invernales a los cuales les asignan la menor altura y el mayor rebrote (Cuadro 4.8.), lo cual concuerda más con lo observado de este tipo en la práctica.

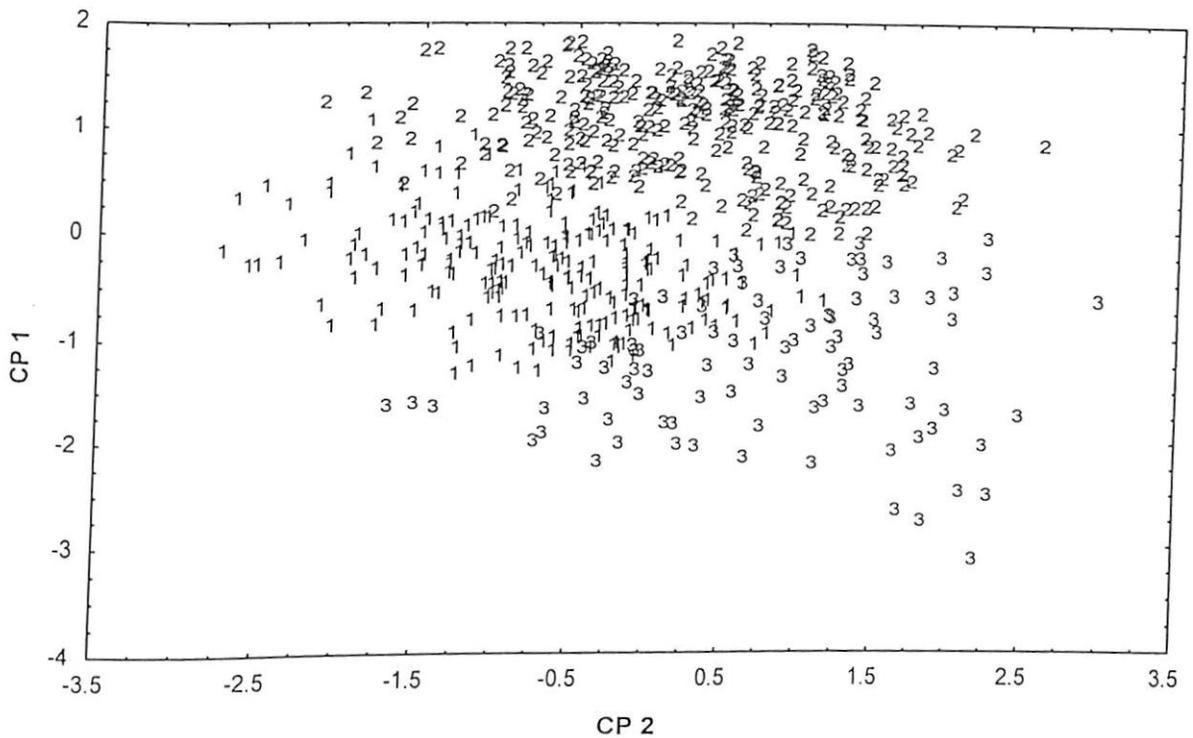


Figura 4.3. Grupos generados por el método k- medias, con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.

Cuadro 4.7. Valores medios de las variables en los grupos formados mediante la metodología de k-medias del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	PRIMAVERAL	FACULTATIVO	INVERNAL
ALTURA	35.80	21.90	19.44
FSC 1	6.83	7.11	4.64
FSC 2	2.47	2.84	4.29
H.C.	1.34	3.61	3.40
A. HOJA	3.88	1.40	2.03
COLOR	2.72	3.01	3.05
REBROTE	0.38	0.41	0.97
FS TOTAL	9.30	9.95	8.92

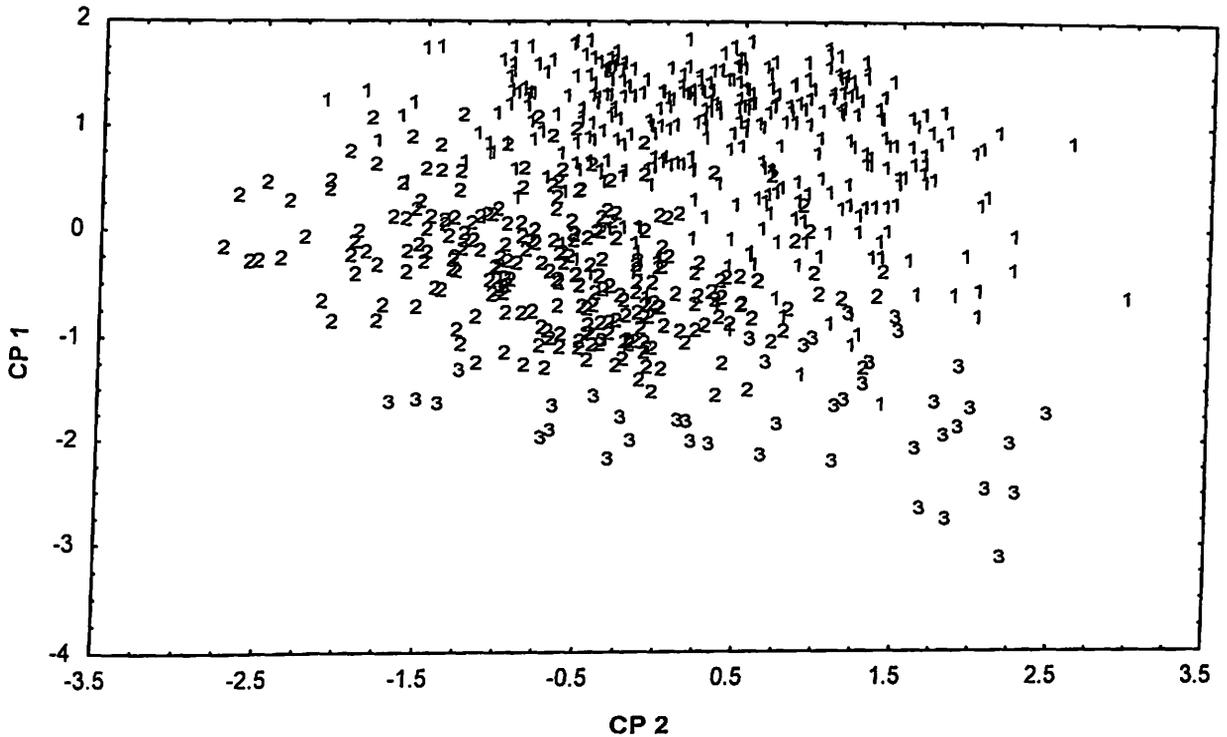


Figura 4.4. Grupos generados por el método de Ward (1963), con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996

Cuadro 4.8. Valores medios de las variables en los grupos formados mediante la metodología de Ward (1963) del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	PRIMAVERAL	FACULTATIVO	INVERNAL
ALTURA	34.57	21.80	16.31
FS CORTE 1	6.59	7.03	4.49
FS CORTE 2	2.62	2.89	4.73
TIPO	1.48	3.60	3.86
A. HOJA	3.83	1.39	1.26
COLOR	2.85	2.95	2.65
REBROTE	0.43	0.43	1.12
FS TOTAL	9.21	9.92	9.22

Así pues ambas metodologías fallaron para agrupar de forma clara los tres tipos de triticales forrajeros reportados, aunque al parecer el método de Ward (1963) hizo una mejor agrupación de los tipos invernales, basándonos en la altura de planta, producción de forraje seco por corte y rebrote, con lo cual se pretende caracterizar productiva y morfológicamente a los distintos tipos, lo cual no sucedió en forma satisfactoria.

Con base en las diferencias encontradas por los dos métodos, se planteó la necesidad de formar cuatro grupos en vez de los tres tradicionalmente reportados, para verificar si efectivamente existe variación en esta especie, de tal manera que con las  $k'$  medias se obtuvo la Figura 4.5., en la cual se aprecia la formación de un nuevo grupo llamado aquí Intermedio-Invernal (4), el cual se cuenta con características intermedias entre los facultativos (3) e invernales (1), como mayor rebrote y producción por corte que los facultativos, estadísticamente diferentes ( $p < 0.01$ ) según la prueba de  $T^2$  con un valor de 3766.67, siendo este el valor más alto de este estadístico, mientras que el menor valor se encontró entre los invernales e intermedios-invernales, pero que difieren bastante en sus patrones de producción y capacidad de rebrote (Cuadro 4.9.), y muy poco en su producción total, donde los primaverales (2) obtuvieron la mayor producción.

Por su parte el método de Ward (1963), hace de nuevo una excelente separación de los tipos invernales, grupo 3 de la Figura 4.6., caracterizándolos como los de menor altura de planta (16.31 cm), mayor capacidad de rebrote (1.12) y por lo tanto incremento del rendimiento al pasar de un corte a otro, por lo que mantiene una producción similar, superando en rendimiento total a los primaverales (1), tal como se aprecia en el Cuadro 4.10.

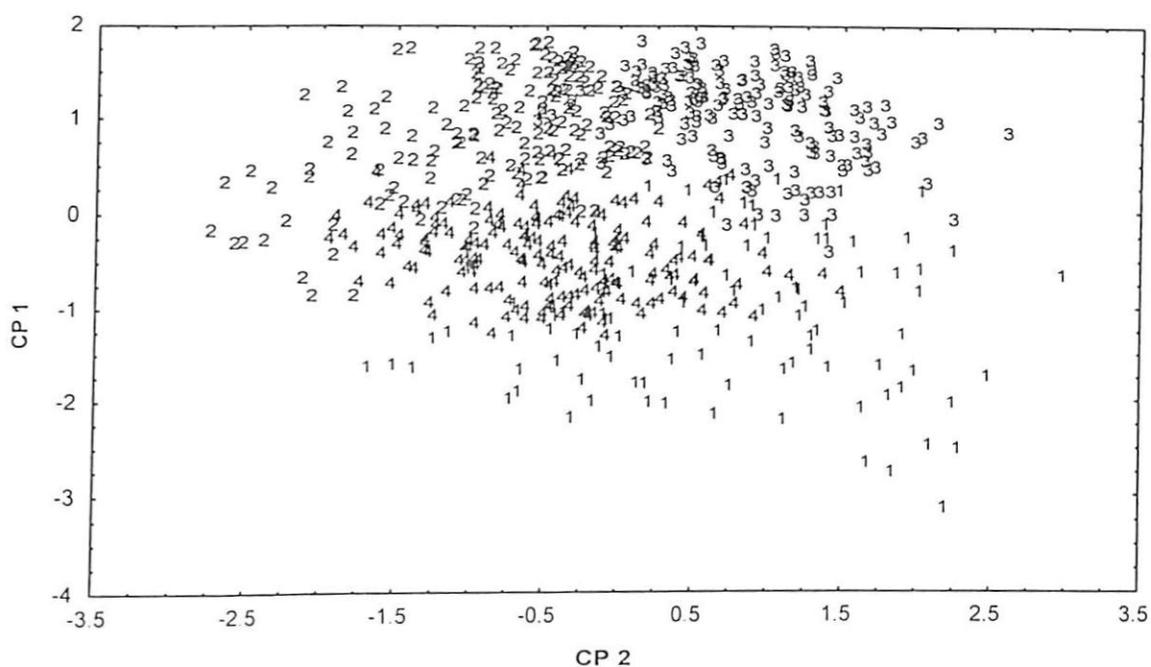


Figura 4.5. Cuatro grupos generados por el método k- medias, con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.

Cuadro 4.9. Valores medios de las variables en los cuatro grupos formados mediante la metodología de k-medias del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	PRIMAVERALES	FACULTATIVOS	INT-INV.	INVERNALES
ALTURA	35.90	34.72	21.06	19.90
FS CORTE 1	8.00	5.93	6.90	4.70
FS CORTE 2	2.86	2.22	2.76	4.43
TIPO	1.64	1.23	3.70	3.40
A. HOJA	3.72	3.89	1.28	2.02
COLOR	3.01	2.54	2.96	3.10
REBROTE	0.37	0.39	0.41	0.99
FS TOTAL	10.86	8.16	9.66	9.13

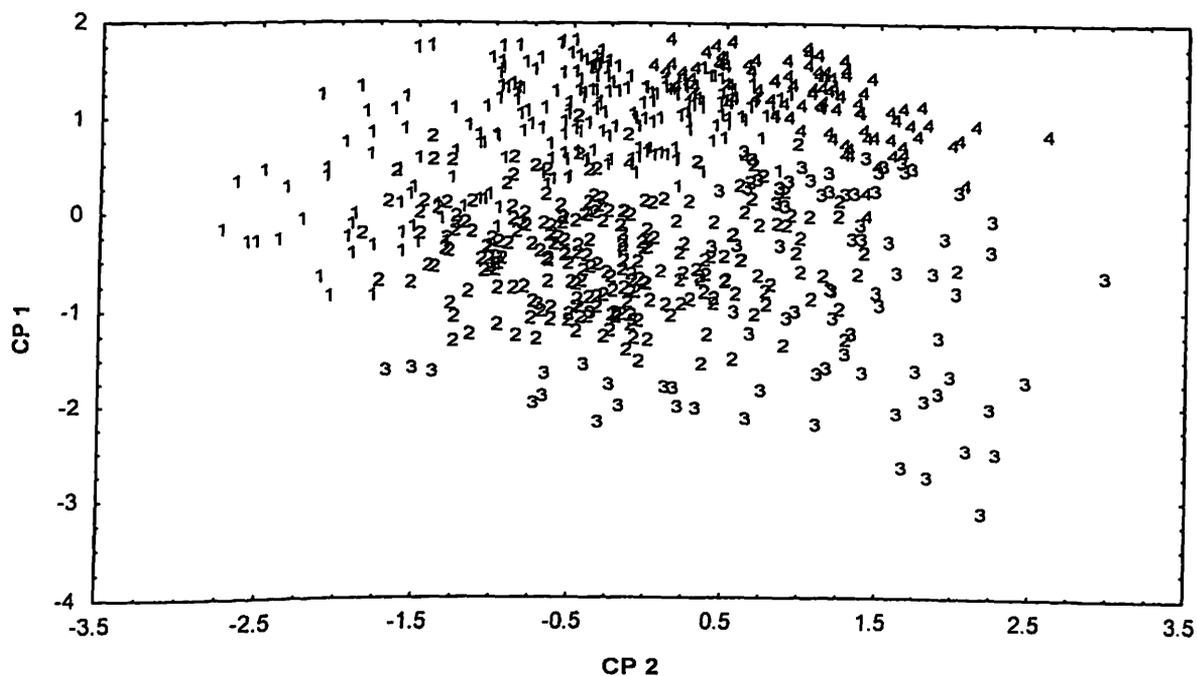


Figura 4.6. Cuatro grupos generados por el método de Ward (1963), con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1995-1996.

Cuadro 4.10. Valores medios de las variables en los cuatro grupos formados mediante la metodología de Ward (1963) del ciclo 1995-1996.

VARIABLES	PRIMAVERALES	FACULTATIVOS	INT-INV.	INVERNALES
ALTURA	35.98	31.83	21.80	16.31
FS CORTE 1	6.84	6.10	7.03	4.49
FS CORTE 2	2.07	3.68	2.89	4.73
TIPO	1.28	1.86	3.66	3.86
A. HOJA	3.93	3.63	1.39	1.26
COLOR	2.69	3.17	2.95	2.65
REBROTE	0.32	0.64	0.43	1.12
FS TOTAL	8.92	9.78	9.92	9.22

Considerando el método de Ward (1963) que los Intermedios–Invernales (2) tienen mayor altura que los invernales (3), con mayor producción total (9.92 ton/ha), y mejor rebrote que los primaverales (0.43 vs 0.32 respectivamente), mientras que el grupo 4 (facultativos), tiene una altura menor que los primaverales, con menor reducción del rendimiento al pasar del primer al segundo corte, dada su mayor capacidad de rebrote (0.64).

Al igual que en el método anterior la caracterización de los grupos es buena ya que son considerados diferentes entre sí ( $p < 0.01$ ), con la menor diferencia entre los invernales e intermedios-invernales ( $T^2 = 480.34$ ) y la mayor diferencia se dio entre los primaverales e invernales ( $T^2 = 4103.17$ ), con lo cual se confirma la mejor agrupación realizada con este método.

La selección final de los mejores genotipos se dio considerando la selección preliminar dentro de cada experimento (con el rendimiento relacionado con el testigo). Donde los genotipos que mostraron rendimiento superior al testigo AN-31 fueron seleccionados y posteriormente con base en el análisis conjunto de todos los experimentos, utilizando el rendimiento total de forraje seco, las coordenadas generales del ACP y los distintos grupos formados por el AC.

Lo anterior involucra el descarte casi total de los materiales invernales y de muchos de los primaverales, dado que la selección se realizó en los cuadrantes 1, 2 y 3 (numerados en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj), separados

por la intersección de las líneas que unen los puntos centrales de los componentes, tal como se aprecia en la Figura 4.7., y posteriormente auxiliándose de la Figura 4.8., se identificaron los genotipos correspondientes.

De los materiales invernales, sólo se retuvieron algunas variedades de origen Europeo como: Grado, Modus, Presto y Lasko, mientras que de los primaverales se contempló seguir utilizando la variedad San Lucas como testigo.

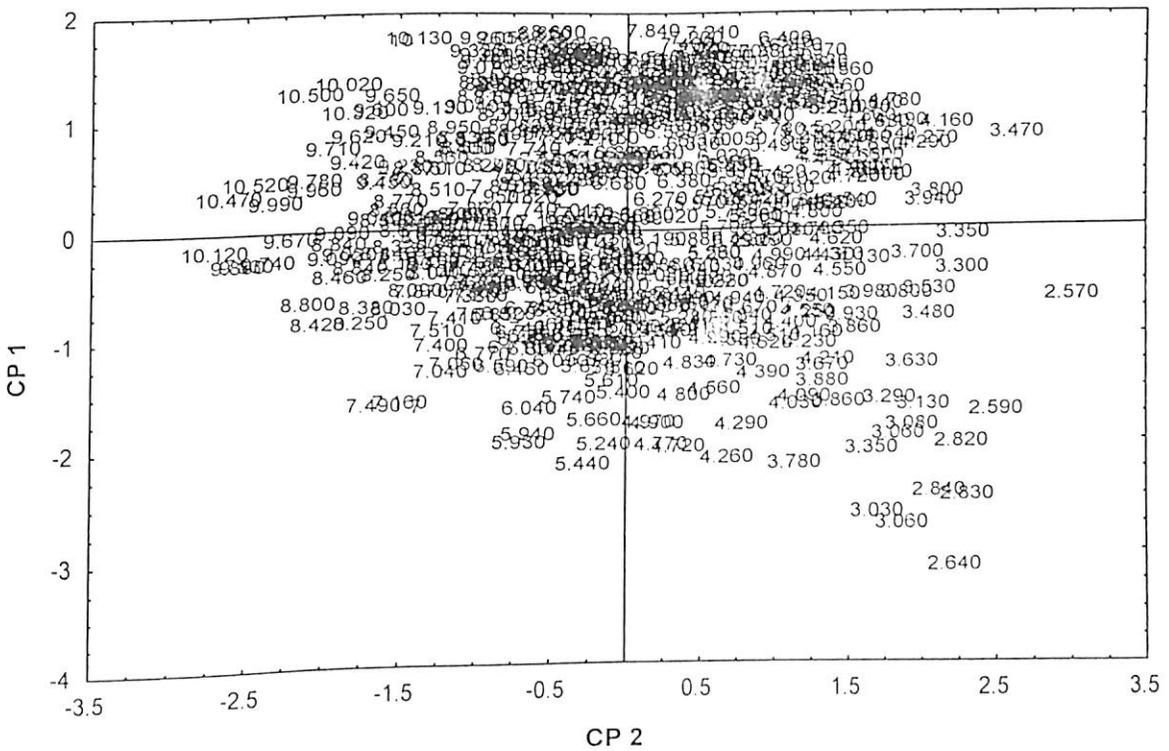


Figura 4.7.- Rendimiento total de forraje seco con base en los dos primeros componentes principales del ciclo 1995-1996.

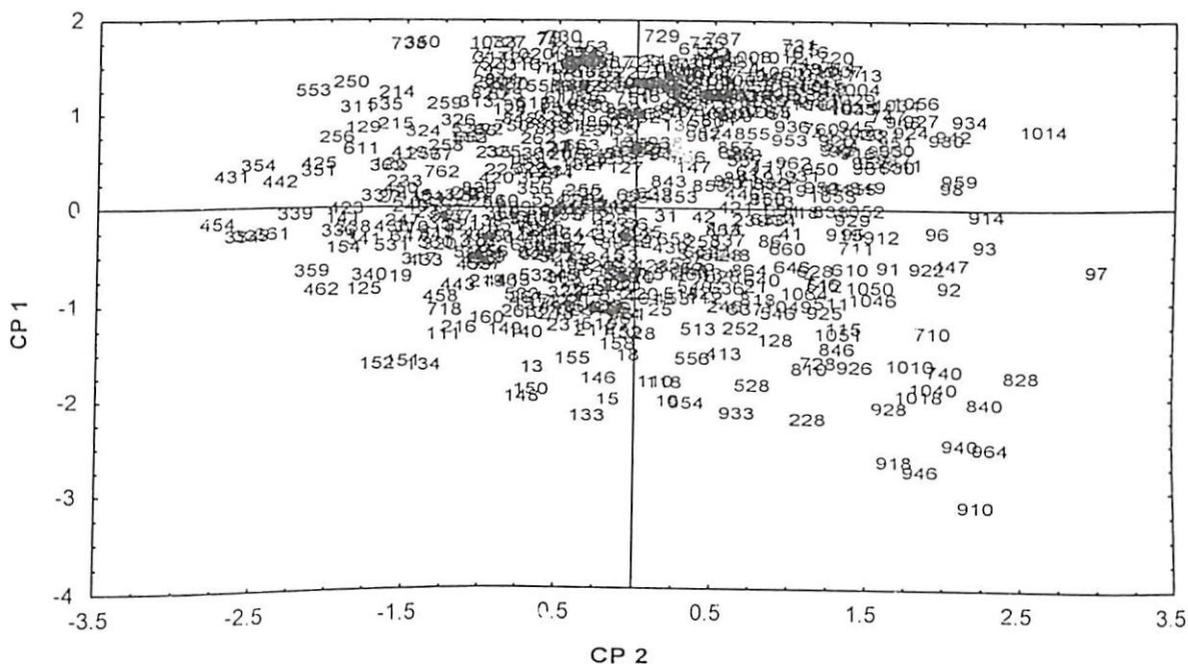


Figura 4.8.- Posición de los genotipos por ensayo con base en los dos primeros componentes principales del ciclo 1995-1996.

De la forma antes mencionada se seleccionaron los mejores cincuenta materiales, a los cuales se añadieron otros genotipos más que mostraron potencial para la producción de forraje y se ubicaron en la intersección de las líneas, tal como aparece en el Cuadro 4.11., de tal manera que para el ciclo siguiente se evaluaron un total de 90 genotipos, incluyendo testigos. Sólo del ensayo 4 no se seleccionó material alguno debido a que el testigo AN-31, fue el más productivo y curiosamente resultó el único ensayo donde el hábito de crecimiento recibió un valor positivo y donde se explicó la menor cantidad de varianza con los primeros dos componentes, debido primordialmente a que la gran mayoría de los genotipos en él comprendidos fueron de tipo invernal.

Durante el ciclo 1996-1997 los análisis de varianza a través de los cortes en cada localidad, mostraron que el factor de mayor influencia en la producción de forraje seco

Cuadro 4.11. Genotipos seleccionados considerando el ACP y AC global y el rendimiento relativo al testigo y adicionales en base a su potencial. Ciclo 1995-1996.

ENSAYO	SELECCIONADOS	ADICIONALES
1	20,22,24,26,29,35,53	5,9,37
2	14,15,33,34,35,50,56	25,38,39,49,57,58,59,62
3	11,13,14,50,51,62	16,39,41,42,44,57
5	2,34,35,36,39,52	1,3,41,51,53
6	6,7,11,13,23	3,22,24,61
7	9,12,26,27,38,49,50	7,30,32,43,53,61,62
8	11,12,15,19,20,23,27	5,39
9	32,38,44	
10	20,57	33

fueron los cortes, los cuales mostraron alta significancia en todas las localidades, mientras que, entre los tratamientos, solo en La Laguna no se presentaron diferencias, en tanto que en Navidad, N.L. y Zaragoza, Coah. existieron de forma altamente significativa. También la interacción resultó con la misma significancia en todas las localidades (Cuadro 4.12.).

El análisis conjunto de las localidades y cortes reveló que las localidades provocaron mayores diferencias que los cortes, confirmando así su jerarquía, aunque ambas fuentes resultaron ser altamente significativas al igual que su interacción y el resto de las fuentes de variación (Cuadro 4.13.), incluyendo lógicamente la

Cuadro 4.12. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1996-1997.

FUENTES DE	G.L.	LAGUNA	NAVIDAD	ZARAGOZA
REPS.	3	1.479NS	1.679NS	0.552NS
CORTE	2	25.350**	162.436**	86.604**
EE(a)	6	1.117	1.068	0.784
TRAT.	89	0.141NS	0.283**	0.254**
TRAT X CORTE	178	0.326**	0.305**	0.533**
ERROR EXP.	801	0.128	0.061	0.045
C.V. (%)		14.45	13.90	11.90

NS= No Significativo, \*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad

Cuadro 4.13. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1996-1997.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	2	174.114**
REP/LOC	9	1.237
CORTES	2	132.440**
LOC X CORTE	4	70.976**
EE(b)	18	0.990
TRATAMIENTOS	89	0.437**
TRAT X LOC.	178	0.120**
TRAT X CORTE	178	0.789**
T *C*L	356	0.188**
ERROR EXP.	2403	0.078

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

C.V.= 13.88%

correspondiente a los tratamientos o genotipos. Aquí es fácil no encontrar significancia debido al número de grados de libertad de dicha fuente y del error experimental, lo que no implica la inexistencia de diferencias entre los tratamientos per-sé, ya que cuando se analizó cada corte en cada localidad se encontraron diferencias altamente significativas, excepto en el tercer corte de Zaragoza, Coah., (Cuadro 4.14.), localidad donde normalmente las altas temperaturas al final del invierno provocan que los genotipos aceleren su desarrollo, adelantándose el espigamiento de los mismos.

Cuadro 4.14. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco por corte en cada localidad del ciclo 1996-1997.

<b>CORTE 1</b>				
F.V.	G.L.	LAGUNA	NAVIDAD	ZARAGOZA
REP	3	1.471**	1.769**	0.496**
TRAT	89	0.174**	0.212**	0.320**
E.E.	267	0.081	0.077	0.064
C.V.		12.04	10.89	11.71
<b>CORTE 2</b>				
REP	3	0.178NS	0.449**	0.804**
TRAT	89	0.326**	0.313**	0.892**
E.E.	267	0.137	0.048	0.043
C.V.		16.25	14.98	16.99
<b>CORTE 3</b>				
REP	3	2.064**	1.598**	0.821NS
TRAT	89	0.293**	0.369**	0.107NS
E.E.	267	0.165	0.058	0.027
C.V.		14.62	18.23	8.47

Esto se reafirma en el análisis combinado sobre localidades correspondiente a dicho corte, donde las diferencias entre las localidades se acentúan, provocando con ello que el cuadrado medio correspondiente aumente, alcanzando un valor de 191.786, que si se compara contra el registrado en el combinado sobre localidades del primer corte (14.059), es alrededor de 15 veces más grande, mientras que comparado con aquel del segundo corte, es sólo superior en aproximadamente 80 unidades, pero evidencia cómo a medida que pasa el tiempo los diferencias climatológicas de las localidades se acentúan (Cuadro 4.15.).

Cuando se analizó la información en conjunto, el ACP mostró que con los primeros 3 componentes se explicó un 67.96 por ciento de la varianza total. El primer componente separó los genotipos con base en su patrón de producción en primaverales e invernales, mientras que el segundo componente separa a los materiales cuyos cortes 2 y 3 contribuyeron más a la producción y recibieron buenas calificaciones en campo, y el tercer componente señala la estrecha relación entre las calificaciones asignadas a los genotipos en las localidades de Navidad, N.L. y La Laguna (Cuadro 4.16.).

En la Figura 4.9., se aprecia la estrecha asociación de la producción de forraje seco en los cortes 2 y 3 con la producción total, rebrote y las calificaciones asignadas al rebrote después del primer corte en Navidad, N.L. y Zaragoza, Coah., también se observa cómo el segundo componente se relacionó de forma positiva con las calificaciones iniciales asignadas a través de las localidades, de tal manera que separó a los materiales que mostraron mayor producción en el primer corte (Figura 4.10.), con baja capacidad de rebrote y menor producción total los cuales pudieran explotarse para

Cuadro 4. 15. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco combinado sobre localidades en cada corte del ciclo 1996-1997.

CORTE 1		
F.V.	G.L.	C.M.
LOC	2	14.059**
REP/LOC	9	1.245
TRAT	89	0.471**
TRAT X LOC	178	0.117**
E.E.	801	0.074
C.V.= 11.54%		
CORTE 2		
LOC	2	110.221**
REP/LOC	9	0.477
TRAT	89	1.006**
TRAT X LOC	178	0.263**
E.E.	801	0.076
C.V.= 16.67		
CORTE 3		
LOC	2	191.786**
REP/LOC	9	1.495
TRAT	89	0.538**
TRAT X LOC	178	0.116**
E.E.	801	0.083
C.V.= 14.32		

henificación o ensilaje (Avena Coker (AC), Cebada (C), y triticale San Lucas (SL), tratamientos 7, 21, 47, 50, 59 y 61 del Cuadro A.1.

Como contraparte aparecen los materiales invernales (Rye grass Alamo (RA), y Triticales invernales testigo como Grado (G), Modus (M), Presto (P) y Lasko (L), MAH (T1), DAD (T3) y CT776.81 (T4) y las líneas 13, 24 y 38), que presentaron la mayor

Cuadro 4.16. Coeficientes de correlación de variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para la información global del ciclo 1996-1997.

VARIABLES	CP 1	CP 2	CP 3
P1	0.159	0.193	0.243
P2	0.024	0.024	0.686
FSC 1	0.391	0.536	0.548
FSC 2	0.871	0.879	0.882
FSC 3	0.869	0.869	0.873
REBROTE	0.808	0.822	0.829
FS TOTAL	0.440	0.590	0.590
CALNAV	0.058	0.894	0.915
CALZAR	0.077	0.242	0.623
CALAG	0.058	0.894	0.915
H.C.	0.703	0.709	0.709
CALRNAV	0.748	0.756	0.757
CALRZAR	0.804	0.819	0.819
EIGENVALOR	6.010	2.219	1.161
VARIANZA (%)	46.234	17.067	8.935
VAR. ACUM.(%)	46.234	63.302	72.237

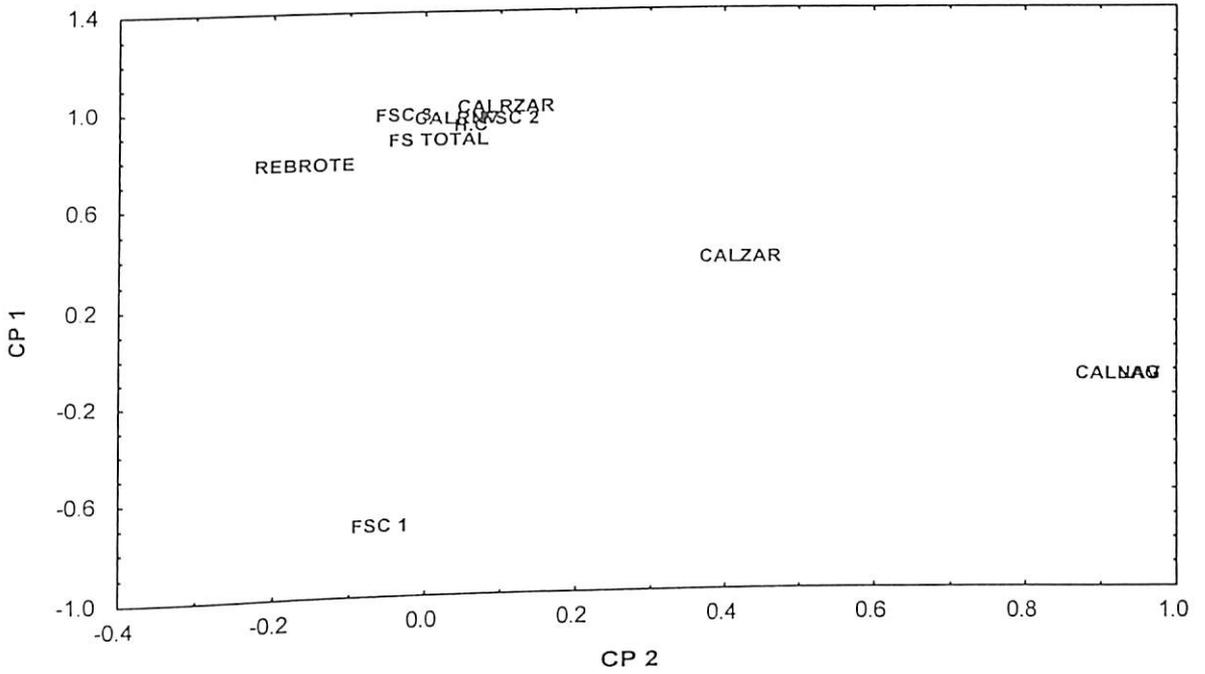


Figura 4.9. Relación entre variables con base en los dos primeros componentes principales. Ciclo 1996-1997.

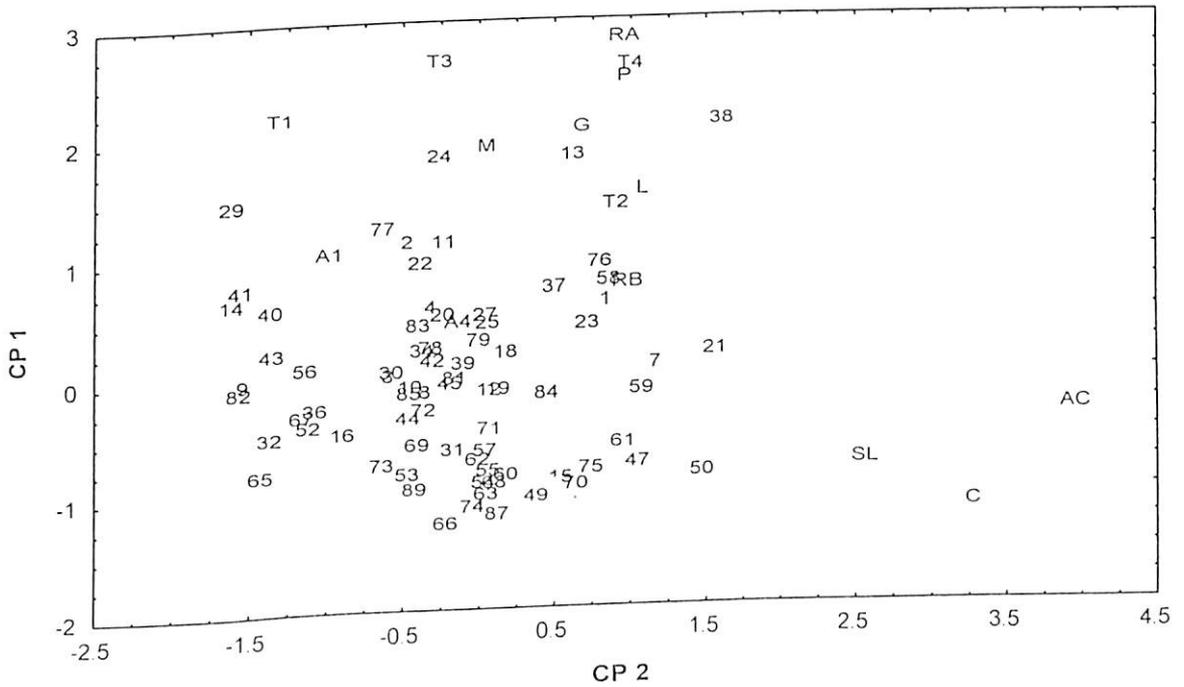


Figura 4.10. Distribución de los genotipos con base en los primeros dos componentes principales. Ciclo 1996-1997.

producción total con 15.134 ton/ha, excelente capacidad de rebrote (1.275) por lo cual presentaron también los mejores rendimientos en los cortes 2 y 3, siendo deseables para pastoreo directo.

El grupo de Intermedios-Invernales donde se encuentran los testigos AN-31 (A1), AN-34 (A2) y Rye grass Beefbuilder (RB) y los tratamientos 2, 11, 14, 22, 23, 37, 41, 76, etc., que mostraron un comportamiento similar al de los facultativos (tratamientos 1, 26, 32, 52, 56, 65, etc.), excepto que los intermedios-invernales presentan un poco más de producción (13.619 ton/ha), que los facultativos (12.767 ton/ha), debido a su mayor capacidad de rebrote (1.002), sólo superada por los invernales, por lo que son deseables para pastoreo directo o bien para mezclarse con otras especies o variedades de tipo precoz o primaveral, que permitan alargar el período productivo, en tanto que los facultativos pudieran utilizarse en lugar de los primaverales si se desea obtener uno o dos cortes o bien, un corte de forraje y producción de grano (doble propósito).

Cuando se combinó el rendimiento obtenido en Navidad, N.L. en sus tres cortes con la información de ahijamiento después del pastoreo (A1, A2 y A3) y la gustosidad en el primer y tercer pastoreo obtenidos por Ye (1998), la agrupación mediante el método de Ward (1963), resultó de nuevo ser más efectiva que la de k-medias para obtener grupos uniformes y coincidió completamente con lo anteriormente expresado, de tal manera que caracterizó a los invernales como de lento crecimiento inicial, alto ahijamiento (126.97 tallos/0.1m<sup>2</sup>), alta capacidad de rebrote (0.85), lo que les permitió obtener el rendimiento total más alto (hasta 14 ton/ha) y baja gustosidad en el primer

pastoreo, con tendencia a mejorarla en la siguiente evaluación, perteneciendo a este grupo los testigos europeos de triticale Grado (G), Modus (M), Presto (P) y el Rye grass Alamo (RA), que junto con seis líneas experimentales se aprecian en la Figura 4.11., generada en el espacio de los primeros dos componentes principales.

El grupo de primaverales presentó características opuestas al anterior, de tal forma que se caracterizaron por rápido crecimiento inicial, menor ahijamiento (76.51 tallos/0.1m<sup>2</sup>), baja capacidad de rebrote (0.39), rendimiento total menor (10.22 ton/ha), con la ventaja de presentar mayor gustosidad en ambas evaluaciones, entre los

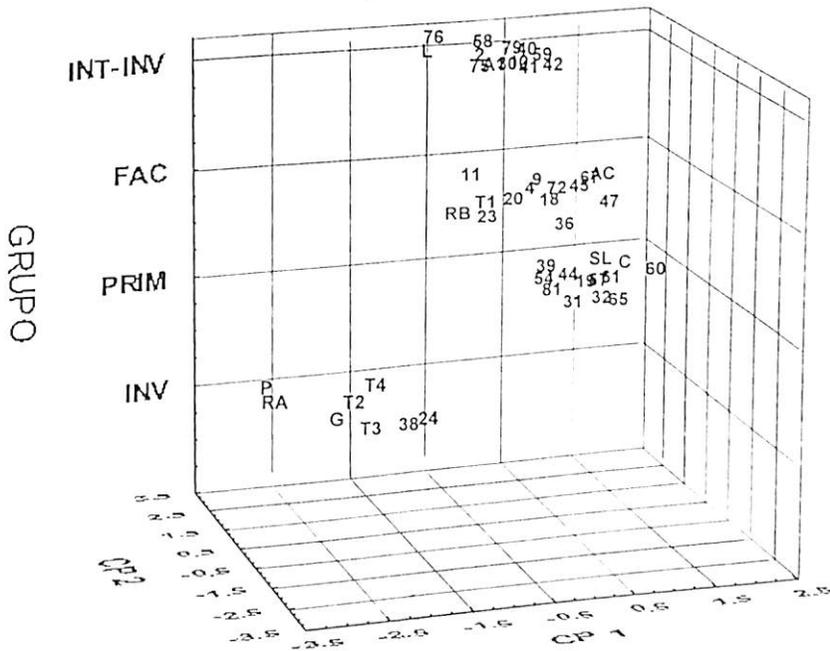


Figura 4.11. Agrupamiento de genotipos con base en el rendimiento de forraje seco e información de ahijamiento y gustosidad obtenidos por Ye (1998). Ciclo 1996-1997.

integrantes de este grupo se encuentran los testigos Cebada (C) y el triticale san Lucas (SL), más 30 líneas de triticale. Por su parte los facultativos presentaron el segundo mayor rendimiento de forraje seco en el primer corte, con rendimiento total similar al de los primaverales, pero con mejor ahijamiento ( $113.22$  tallos/ $0.1 \text{ m}^2$ ) y rebrote ligeramente superior al de dicho grupo ( $0.47$ ), comprendido por 21 líneas experimentales y testigos como la Avena Coker (AC) y Rye grass Beefbuilder (RB).

Los intermedios-invernales presentaron ahijamiento ligeramente superior al de los primaverales ( $88.62$  tallos/ $\text{m}^2$ ), rebrote de  $0.54$  (solo superado por los invernales), mayor y más constante gustosidad que los invernales, con mayor rendimiento al primer corte y producción total similar al de dicho grupo, por lo representan una excelente opción para el pastoreo directo, donde se agrupan AN-31, AN-34, Lasko (L) y 22 líneas de triticale.

Como uno de los criterios principales en estos ciclos fue precisamente la producción total de forraje seco y disponibilidad del mismo, para el ciclo 1997-1998 los materiales primaverales e invernales ya no fueron evaluados, de tal manera que en este ciclo los mejores 20 tratamientos, más los testigos AN-31 y AN-34 se evaluaron en tres ambientes o localidades, considerando solamente dos cortes de forraje, entre los cuales se manifestaron diferencias altamente significativas, al igual que entre su interacción, los tratamientos y la interacción de estos con los cortes y localidades, así como en la triple interacción, según se aprecia en el Cuadro 4.17., donde el factor de mayor efecto fueron los ambientes o localidades, que superó en más de 6 veces la suma de cuadrados debida a los cortes, confirmando de nuevo su jerarquía.

Cuadro 4.17. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1997-1998.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	2	9.613**
REP/LOC	6	0.178
CORTES	1	3.075**
LOC X CORTE	2	3.398**
EE(b)	6	0.016
TRATAMIENTOS	21	0.169**
TRAT X LOC.	42	0.106**
TRAT X CORTE	21	0.351**
T *C*L	42	0.127**
ERROR EXP.	252	0.044

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

C.V.= 9.83%

Los análisis considerando ambos cortes en cada ambiente, mostraron que sólo en Zaragoza, Coah., no se presentaron diferencias significativas entre los cortes, ni entre los tratamientos pero si una alta significancia en la interacción de ambos, mientras que en las dos fechas de Salaces, Chihuahua, se reportó alta significancia entre tratamientos y la interacción, pero sólomente en la primera fecha se manifestó diferencia entre los cortes ( $p < 0.01$ ), mientras que no hubo en la segunda fecha (Cuadro 4.18.), lo cual pudo

deberse a el incremento gradual de la temperatura en el período productivo conforme se retrazó la fecha de siembra.

Cuadro 4.18. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1997-1998.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	ZAR.	SAL. I	SAL. II
REPS.	2	0.168NS	0.311NS	0.053NS
CORTE	1	0.090NS	9.645**	0.136**
EE(a)	2	0.026	0.012	0.010
TRAT.	21	0.054NS	0.258**	0.068**
TRAT X CORTE	21	0.082**	0.360**	0.164**
ERROR EXP.	84	0.039	0.068	0.027
C.V. (%)		10.74	11.48	7.01

NS= No Significativo, \*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

La información conjunta de los tres ambientes, más la información de los mismos materiales y ocho genotipos más sembrados en melgas completas en La Laguna, se integró en un análisis de componentes principales, conteniendo 67 variables, incluyendo datos de calidad de tres cortes realizados en La Laguna, mediante el ACP se redujo la dimensionalidad de los datos a 7 factores o componentes principales, de tal manera que la agrupación se realizó sobre ellos, con el fin de aglomerar los genotipos en estudio (Figura 4. 12.), evidenciando como se mencionó anteriormente la ausencia de materiales

invernales y primaverales, haciendo una buena aglutinación de los facultativos (parte izquierda de la gráfica), excepto los tratamientos 5 y 1 quienes presentaron un comportamiento tendiente al hábito primaveral, mientras que en los intermedios-invernales las líneas 2, 3, 4, 6, 8 y 14 muestran una tendencia a comportarse como facultativos, posiblemente debido a que se adaptaron menos a la fechas tardías y requirieron temperaturas más frías para mostrar su potencial productivo, mientras que en el caso de los facultativos sería su comportamiento “normal”, ya que el término implica que cuando se presentan temperaturas y condiciones propicias para los primaverales, tienden a comportarse como tales, mientras que con temperaturas frías tienden a comportarse como invernales, desde el punto de vista del mejoramiento para producción de grano. Si esto realmente ocurre cuando son sembrados en distintos

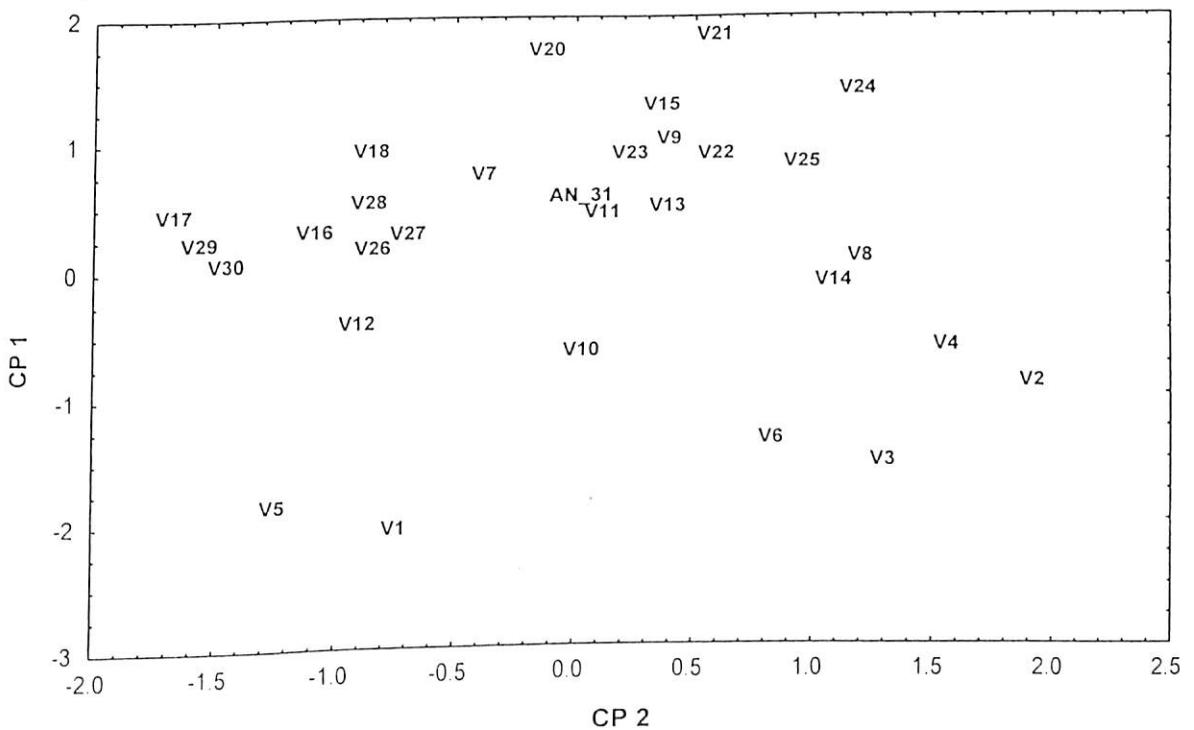


Figura 4.12. Agrupamiento de genotipos con base en los primeros dos componentes principales. Ciclo 1997-1998.

ambientes, en el aspecto de producción de grano los facultativos tendrían mayor oportunidad de mostrar mayor estabilidad de producción. Sin embargo, en la producción de forraje con cortes múltiples esto puede que no suceda dados los diferentes patrones productivos que se presentan y los diferentes manejos que se da a la producción de forraje, esto sin considerar aún el aspecto de valor nutritivo.

Durante el ciclo 1998-1999 la producción de forraje seco mostró que las localidades, cortes, interacción cortes por localidad, tratamientos por localidad y tratamientos por corte expresaron diferencias altamente significativas, mientras que entre tratamientos y la triple interacción resultaron ser no significativas (Cuadro 4.19.), debido tal vez a que cuando se analizó la información conjunta de los cortes en cada localidad, no se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos en Salaiques, ni en La Laguna, mientras que en las otras localidades donde si se expresaron diferencias significativas, la interacción cortes por tratamientos resultó ser no significativa, tal como se aprecia en el Cuadro A.20., vale la pena mencionar que cuando a cada corte se le realizó el análisis combinado sobre localidades, las diferencias entre los tratamientos resultaron ser altamente significativas en cada uno de los cortes.

Para el ciclo 1999-2000, el análisis de varianza mostró que los tratamientos, cortes, localidades, interacción cortes por localidades y tratamientos por corte resultaron con diferencias altamente significativas, mientras que para la interacción tratamientos por localidad fueron significativas, en tanto que la triple interacción resultó no significativa (Cuadro 4.21.). Esto pudiera deberse a que durante este ciclo no hubo una consistencia en los resultados cuando se analizó en cada localidad la producción de

Cuadro 4.19. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1998-1999.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	3	12.495**
REP/LOC	8	0.369
CORTES	1	4.956**
LOC X CORTE	3	11.107**
EE(b)	8	0.065
TRATAMIENTOS	21	0.105ns
TRAT X LOC.	63	0.121**
TRAT X CORTE	21	0.344**
T *C*L	63	0.089ns
ERROR EXP.	336	0.071

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad. ns= No significativo

C.V.= 9.83%

Cuadro 4.20. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1998-1999.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	CASAS G	CHIH.	ALDAMA	LAG.
REPS.	2	0.289NS	0.031NS	1.135**	0.023NS
CORTE	1	2.080**	8.466**	27.239**	0.491*
EE(a)	2	0.007	0.239	0.005	0.007
TRAT.	21	0.165**	0.082NS	0.161*	0.060NS
TRAT X CORTE	21	0.062NS	0.187**	0.133	0.228**
ERROR EXP.	84	0.079	0.058	0.086	0.062
C.V. (%)		15.63	9.78	14.01	10.36

NS= No Significativo, \*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad

ambos cortes, así en Aldama y Casas Grandes, los cortes resultaron estadísticamente iguales, significativos en Salaises y altamente significantes en Zaragoza (Cuadro 4.22.), en tanto que los tratamientos se comportaron diferencialmente solo en Aldama y la interacción cortes por tratamiento fue significativa en Casas Grandes y Salaises, mientras que en Aldama y Zaragoza resultó ser altamente significativa.

Cuadro 4.21. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en el ciclo 1999-2000.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	3	3.001**
REP/LOC	8	0.516
CORTES	1	1.126**
LOC X CORTE	3	3.802**
EE(b)	8	0.096
TRATAMIENTOS	21	0.132**
TRAT X LOC.	63	0.081*
TRAT X CORTE	21	0.379**
T *C*L	63	0.065ns
ERROR EXP.	336	0.059

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

C.V.= 11.81%

Cuadro 4.22. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco en cada localidad considerando ambos cortes en el ciclo 1999-2000.

FUENTES DE VARIACION	G.L.	SAL.	ALDAMA	CASAS G	ZAR
REPS.	2	0.288NS	0.643NS	1.069NS	0.065NS
CORTE	1	2.990**	2.444NS	0.399NS	6.699**
EE(a)	2	0.101	0.198	0.057	0.027
TRAT.	21	0.070NS	0.179*	0.085NS	0.039NS
TRAT X CORTE	21	0.099*	0.229**	0.097*	0.150**
ERROR EXP.	84	0.050	0.088	0.053	0.043
C.V. (%)		12.12	13.57	11.43	9.65

NS= No Significativo; \*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad

respectivamente.

Durante todos los ciclos resultó innegable la influencia que las localidades impusieron en la producción de forraje seco, seguida por el efecto de los cortes y finalmente los tratamientos. Dentro de las interacciones, la de mayor valor en sus cuadrados medios fue sin duda cortes por localidades, variando en magnitud lo correspondiente a cortes por tratamientos y tratamientos por localidades.

Sin embargo, cuando la información de los 22 materiales se analizó en conjunto (Cuadro 4.23.), la interacción localidades por corte ocupó la primera posición en orden de importancia con base en las sumas de cuadrados, mostrando la necesidad de evaluar

los materiales en cada uno de los cortes, en tanto que localidades ocupó el segundo lugar, seguido por el efecto de los cortes, tratamientos por localidad, la triple interacción, tratamientos por corte y finalmente los tratamientos.

Cuadro 4.23. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco desde el ciclo 1996-1997 al ciclo 1999-2000.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	13	5.898**
REP/LOC	28	0.304
CORTES	1	8.902**
LOC X CORTE	13	8.349**
EE(b)	28	0.075
TRATAMIENTOS	21	0.136**
TRAT X LOC.	273	0.102**
TRAT X CORTE	21	1.120**
T *C*L	273	0.100**
ERROR EXP.	1176	0.054

\*\*= Significativo al 0.01 de probabilidad.

C.V.= 10.98%

Al realizar el análisis combinado de las 22 variedades a través de los 14 ambientes considerando la producción del primer corte, se reportó alta significancia entre los ambientes, tratamientos y la interacción (Cuadro 4.24.), a pesar de que en los

ambientes 7, 8, 10, 11, 13 y 14 no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, sólo significativas en los ambientes 1 y 4, y altamente significativas en el resto de ellas.

Para el segundo corte, el análisis combinado sobre localidades (Cuadro A.16.), encontró también alta significancia en las fuentes de variación principales y en su interacción. En cada ambiente la interacción cortes por tratamientos resultó ser al menos significativa en la mayoría de ellos excepto en los ambientes 7 y 9, tal como se aprecia en el Cuadro 4.25.

Cuadro 4.24. Análisis combinado sobre localidades para producción de forraje seco en cada uno de los cortes efectuados durante 1997-2000.

F.V.	G.L.	C.M. CORTE1	C.M. CORTE 2
LOC	13	7.710**	6.536**
R/LOC	28	0.179	0.201
TRAT	21	0.503**	0.753**
TRAT*LOC	273	0.103**	0.099**
ERROR EXP.	588	0.059	0.050
C.V. (%)		11.08	10.84

Cuadro 4.25. Cuadrados medios y significancia para producción de forraje seco considerando ambos cortes en cada ambiente desde el ciclo 1996-1997 al 1999-2000.

F.V.	REP.	CORTE	EE(a)	TRAT	C X T	E.E.	C.V.(%)
G.L.	2	1	2	21	21	84	
A1	0.066	2.728*	0.143	0.113**	0.232**	0.051	9.84
A2	0.112	51.342**	0.045	0.069*	0.235**	0.034	9.14
A3	0.006	2.689	0.177	0.059**	0.166**	0.026	7.71
A4	0.168	0.090	0.020	0.054	0.082**	0.039	10.74
A5	0.311*	9.645**	0.012	0.258	0.360**	0.068	11.48
A6	0.053	0.136	0.010	0.068**	0.164**	0.027	7.01
A7	0.289*	2.080**	0.007	0.165**	0.062	0.079	15.63
A8	0.031	8.466**	0.239	0.082	0.187**	0.058	9.78
A9	1.135**	27.239**	0.005	0.161*	0.133	0.086	14.01
A10	0.023	0.491*	0.007	0.060	0.228**	0.062	10.36
A11	0.288	2.990*	0.101	0.070	0.099*	0.050	12.12
A12	0.643	2.444	0.198	0.179*	0.229**	0.088	13.57
A13	1.069	0.399	0.057	0.085	0.097*	0.053	11.43
A14	0.065	6.699**	0.027	0.039	0.150**	0.043	9.65

\*, \*\*= Significativo al 0.01 y 0.05 de probabilidad respectivamente.

Cuando la información anterior se analizó mediante los análisis de componentes principales y de conglomerados, se obtuvo una buena separación de los dos grupos de

materiales (Figura 4.13.), ya que la prueba de  $T^2$  resultó altamente significativa con un valor del parámetro de 46.435, y el primer componente los separó con base en la producción de forraje seco en el primer corte y a su capacidad de rebrote, así los intermedios-invernales ubicados en la parte inferior de la figura, rindieron en promedio 4.641 y 4.883 ton/ha de forraje seco en el corte uno y dos respectivamente, mientras que los facultativos rindieron 5.399 y 3.941 ton/ha, lo cual se debió a la mayor capacidad de rebrote de los intermedios-invernales (1.056), comparado con aquel de los facultativos de tan solo 0.734.

Pero el aspecto más interesante resulta de el hecho de que el rendimiento promedio de forraje seco total, no difirió mucho, dado que fue de 9.524 y 9.340 ton/ha para intermedios-invernales y facultativos respectivamente, de tal manera que aunque se tienen dos hábitos de crecimiento diferentes, al final la producción total de forraje seco no se ve afectada, lo cual indica un aspecto importante a considerarse dentro del proceso de selección.

Esto puede resultar en una ventaja para el productor ya que puede escoger el tipo de hábito que más le acomode en su explotación, y permitirle como en el caso de La Laguna el llevar acabo tres ciclos de producción (dos de maíz y uno de cereales de invierno), y con ello satisfacer sus necesidades de forraje durante todo el año.

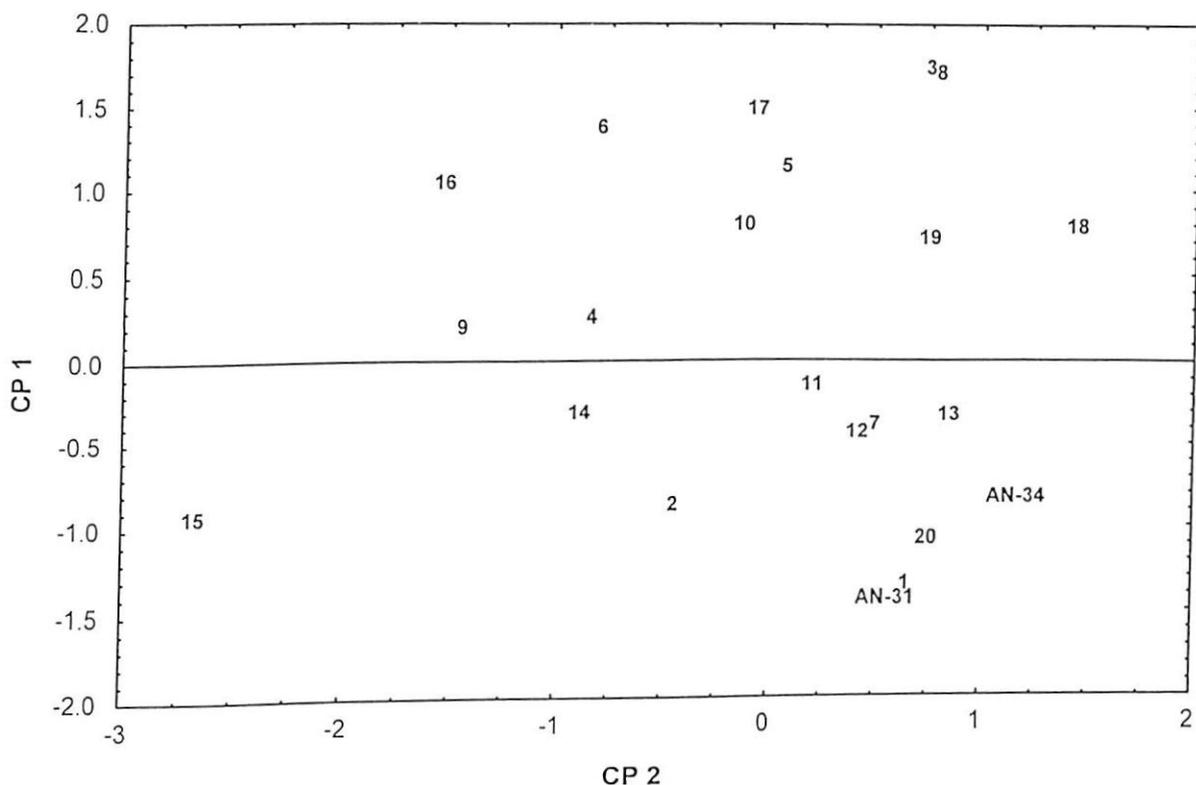


Figura 4.13. Agrupamiento final de los genotipos seleccionados a partir del ciclo 1996-1997.

#### Estabilidad de la producción.

Como se discutió en el apartado anterior, el efecto que ejercieron los cortes de forraje sobre los genotipos fue de considerable valor, de tal manera que cuando se analizó en conjunto la información global, la interacción localidades por corte resultó ser la de mayor cantidad, así pues, para tratar de caracterizar los materiales con base en su estabilidad se realizó el análisis correspondiente considerando primero 28 “ambientes”, provenientes de los 14 ambientes evaluados por los dos cortes que se realizaron, dado que la prueba de Bartlett (1937), lo permitió.

De tal manera que el análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), reportó que la interacción y las variedades se comportaron sin significancia y las variedades mostraron diferencias significativas en sus desviaciones de regresión (Cuadro 4.26.), reafirmando el efecto de la interacción cortes por localidad que no permite que se expresen las diferencias entre variedades, de tal forma que todas las variedades se calificaron como: Buena Respuesta en todos los Ambientes, pero Inconsistentes, lo cual pudiera ser debido también a la metodología utilizada para seleccionar los genotipos en evaluación (componentes principales), ya que si se mantiene la relación reportada por Ebdon *et al.* (1998), entre el coeficiente de regresión ( $b_i$ ) y la calificación asignada por el AMMI (dada en base al primer o primeros dos componentes principales), se espera que muestren un  $b_i = 1$ , pero se requiere de el calculo de las desviaciones de regresión con el fin de conocer si dichas desviaciones son positivas o negativas.

Entre las variedades destacan la 7, 13, 1 y 5 que superaron en 12.6, 11.7, 11.5 y 10.6 por ciento respectivamente al testigo AN-34, quien obtuvo el menor rendimiento con 4.43 ton/ha (Cuadro 4.27.). Dentro de los ambientes considerados, los índices ambientales mostraron que la mayor media de producción la obtuvo Salaires 98-99 (primer corte) con 2.776 ton/ha arriba de la media general, seguido por Navidad 96-97 (primer corte) con 2.334 ton/ha, mientras que los ambientes con menor media de producción se encontraron en Navidad 96-97 (segundo corte) con 2.713 ton/ha por debajo de la media general y Aldama 98-99 (primer corte) con 1.870 ton/ha por debajo de la media, demostrando con ello que Navidad es una de las localidades donde se puede seleccionar efectivamente para producción de forraje debido a que pueden expresar su

Cuadro 4.26. Resultados del análisis de estabilidad para los 28 ambientes.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
TOTAL	615	2.71
VARIEDADES	21	0.79
AMBIENTES	594	2.78
AMBIENTE LINEAL	1	1153.32
VAR+AMB. LINEAL	21	0.99*
DESVIACIÓN CONJUNTA	572	0.83
VARIEDAD 1	26	1.72*
VARIEDAD 2	26	0.53*
VARIEDAD 3	26	1.14*
VARIEDAD 4	26	0.45*
VARIEDAD 5	26	0.79*
VARIEDAD 6	26	0.98*
VARIEDAD 7	26	0.59*
VARIEDAD 8	26	1.28*
VARIEDAD 9	26	0.80*
VARIEDAD 10	26	0.76*
VARIEDAD 11	26	0.56*
VARIEDAD 12	26	0.92*
VARIEDAD 13	26	0.53*
VARIEDAD 14	26	0.52*
VARIEDAD 15	26	0.88*
VARIEDAD 16	26	0.69*
VARIEDAD 17	26	1.10*
VARIEDAD 18	26	0.82*
VARIEDAD 19	26	0.43*
VARIEDAD 20	26	1.10*
VARIEDAD 21	26	0.93*
VARIEDAD 22	26	0.80*
ERROR CONJUNTO	1176	0.05

\*= Significativo al 0.05 de probabilidad

Cuadro 4.27. Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión ( $b_i$ ), desviaciones de regresión ( $S^2_d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en los 28 ambientes.

VARS.	TIPO	MEDIA	$b_i$	$S^2_d$	AMMI
1	I-I	4.94	0.90	1.67	1.031
2	I-I	4.58	0.99	0.48	0.573
3	FAC	4.70	1.28	1.09	-1.105
4	FAC	4.51	1.17	0.40	0.069
5	FAC	4.90	1.13	0.74	-0.801
6	FAC	4.54	1.13	0.93	-0.833
7	I-I	4.99	0.95	0.54	0.356
8	FAC	4.79	1.00	1.23	-1.091
9	FAC	4.82	1.04	0.75	-0.018
10	FAC	4.77	0.93	0.71	-0.385
11	I-I	4.75	1.10	0.51	0.213
12	I-I	4.72	0.99	0.87	0.486
13	I-I	4.95	0.83	0.48	0.331
14	I-I	4.51	0.89	0.47	0.336
15	I-I	4.82	0.89	0.83	0.610
16	FAC	4.69	1.19	0.62	-0.537
17	FAC	4.55	1.16	1.05	-1.009
18	FAC	4.54	0.94	0.77	-0.416
19	FAC	4.51	1.04	0.38	-0.378
20	I-I	4.79	0.85	1.05	1.019
AN-31	I-I	4.59	0.75	0.88	1.070
AN-34	I-I	4.43	0.85	0.75	0.480

\*= Significativamente diferente de la unidad.

potencial de producción en ambos cortes, y a que presenta condiciones drásticas que imponen por si mismas una fuerte presión de selección.

El análisis de estabilidad mediante el método AMMI reportó alta significancia entre localidades, tratamientos y la interacción, así como para los primeros dos ejes obtenidos mediante el análisis de componentes principales (ECP), con los cuales se explicó un 50.05 por ciento de la interacción, tal como aparece en el Cuadro 4.28.. Calificando como estables a las variedades 9, 11 y 4, de tipo facultativo, intermedio-invernal y facultativo respectivamente, dado que presentaron los menores valores otorgados por este método (Cuadro 4.27.).

Cuadro 4.28. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para los 28 ambientes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
LOC	27	194.146	7.191**
R/LOC	56	11.266	0.201
TRAT	21	2.842	0.135**
TRAT*LOC	567	78.768	0.139**
ECP 1	47	30.985	0.659**
ECP 2	45	8.435	0.187**
RESIDUAL	475	39.348	0.083
ERROR EXP.	1232	74.770	0.061

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad.

Al graficar el rendimiento de las variedades contra el primer componente y adicionando el tipo (F = Facultativo, + = Intermedio-Invernal), resalta el hecho de que el primer componente separó efectivamente a los intermedios-invernales del lado positivo y a los facultativos del lado negativo, excepto el tratamiento 4 calificado como tal (Figura 4.14).

Se aprecia en dicha figura que el tratamiento 9 fue el más estable, seguido por el 4 que responde mejor a los ambientes desfavorables con interacciones positivas, mientras que el 11 posee buena estabilidad con desviaciones positivas pequeñas. Los tratamientos 3, 8, 1, 20 y AN-31 se comportaron como inestables dadas las grandes interacciones que presentan (positivas para 1, 20 y AN-31 y negativas para el resto), mientras que el 7 y el 13 pueden funcionar mejor en los ambientes favorables con interacciones positivas.

Un grupo conformado por los tratamientos 4, 14, 19, 18, 6 y 17 presentan rendimientos similares, pero difieren en sus interacciones, donde 4 y 14 son positivas y pequeñas y 19 y 18 negativas, con mayor magnitud en los tratamientos 6 y 7. Otro grupo de interés está conformado por los tratamientos 8, 10, 9, 11, 12, 15 y 20 con producciones arriba de la media general (línea del eje X), pero que difieren en sus interacciones, siendo positivas para los intermedios-invernales (11, 12, 15 y 20) y negativas para los facultativos (Figura 4.14). La correlación entre los métodos AMMI y Eberhart y Russell (1966) fue negativa y significativa ( $r = -0.74$ ), difiriendo de lo reportado por Ebdon et al. (1998), quienes reportaron valores positivos y altamente significativos, entre los parámetros de ambos métodos.

Lo antes mencionado sugiere que los intermedios-invernales responden mejor a los ambientes favorables con interacciones positivas variables en magnitud, mientras que los facultativos responderán mejor en los ambientes desfavorables.

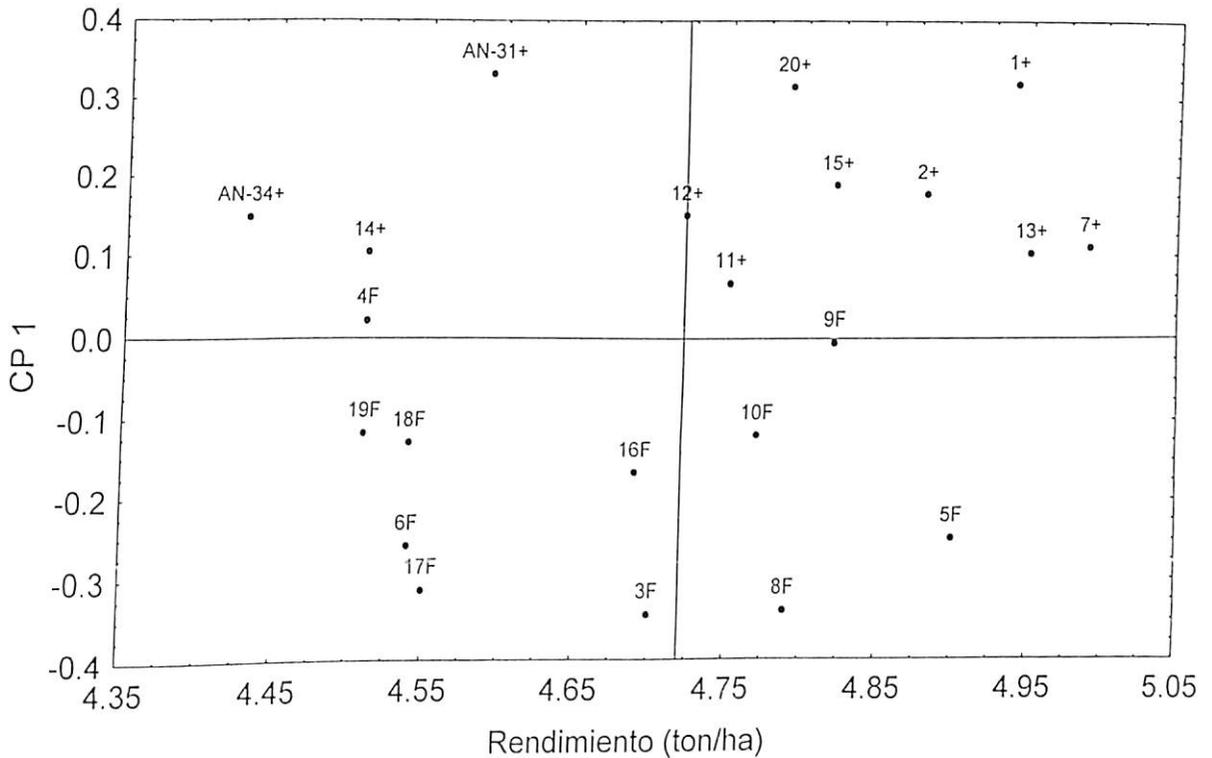


Figura 4.14. Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI.

Cuando se analizó por separado el primer corte, el método de Eberhart y Russell (1963) mostró diferencias significativas en la interacción y entre variedades, considerándolas a todas como inconsistentes (Cuadro 4.29.). Sin embargo, a diferencia de el caso anterior, la variedad 4 se calificó como de mejor respuesta en buenos ambientes e inconsistente y la variedad 13 se calificó como de mejor respuesta en

ambientes desfavorables e inconsistente, y el resto de las variedades, se consideró como de buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes, tal como aparece en el Cuadro 4.30., por lo que se infiere que el fraccionar la información considerando cada corte por separado, parece facilitar la clasificación de los genotipos dados sus hábitos de crecimiento diferentes.

Con base en los índices ambientales Salaices 98-99 con 2.472 y Navidad 96-97 con 2.030 fueron los mejores, mientras Aldama y Casas Grandes 98-99 con -2.174 y -2.152 respectivamente se comportaron como los menos productivos. Resaltan en dicho cuadro las variedades 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17, 18 y 19, casi todas de hábito facultativo excepto la 7 y 13 de hábito intermedio-invernal, quienes mostraron rendimientos superiores a las 5 ton/ha, aunque todas las líneas superaron a los testigos comerciales, de los cuales AN-31 mostró la media más baja con 4.17 ton/ha.

Atendiendo a estos resultados, la variedad 13 podría considerarse como una opción excelente, dado su hábito de crecimiento (intermedio-invernal), rendimiento y respuesta a los ambientes, mientras que la 4 pudiera dedicarse a la producción de un solo corte (por su hábito facultativo), para explotaciones intensivas donde se suministran insumos sin restricción y se requiere obtener un primer corte en el menor tiempo posible, como es el caso de La Laguna, donde después del ciclo otoño-invierno, se producen dos ciclos de maíz para ensilaje.

Cuadro 4.29. Resultados del análisis de estabilidad para el primer corte.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	C.M.
TOTAL	307	2.88
VARIEDADES	21	3.33**
AMBIENTES	286	2.85*
AMBIENTE LINEAL	1	628.96
VAR+AMB. LINEAL	21	0.88*
DESVIACIÓN CONJUNTA	264	0.63
VARIEDAD 1	12	0.70*
VARIEDAD 2	12	0.32*
VARIEDAD 3	12	0.68*
VARIEDAD 4	12	0.41*
VARIEDAD 5	12	0.61*
VARIEDAD 6	12	0.70*
VARIEDAD 7	12	0.66*
VARIEDAD 8	12	0.85*
VARIEDAD 9	12	1.11*
VARIEDAD 10	12	0.61*
VARIEDAD 11	12	0.78*
VARIEDAD 12	12	1.08*
VARIEDAD 13	12	0.38*
VARIEDAD 14	12	0.52*
VARIEDAD 15	12	0.28*
VARIEDAD 16	12	0.63*
VARIEDAD 17	12	0.91*
VARIEDAD 18	12	1.15*
VARIEDAD 19	12	0.32*
VARIEDAD 20	12	0.48*
VARIEDAD 21	12	0.49*
VARIEDAD 22	12	0.27*
ERROR CONJUNTO	588	0.06

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro 4.30. Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en el primer corte.

VARS.	TIPO	MEDIA	bi	$S^2d$	AMMI
1	I-I	4.53	1.01	0.64	0.426
2	I-I	4.76	0.98	0.26	0.222
3	FAC	5.77	1.26	0.62	-0.021
4	FAC	4.80	1.35*	0.35	0.186
5	FAC	5.68	1.04	0.55	0.075
6	FAC	5.45	1.11	0.64	0.418
7	I-I	5.09	0.86	0.60	0.128
8	FAC	5.89	0.87	0.79	-0.326
9	FAC	5.18	1.10	1.05	0.476
10	FAC	5.26	0.75	0.55	-0.018
11	I-I	4.87	1.14	0.72	-0.292
12	I-I	4.57	0.90	1.02	-0.695
13	I-I	5.05	0.69*	0.32	-0.233
14	I-I	4.57	1.04	0.46	-0.079
15	I-I	4.61	0.98	0.22	0.214
16	FAC	5.46	1.20	0.57	0.240
17	FAC	5.56	1.21	0.85	0.207
18	FAC	5.18	0.87	1.09	-0.796
19	FAC	5.13	1.14	0.26	-0.143
20	I-I	4.53	0.88	0.42	-0.226
AN-31	I-I	4.17	0.77	0.43	0.158
AN-34	I-I	4.28	0.86	0.21	0.078

\*= Significativamente diferente de la unidad.

Por su parte el AMMI reportó para el primer corte diferencias altamente significativas en las fuentes de variación localidades, tratamientos, tratamientos por localidad y en los ECP 1 y 2, con los cuales explicó un 42.83 por ciento de la interacción, tal como se observa en el Cuadro 4.31. Declarando estables a los tratamientos 3, 5, 10, 14 y AN-34 dado que obtuvieron calificaciones cercanas a cero (Cuadro 4.30).

La Figura 4.15. permite apreciar que los tratamientos de tipo facultativo (F) respondieron mejor que los intermedios-invernales (+) en los ambientes favorables, lo cual era de esperarse dados los patrones de producción señalados en el apartado anterior donde los facultativos proporcionan un primer corte de mayor rendimiento que los intermedios-invernales.

Se aprecia también en dicha figura que los tratamientos más estables arriba enumerados difieren en su producción, siendo mayor para el 3, 5 y 10, en tanto que el tratamiento 14 presenta un rendimiento menor, con mejor respuesta en los ambientes desfavorables, similar al del tratamiento 20 aunque con interacciones más pequeñas. Destacan por su rendimiento los tratamientos 8, 3 y 5, pero el 8 presenta interacciones negativas. El grupo conformado por los tratamientos 7, 9, 13, 10, 19 y 18 presentan rendimientos similares pero difieren en la magnitud de sus interacciones (7 y 9 positivas, mientras 13 y 19 las presentan negativas pero menores que las del tratamiento 18).

Cuadro 4.31. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para el primer corte.

F.V.	G.L.	S.C	C.M.
LOC	13	100.230	7.710**
R/LOC	28	5.012	0.179
TRAT	21	10.563	0.503**
TRAT*LOC	273	28.119	0.103**
ECP 1	33	6.926	0.210**
ECP 2	31	5.118	0.165**
RESIDUAL	209	16.075	0.077
ERROR EXP.	588	34.692	0.059

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad.

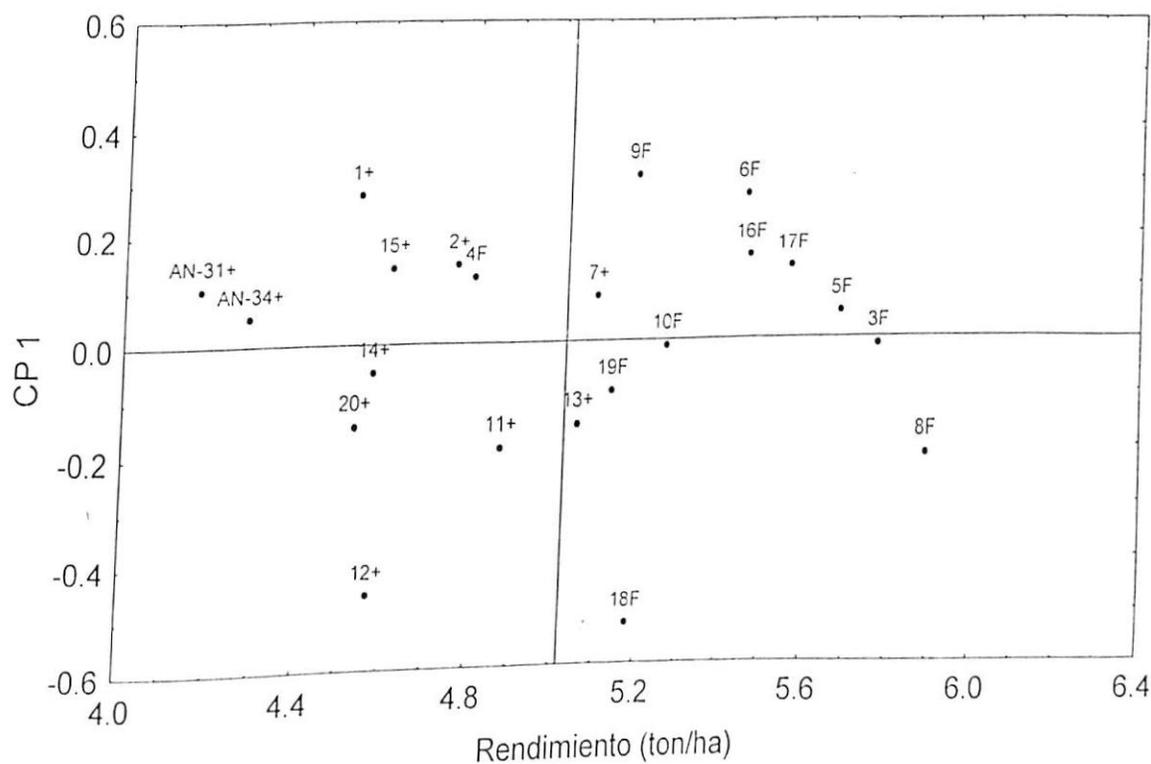


Figura 4.15. Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI en el primer corte.

Los tratamientos 12 y 18 se consideraron inestables por este método, cuya calificación se relacionó positivamente pero sin significancia ( $r = 0.35$ ) con aquella del método de Eberhart y Russell (1963).

En el corte dos, el análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1963) también reportó diferencias entre las variedades y sus desviaciones de regresión, calificando a todas las variedades como de buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes, excepto a la variedad 12, que la describió como de mejor respuesta en buenos ambientes e inconsistente (Cuadro 4.32.). Respecto a los índices ambientales, en La Laguna y Aldama 98-99 se obtuvieron los más positivos y los más negativos se reportaron en Navidad 96-97 y Salaiques 99-00.

En el Cuadro 4.33. se aprecia que el genotipo de menor rendimiento fue el 17 con 3.54 ton/ha, seguido por 3, 6, 8, 18 y 19 coincidiendo con la agrupación realizada mediante el análisis de conglomerados dado que pertenecen al grupo de los facultativos, de tal manera que en este corte los genotipos de mayor producción (1, 20, 15, AN-31, 2 y 12) pertenecen a los intermedios-invernales.

Al igual que en las dos situaciones anteriores el AMMI reportó alta significancia entre localidades, tratamientos y la interacción, así como para los ECP 1 y 2, que juntos explicaron un 48.42 por ciento de la interacción, tal como aparece en el Cuadro 4.34. este método declaró estables a los tratamientos 7, 13, 20, 22 y 5 dadas las bajas calificaciones que obtuvieron (Cuadro 4.33.), en tanto que los tratamientos 1, 15 y 6 se comportaron como inestables dadas sus altas calificaciones.

Cuadro 4.32. Resultados del análisis de estabilidad para el segundo corte.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	C.M.
TOTAL	307	2.37
VARIEDADES	21	4.29**
AMBIENTES	286	2.23*
AMBIENTE LINEAL	1	469.16
VAR+AMB. LINEAL	21	0.35*
DESVIACIÓN CONJUNTA	264	0.61
VARIEDAD 1	12	1.89*
VARIEDAD 2	12	0.36*
VARIEDAD 3	12	0.57*
VARIEDAD 4	12	0.45*
VARIEDAD 5	12	0.63*
VARIEDAD 6	12	0.62*
VARIEDAD 7	12	0.45*
VARIEDAD 8	12	0.38*
VARIEDAD 9	12	0.60*
VARIEDAD 10	12	0.81*
VARIEDAD 11	12	0.31*
VARIEDAD 12	12	0.29*
VARIEDAD 13	12	0.57*
VARIEDAD 14	12	0.41*
VARIEDAD 15	12	1.06*
VARIEDAD 16	12	0.55*
VARIEDAD 17	12	0.26*
VARIEDAD 18	12	0.29*
VARIEDAD 19	12	0.27*
VARIEDAD 20	12	1.22*
VARIEDAD 21	12	0.48*
VARIEDAD 22	12	1.04*
ERROR CONJUNTO	588	0.05

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro 4.33. Tipo de crecimiento, rendimiento promedio (ton/ha), coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI a cada variedad en el segundo corte.

TIPO		CORTE DOS			
VAR.S.	TIPO	MEDIA	Bi	$S^2d$	AMMI
1	I-I	5.36	1.02	1.84	-0.736
2	I-I	4.99	1.18	0.31	-0.118
3	FAC	3.62	1.03	0.52	0.391
4	FAC	4.19	0.94	0.40	0.393
5	FAC	4.11	1.07	0.58	-0.076
6	FAC	3.64	0.94	0.57	0.579
7	I-I	4.89	1.14	0.40	0.014
8	FAC	3.69	0.86	0.33	-0.247
9	FAC	4.47	0.94	0.55	-0.382
10	FAC	4.29	1.10	0.76	0.387
11	I-I	4.64	1.13	0.26	0.231
12	I-I	4.87	1.28*	0.24	-0.133
13	I-I	4.86	1.07	0.52	0.054
14	I-I	4.45	0.76	0.36	-0.104
15	I-I	5.04	0.98	1.01	0.549
16	FAC	4.01	1.08	0.50	-0.269
17	FAC	3.54	0.83	0.21	0.200
18	FAC	3.89	0.88	0.24	-0.376
19	FAC	3.90	0.79	0.22	-0.140
20	I-I	5.05	1.02	1.17	0.057
AN-31	I-I	5.00	0.99	0.43	-0.224
AN-34	I-I	4.58	0.99	0.99	-0.049

\*= Significativamente diferente de la unidad.

Cuadro 4.34. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para el segundo corte.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
LOC	13	84.968	6.536**
R/LOC	28	5.628	0.201
TRAT	21	15.813	0.753**
TRAT*LOC	273	27.027	0.099**
ECP 1	33	6.799	0.206**
ECP 2	31	6.288	0.203**
RESIDUAL	209	13.940	0.067
ERROR EXP.	588	29.400	0.050

\*\* = Significativo al 0.01 de probabilidad.

En la Figura 4.16. se aprecia que los tratamientos señalados anteriormente como estables aparecen más cercanos a la línea trazada desde el eje del primer componente y aquellos inestables son los más alejados de ella. Como se esperaba los materiales intermedios-invernales (+) mostraron mayor rendimiento y respuesta que los facultativos (F), quienes aparecen a la izquierda de la línea trazada en el eje X que representa el rendimiento promedio, excepto el tratamiento 9.

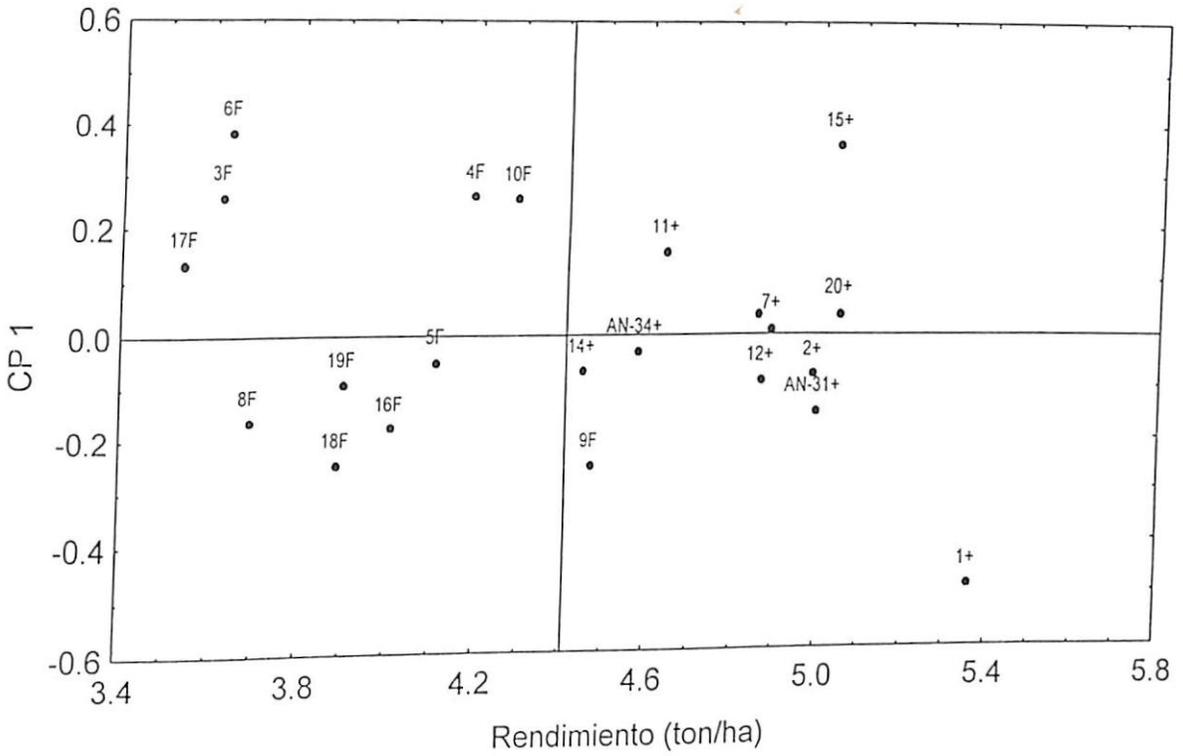


Figura 4. 16. Genotipos con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI en el segundo corte.

En la figura anterior se aprecia el grupo conformado por los tratamientos 13, 7, 12, 2, 20, AN-31 y 15 que presentan un rendimiento e interacciones similares pero de diferente signo, siendo más deseables aquellos tratamientos que las muestran positivas y pequeñas.

La correlación de las calificaciones de AMMI y el coeficiente de regresión obtenido mediante la metodología de Eberhart y Russell (1963) en este corte fue casi nula ( $r = 0.05$ ), evidenciando una total discrepancia en las clasificaciones realizadas por

ambos métodos, donde el AMMI resultó ser mejor inclusive en la separación efectiva de los tipos de triticales forrajeros.

Con base en estos resultados se infiere que la interacción cortes por localidad es tan grande que incluso enmascara la interacción genotipo ambiente, de tal manera que el análisis por corte proporciona mejor información que cuando se analiza en conjunto ambos cortes.

Además el análisis segmentado permite hacer una comparación más adecuada de los tratamientos que poseen diferente hábito de crecimiento, permitiendo caracterizarlos de forma más eficiente y poder hacer alguna recomendación, de tal forma que si el agricultor desea materiales para un solo corte los tratamientos 3 y 5 serían recomendables si aplica un manejo donde se suministran los insumos necesarios o bien la variedad 14 si el manejo es inadecuado, en tanto para cortes múltiples las variedades 13 y 7 dada su calificación en el segundo corte y el análisis conjunto, serían las adecuadas.

Al respecto, una propuesta algo similar la realizaron Verma *et al.* (1978), aunque ellos la orientaron a la producción de grano y sólo separaron los ambientes con base en sus índices ambientales, proponiendo una nueva clasificación de las variedades. El resto de las variedades atendiendo a su calificación en base al AMMI pudiesen explotarse considerando además como otro criterio importante el hábito de crecimiento y el ambiente de explotación, que en suma proporcionaría la mejor opción dependiendo de el tipo de explotación para el que realice.

## Valor Nutritivo

Dadas las limitaciones presupuestales sólo a los mejores materiales se les determinó el valor nutritivo, de tal manera que en el ciclo 96-97 se analizaron 12 materiales, 8 líneas y los testigos comerciales AN-31, AN-34, Avena Coker 234 y el Rye Grass anual Alamo, para determinarles su calidad a través de dos localidades (La Laguna y Zaragoza, Coah,) y dos cortes.

Las correlaciones realizadas resultaron en su mayoría con una alta significancia, excepto la del fósforo con el rendimiento de forraje seco que resultó significativa, en tanto que las del magnesio con la FAD, DMS, FND Y RFV resultaron no significativas (Cuadro 4.35.). Resaltan por su magnitud las correlaciones entre la FAD con la DMS, ENI, ENG, RFV y PC negativas todas, indicando que a mayor cantidad de FAD el forraje es menos digestible, proteico y energético y por lo tanto disminuye su valor alimenticio relativo. Valores positivos resultaron entre las energías, entre éstas y el RFV, DMS y contenido de PC. La FND también se correlacionó negativamente con las energías, la DMS y el RFV y contenido de PC.

Mediante el análisis de componentes principales se confirmaron las relaciones entre variables antes señaladas, de tal manera que entre mayor producción de forraje seco se tiene, mayor contenido de fibras se tendrá, ligado lógicamente a la etapa de la escala de Zadoks *et al.* (1974), en la que se corte el material y al tiempo (cortes), que en conjunto mantienen una relación negativa con proteína cruda (PC), proteína digestible

Cuadro 4.35. Correlaciones por rangos de Spearman (1904) para las variables de producción y calidad en el ciclo 1996-1997.

	FS	PC	FAD	DMS	FND	RFV	ENI	ENg	P	CA	K	Mg
FS	1.00	-0.57	0.63	-0.63	0.47	-0.53	-0.63	-0.63	-0.28*	-0.60	-0.22	-0.35
PC	-0.57	1.00	-0.84	0.84	-0.56	0.67	0.80	0.81	0.61	0.78	0.39	0.50
FAD	0.63	-0.84	1.00	-1.00	0.72	-0.85	-0.90	-0.91	-0.44	-0.62	-0.31	-0.20
DMS	-0.63	0.84	-1.00	1.00	-0.72	0.85	0.90	0.91	0.44	0.62	0.31	0.20
FND	0.47	-0.56	0.72	-0.72	1.00	-0.97	-0.78	-0.78	-0.44	-0.54	-0.54	0.02
RFV	-0.53	0.67	-0.85	0.85	-0.97	1.00	0.86	0.86	0.46	0.59	0.50	0.04
ENI	-0.63	0.80	-0.90	0.90	-0.78	0.86	1.00	0.98	0.53	0.71	0.43	0.33
ENg	-0.63	0.81	-0.91	0.91	-0.78	0.86	0.98	1.00	0.54	0.73	0.44	0.34
P	-0.28*	0.61	-0.44	0.44	-0.44	0.46	0.53	0.54	1.00	0.41	0.77	0.46
CA	-0.60	0.78	-0.62	0.62	-0.54	0.59	0.71	0.73	0.41	1.00	0.36	0.60
K	-0.22	0.39	-0.31	0.31	-0.54	0.50	0.43	0.44	0.77	0.36	1.00	0.37
Mg	-0.35	0.50	-0.20	0.20	0.02	0.04	0.33	0.34	0.46	0.60	0.37	1.00

(Valores en negrita son significativos al 0.01 de probabilidad y los señalados con asterisco son significativos al 0.05 de probabilidad).

(PD), valor alimenticio relativo (RFV), total de nutrientes digestibles (TDN) y energías (que se aglutinaron en el mismo lugar) y minerales (Figura 4.17. y Cuadro 4. 36.).

Lo anterior resulta lógico dado que conforme la planta crece se torna más fibrosa para dar mayor soporte a sus tallos y va reduciendo su calidad, con lo cual el primer componente pudiera tomarse como un factor que implica desarrollo o hábito de crecimiento y su relación con la calidad.

Lo antes mencionado puede reafirmarse al graficar los genotipos en el espacio generado por estos mismos componentes (Figura 4.18.). donde se aprecia que el rye grass Alamo mostró la mayor calidad y un hábito de crecimiento invernal, mientras que

Cuadro 4.36. Coeficientes de correlación de variables con los componentes, eigenvalores y varianza explicada para producción y calidad en el ciclo 1996-1997.

VARIABLE	CP 1	CP 2	CP 3
CORTE	-0.001	0.654	0.686
ETAPA	-0.027	0.268	-0.516
FV	-0.638	-0.675	-0.727
FS	-0.551	0.555	-0.575
PC	0.683	0.801	0.827
FAD	-0.756	0.771	0.886
DMS	0.756	-0.771	-0.886
FND	-0.698	0.884	-0.912
RFV	0.779	-0.911	0.916
ENI	0.822	-0.826	0.826
ENm	0.837	-0.842	0.842
ENg	0.836	-0.841	0.843
P	0.343	0.439	0.741
CA	0.671	0.743	0.746
K	0.148	-0.175	0.848
Mg	0.191	0.787	0.836
EIGENVAL.	8.738	2.205	1.669
VARIANZA	54.612	13.783	10.943
VARIANZA	54.612	68.394	78.826
ACUM. (%)			

la avena Coker 234 aún y cuando se comportó casi como invernal, sus parámetros de calidad la sitúan separada de todos los materiales, por su parte los triticales intermedios-invernales permanecen del lado inferior izquierdo con un mayor rendimiento de materia seca, mostrando también calidad comparable a la del rye grass.

Los materiales facultativos (genotipos 19, 43 y 78) aparecen separados por su calidad inferior a la de los intermedios-invernales y el segundo componente tiende a ligarlos a la avena, debido tal vez a que mostraron un patrón productivo similar, ya que si se toman en cuenta las características que aparecen en el Cuadro 4.37., el rendimiento de forraje en cada uno de los cortes es la principal característica que poseen de manera muy similar, ya que ambos rindieron un primer corte de alto rendimiento y un segundo de rendimiento bajo.

Entre los intermedios-invernales casi no existe diferencia entre un corte y otro, pero son de mayor producción cuando se comparan con el rye grass, quien mostró los RFV's más altos (182.09) y sin cambio significativo al pasar al segundo corte, mientras que en el resto de materiales tiende a disminuir al igual que los contenidos de PC, DMS, y las energías (ENI, ENg y ENm), en contraste con las fibras (FAD y FND) que tienden a aumentar de un corte a otro en la mayoría de los materiales excepto en el rye grass, por lo que se espera, como lo mencionan Núñez *et al.* (1997), que esta especie provoque diarreas mecánicas en el ganado con mayor probabilidad que las especies restantes, dados sus altos contenidos de proteína y bajas cantidades de fibra.

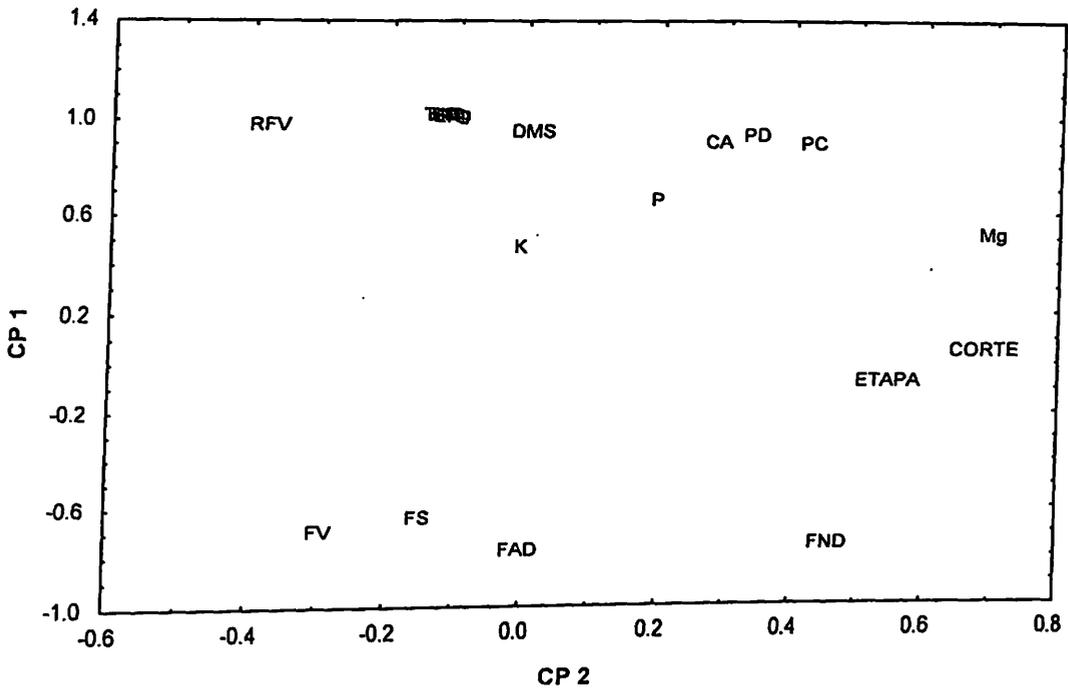


Figura 4.17. Relación entre variables de calidad y producción en el ciclo 1996-1997.

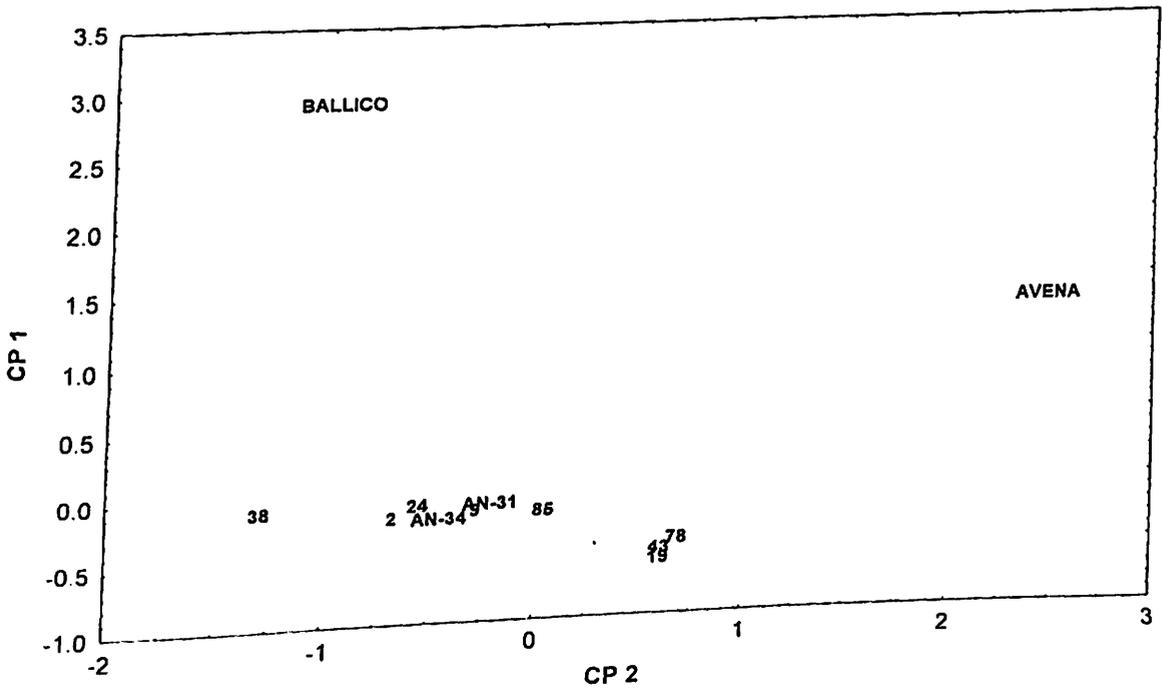


Figura 4.18. Agrupamiento de los genotipos en los primeros dos componentes principales para el ciclo 1996-1997.

Cuadro 4. 37. Características de producción y calidad por corte de los genotipos superiores y testigos durante el ciclo 1996-1997.

VARIABLE	FACULTATIVOS	INT-INV	RYE GRASS	AVENA
ETAPA 1	35	32	28	32
ETAPA 2	36	33	28	33
FSC 1	5.32	4.83	3.82	5.38
FSC 2	3.27	4.19	3.78	3.53
PC 1	22.11	22.16	22.33	22.91
PC 2	17.46	18.98	18.43	16.16
FAD 1	23.14	22.98	23.76	26.37
FAD 2	30.22	26.54	26.63	35.02
FND 1	46.39	43.66	36.02	43.88
FND 2	50.84	46.51	36.34	56.12
RFV 1	143.55	151.54	182.09	145.52
RFV 2	122.26	137.07	182.10	102.13
DMS 1	70.87	71.01	70.39	68.36
DMS 2	65.37	68.22	68.15	61.61
ENI 1	1.57	1.57	1.74	1.67
ENI 2	1.52	1.54	1.66	1.44
ENg 1	1.00	1.00	1.19	1.11
ENg 2	0.94	0.97	1.10	0.84
ENm 1	1.60	1.60	1.82	1.73
ENm 2	1.53	1.57	1.72	1.42

De el cuadro anterior se desprenden aspectos importantes con respecto a las distinta especies utilizadas: la avena es quien menos mantiene su calidad, ya que al pasar de un corte a otro disminuye fuertemente sus contenidos de proteína y aumenta mucho sus fibras de tal manera que deja de ser considerado un forraje de alta calidad de acuerdo con Herrera (1998) y con base en Hutjens (1997) de ser considerado un forraje deseable para vacas a la mitad de la lactancia pasa a ser deseable para vacas al final de la lactancia o vacas secas (que es su uso actual), esto con base en su RFV, en tanto que el rye grass por su RFV se considera apto para vacas al inicio de lactancia y se cataloga como forraje de alta calidad.

Con base en los criterios de ambos autores, los dos tipos de triticales son considerados de alta calidad y apropiados para vacas a la mitad de lactancia. De tal manera que los triticales poseen la ventaja de una mayor producción que el rye grass en ambos cortes, por lo que su utilización en la época invernal resulta una opción viable, sobre todo en las áreas donde el rye grass está siendo desplazado, pudiendo ser reemplazado con algunos de los tipos aquí presentados, que pueden adaptarse a las condiciones de manejo que el productor utilice.

Durante el ciclo 97-98 se evaluó el valor nutritivo de 30 triticales cultivados en dos localidades de La Laguna y a través de dos cortes de forraje, manteniéndose las mismas relaciones entre las variables productivas y de calidad discutidas en el ciclo anterior (más forraje = más fibras y menos calidad conforme se avanza en etapa y cortes).

En el Cuadro 4.38. aparecen las correlaciones entre pares de variables y permite apreciar que no existió significancia en las correlaciones entre producción de forraje seco y contenidos de potasio y fósforo, ni entre el contenido de calcio y magnesio. Reportándose como significativa la correlación entre la producción de forraje seco y el contenido de magnesio y altamente significativas todas las restantes.

Resaltan por su magnitud las correlaciones entre las fibras y contenido de PC, DMS, RFV y energías que resultaron negativas al igual que en el ciclo anterior, manteniéndose aquellas positivas reportadas entre las energías y las de éstas con la DMS, RFV y PC; y esta última se correlacionó positivamente con P, Ca y K.

Cuadro 4.38. Correlaciones por rangos de Spearman (1904) para las variables de producción y calidad en el ciclo 1997-1998.

	FS	PC	FAD	DMS	FND	RFV	ENI	ENg	P	CA	K	Mg
FS	1.00	-0.40	0.61	-0.61	0.61	-0.62	-0.61	-0.59	-0.10	-0.67	-0.05	0.21*
PC	-0.40	1.00	-0.84	0.84	-0.87	0.88	0.85	0.80	0.87	0.74	0.83	-0.30
FAD	0.61	-0.84	1.0	-1.0	0.95	-0.97	-0.98	-0.98	-0.61	-0.75	-0.50	0.37
DMS	-0.61	0.84	-1.0	1.0	-0.95	0.97	0.98	0.98	0.61	0.74	0.50	-0.37
FND	0.61	-0.87	0.95	-0.95	1.00	-0.99	-0.94	-0.92	-0.63	-0.82	-0.53	0.39
RFV	-0.62	0.88	-0.97	0.97	-0.99	1.00	0.96	0.94	0.63	0.81	0.52	-0.39
ENI	-0.61	0.85	-0.98	0.98	-0.94	0.96	1.00	0.94	0.64	0.75	0.54	-0.39
ENg	-0.59	0.80	-0.98	0.98	-0.92	0.94	0.94	1.00	0.85	0.69	0.47	-0.39
P	-0.10	0.87	-0.61	0.61	-0.63	0.63	0.64	0.58	1.00	0.42	0.96	-0.30
CA	-0.67	0.74	-0.75	0.74	-0.82	0.81	0.75	0.69	0.42	1.00	0.35	-0.14
K	-0.05	0.83	-0.50	0.50	-0.53	0.52	0.54	0.47	0.96	0.35	1.00	-0.30
Mg	0.21*	-0.30	0.37	-0.37	0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.30	-0.14	-0.30	1.00

(Valores en negrita son significativos al 0.01 de probabilidad y los señalados con asterisco son significativos al 0.05 de probabilidad).

El análisis de componentes principales mostró la misma relación entre las variables y con los componentes discutida en el ciclo anterior y el análisis de conglomerados reportó que el grupo de facultativos se conformó con los tratamientos 1, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 27, 28, 29 y 30, en tanto los intermedios invernales quedó determinado por el 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, AN-31, 20, 21,22, 23, 24, 25 y 26, tal como se aprecia en la Figura 4.19., donde aparecen las distancias existentes entre los genotipos, de tal manera que a menor distancia entre ellos más parecidos serán, de forma tal que todos aquellos similares entre si aparecen unidos formando grupos uniformes y en la Figura 4.20. se ubica a los facultativos del lado izquierdo, y a los intermedios del lado derecho.

En dicha figura realmente aparecen más de dos grupos, sin embargo, la prueba de  $T^2$  solamente declaró significativamente diferentes a los grupos arriba definidos, de tal manera que los “subgrupos” encontrados dentro de los facultativos e intermedios-invernales no poseen diferencias significativas para declararlos como grupos de diferente hábito de crecimiento y calidad; ya que como se puede observar en el Cuadro 4.39., los patrones de producción para ambos grupos permanecen bien definidos, de tal manera que los facultativos rinden un excelente primer corte y disminuyen su producción hacia el segundo, mientras que los intermedios-invernales presentan ambos cortes de una misma magnitud.

Los facultativos poseen más fibras que los intermedios-invernales dado que normalmente se encuentran en etapas mas avanzadas cuando se realizan los cortes y por

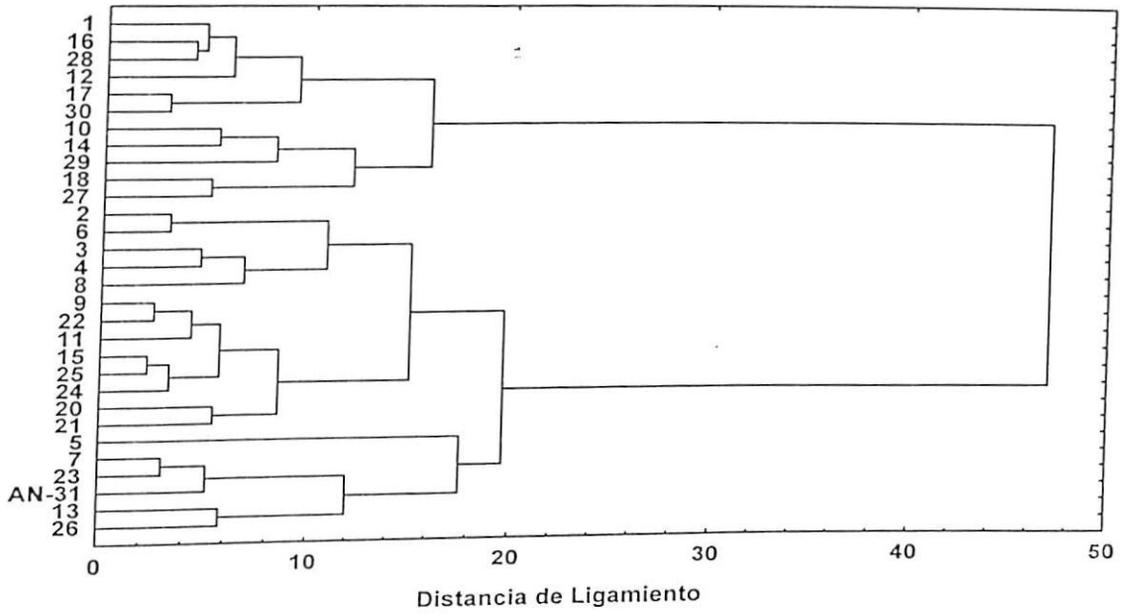


Figura 4.19. Agrupamiento de los genotipos con base en sus características de calidad y producción durante el ciclo 1997-1998.

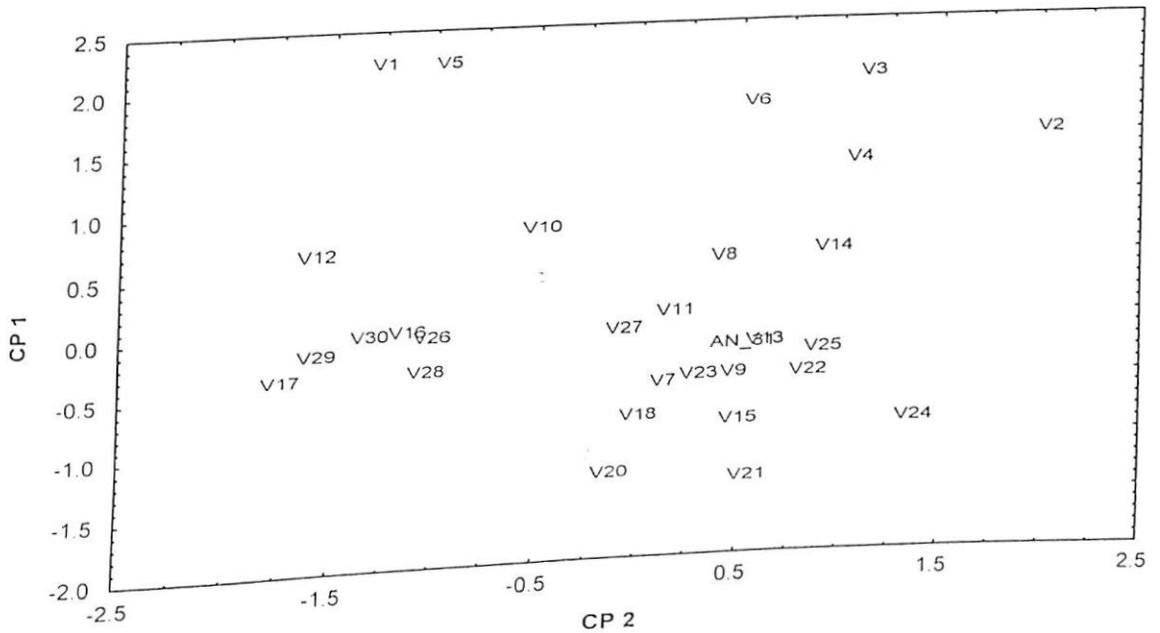


Figura 4. 20. Genotipos con base en los primeros dos componentes principales en el ciclo 1997-1998.

lo mismo presentan menor cantidad de proteína cruda y menores RFV's aunque con energías similares.

Esto se confirmó con los análisis de valor nutritivo realizados a ambos grupos durante el ciclo 98-99, extendiéndose la exploración a tres cortes en dos ambientes de La Laguna (Ranchos Ampuero y Las Vegas), donde se determinó además los contenidos de lignina y contenido de nitratos (Cuadro 4.40.), mostrando que los facultativos por su crecimiento más rápido tienden a lignificarse más que los intermedios-invernales, aunque dentro de márgenes aceptables, mientras ambos mantienen un patrón similar en la asimilación de nitratos, sin llegar a causar toxicidad en ninguno de los tres cortes.

Las correlaciones mostraron el mismo comportamiento de los ciclos anteriores (mas fibras = menos calidad), reportándose alta significancia en casi todas excepto en aquellas de el forraje seco y contenido de magnesio con el resto de variables y entre el K y Ca que no obtuvieron significancia, en tanto que las correlaciones del P con FND, y ENI resultaron significativas, tal como aparece en el Cuadro 4.41.

El Cuadro 4.40. permite sugerir que los triticales pueden incluso proporcionar tres cortes de buena calidad y energéticos, sin problemas de nitratos y lignina, aunque el tercer corte tendría la desventaja de poseer menos del 18 por ciento de proteína que algunos productores buscan en sus forrajes. Sin embargo, se ha visto en los ciclos anteriores que comparada con la avena, proporcionan mayor calidad y producción, con la ventaja adicional de tolerar mejor las condiciones adversas y poseer mayor resistencia a enfermedades y heladas, con lo que se obtiene una mayor seguridad de la producción.

Cuadro 4. 39. Características de producción y calidad por corte de los genotipos superiores durante el ciclo 1997-1998

VARIABLE	FACULTATIVOS	INT-INV.
ETAPA 1	35	32
ETAPA 2	47	43
FSC 1	6.20	5.54
FSC 2	4.97	5.72
PC 1	14.32	16.69
PC 2	10.27	11.64
FAD 1	26.83	25.67
FAD 2	34.02	31.60
FND 1	47.33	45.44
FND 2	61.09	59.12
RFV 1	134.42	141.48
RFV 2	95.41	101.64
DMS 1	67.94	68.86
DMS 2	62.40	64.28
ENI 1	1.54	1.55
ENI 2	1.49	1.51
ENg 1	0.97	0.96
ENg 2	0.93	0.90
ENm 1	1.51	1.49
ENm 2	1.57	1.56

Cuadro 4. 40. Características selectas de calidad por corte de los genotipos superiores durante el ciclo 1998-1999.

VARIABLE	FACULTATIVOS	INT-INV.
LIGNINA 2	3.57	3.31
LIGNINA 3	4.21	3.69
NITRATOS 1	5282.00	6608.00
NITRATOS 2	2962.00	3180.33
NITRATOS 3	4981.00	5154.83
PC 1	19.75	20.37
PC 2	20.07	20.15
PC 3	15.91	16.83
FAD 1	27.32	27.33
FAD 2	25.59	25.71
FAD 3	31.30	30.20
FND 1	47.78	47.39
FND 2	48.85	48.95
FND 3	56.58	53.39
DMS 1	67.62	67.61
DMS 2	68.96	68.87
DMS 3	64.51	63.87
ENI 1	1.54	1.54
ENI 2	1.55	1.55
ENI 3	1.51	1.52
ENg 1	0.96	0.96
ENg 2	0.98	0.98
ENg 3	0.93	0.94

Cuadro 4.41. Correlaciones por rangos de Spearman para las variables de producción y calidad en el ciclo 1998-1999.

	FS	PC	FAD	DMS	FND	RFV	ENI	ENg	P	CA	K	Mg
FS	1.00	-0.28	0.33	-0.33	.32	-.33	-0.35	-0.39	-0.38	-0.29	-0.32	-0.14
PC	<b>-0.28</b>	1.00	<b>-0.96</b>	<b>0.96</b>	<b>-0.94</b>	<b>0.95</b>	<b>0.93</b>	<b>0.97</b>	<b>0.60</b>	<b>0.76</b>	<b>0.77</b>	<b>0.05</b>
FA	<b>0.33</b>	<b>-0.96</b>	1.00	-1.00	<b>0.97</b>	<b>-0.98</b>	<b>-0.95</b>	<b>-0.97</b>	<b>-0.58</b>	<b>-0.71</b>	<b>-0.80</b>	<b>0.09</b>
DM	<b>-0.33</b>	<b>0.96</b>	<b>-1.00</b>	1.00	<b>-0.97</b>	<b>0.98</b>	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>	<b>0.58</b>	<b>0.71</b>	<b>0.80</b>	<b>-0.09</b>
FN	<b>0.32</b>	<b>-0.94</b>	<b>0.97</b>	<b>-0.97</b>	1.00	<b>-1.00</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.96</b>	<b>-0.48</b>	<b>-0.78</b>	<b>-0.75</b>	<b>0.18</b>
RF	<b>-0.33</b>	<b>0.95</b>	<b>-0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>-1.00</b>	1.00	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>	<b>0.51</b>	<b>0.77</b>	<b>0.78</b>	<b>-0.15</b>
ENI	<b>-0.35</b>	<b>0.93</b>	<b>-0.95</b>	<b>0.95</b>	<b>-0.94</b>	<b>0.95</b>	1.00	<b>0.93</b>	<b>0.50</b>	<b>0.74</b>	<b>0.80</b>	<b>-0.06</b>
ENg	<b>-0.39</b>	<b>0.97</b>	<b>-0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>-0.96</b>	<b>0.97</b>	<b>0.93</b>	1.00	<b>0.58</b>	<b>0.77</b>	<b>0.78</b>	<b>-0.001</b>
P	<b>-0.38</b>	<b>0.60</b>	<b>-0.58</b>	<b>0.58</b>	<b>-0.48</b>	<b>0.51</b>	<b>0.50</b>	<b>0.58</b>	1.00	<b>0.08</b>	<b>0.59</b>	<b>0.36</b>
CA	<b>-0.29</b>	<b>0.76</b>	<b>-0.71</b>	<b>0.71</b>	<b>-0.78</b>	<b>0.77</b>	<b>0.74</b>	<b>0.77</b>	<b>0.08</b>	1.00	<b>0.41</b>	<b>-0.09</b>
K	<b>-0.32</b>	<b>0.77</b>	<b>-0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>-0.75</b>	<b>0.78</b>	<b>0.80</b>	<b>0.78</b>	<b>0.59</b>	<b>0.41</b>	1.00	<b>-0.08</b>
Mg	<b>-0.14</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.18</b>	<b>-0.15</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.001</b>	<b>0.36</b>	<b>-0.09</b>	<b>-0.08</b>	1.00

(Valores en negrita son significativos al 0.01 de probabilidad).

Lo anteriormente expresado es de primordial importancia sobre todo cuando se considera que el Norte del país se caracteriza por la alta frecuencia de heladas durante la época invernal, de tal forma que en algunas regiones la avena inclusive llega a morir.

El mismo Cuadro 4.40. permite apreciar al compararlo con los similares de los ciclos anteriores que la proteína cruda es muy variable entre los ciclos de cultivo, indicando con ello que dicha variable es altamente influenciada por los años, aunque no es posible separar sus efectos del manejo que se aplicó, ni del efecto de variables climáticas que ocurrieron en dichos ciclos.

Esto se ve reflejado en las relaciones encontradas entre la etapa del cultivo según la escala de Zadoks *et al.* (1974) y las variables selectas de valor nutritivo de los diferentes materiales que se evaluaron a través de los ciclos, así en el caso de esta variable se encontró un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) bajo en comparación con las otras variables, tal como aparece en el Cuadro 4.42.

Aún y cuando se buscó una respuesta polinomial alta para esta variable (del quinto grado), que biológicamente no fue la adecuada, pues la relación encontrada no fue satisfactoria, aunado a su baja  $R^2$ , de tal manera que se trató de explicar con una respuesta lineal con un 13 por ciento menos de ajuste, que permite visualizar que un contenido mínimo de 18 por ciento de proteína cruda puede obtenerse cuando los cortes se realizan antes de la etapa de embuche, por lo que si se desea asegurar este porcentaje de proteína probablemente la etapa 3.6 y 3.7 (detección del sexto nudo y hoja bandera apenas visible respectivamente), serían las adecuadas, tal como se puede apreciar en la Figura 4.21.

La fibra ácido detergente (FAD), mostró una respuesta cuadrática, con una  $R^2 = 0.5078$  (Cuadro 4.42), y la Figura 4.22. permite observar que valores menores del 35 por ciento se pueden obtener cuando se realiza el corte de forraje en la etapa de grano lechoso o cuando el grano se encuentra en la madurez acuosa (7 o 7.4). Por su parte la FND mostró la  $R^2$  mas alta de todas las variables y con una respuesta lineal, por lo que pudiera utilizarse más efectivamente que la FAD para predecir los RFV's, y la Figura 4.23. permite observar que valores adecuados de este parámetro se obtienen cuando el cultivo se encuentra en etapas anteriores al embuche (etapa 4).

Cuadro 4.42. Respuesta y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las variables de calidad a las etapas de desarrollo del cultivo a través de los ciclos.

VARIABLE	RESPUESTA	$R^2$
% PC	LINEAL**	0.4285
% FAD	CUADRÁTICA**	0.5078
% FND	LINEAL**	0.7297
RFV	CUADRÁTICA**	0.7281
ENI	CUADRÁTICA**	0.4862

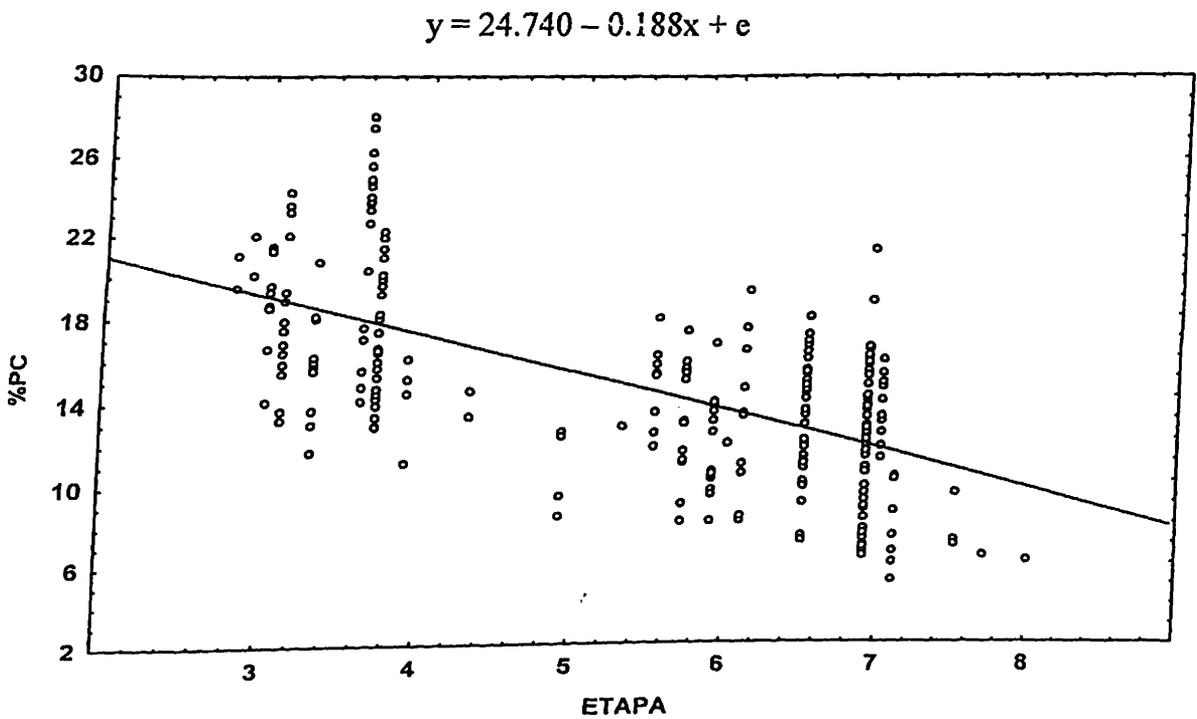


Figura 4.21. Respuesta de la proteína cruda a las etapas fenológicas a través de ciclos.

El RFV obtuvo también un buen grado de ajuste del modelo cuando se buscó una respuesta cuadrática (Cuadro 4.42.), de tal manera que en la Figura 4.24. se aprecia que hasta antes de embuche (etapa 4) se pueden obtener valores superiores al 120, que según Hutjens (1997), pueden asignarse a vacas a la mitad de lactancia o vacas secas, aunque con base en sus altos contenidos energéticos (Figura 4.25), pudiera recomendarse para vacas en producción, mas que para vacas secas.

Atendiendo a los resultados globales de valor nutritivo de esta especie, se confirma la aseveración de Núñez *et al.* (1997), en el sentido de que el factor más importante que afecta el valor nutritivo de los cereales de invierno es el estado de madurez, difiriendo en el aspecto de que la avena y el rye grass sean las mejores opciones para producción de forraje durante la época invernal, ya que el triticale puede superarlos.

Una desventaja adicional del rye grass mencionada por estos autores es que la concentración moderada de fibra, su digestibilidad y velocidad de paso por el tracto digestivo del ganado puede provocar diarreas mecánicas.

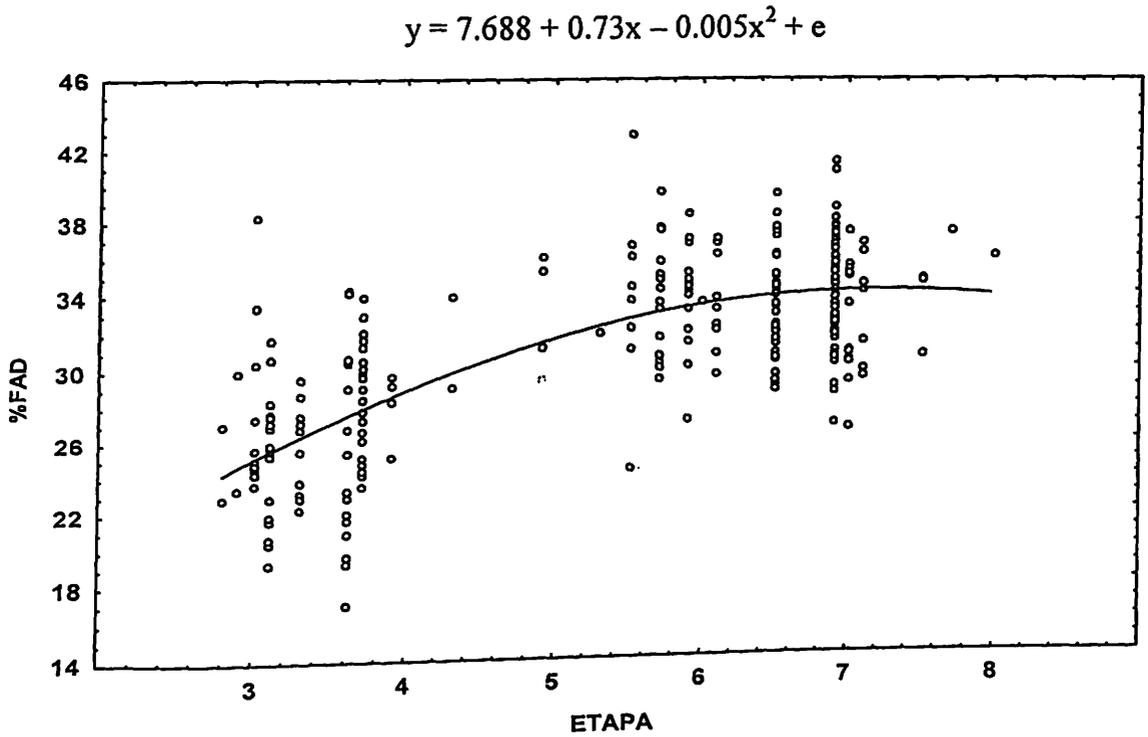


Figura 4.22. Respuesta de la FAD a las etapas fenológicas a través de ciclos.

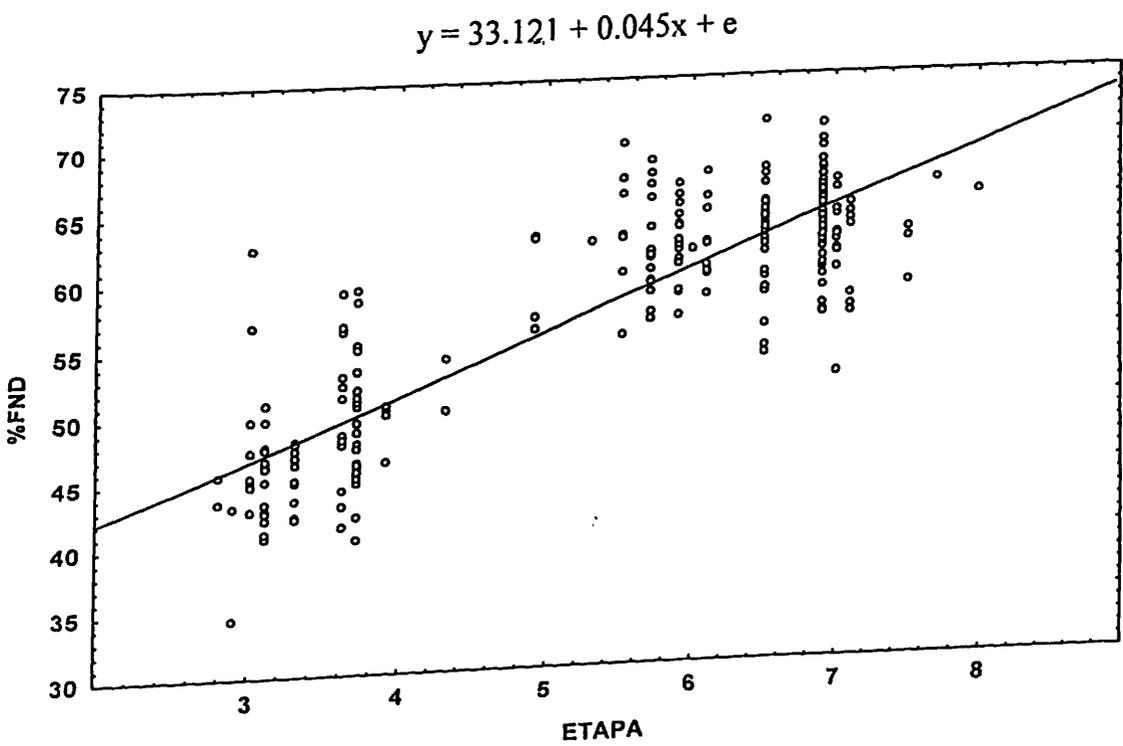


Figura 4.23. Respuesta de la FND a las etapas fenológicas a través de ciclos.

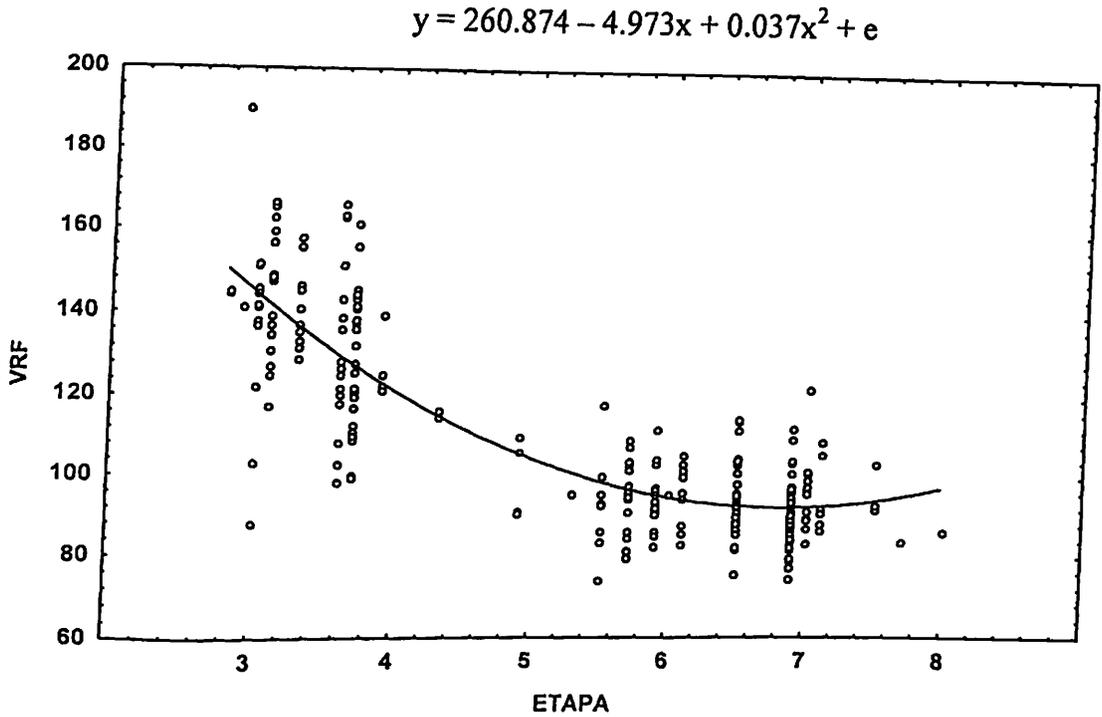


Figura 4.24. Respuesta del RfV a las etapas fenológicas a través de ciclos.

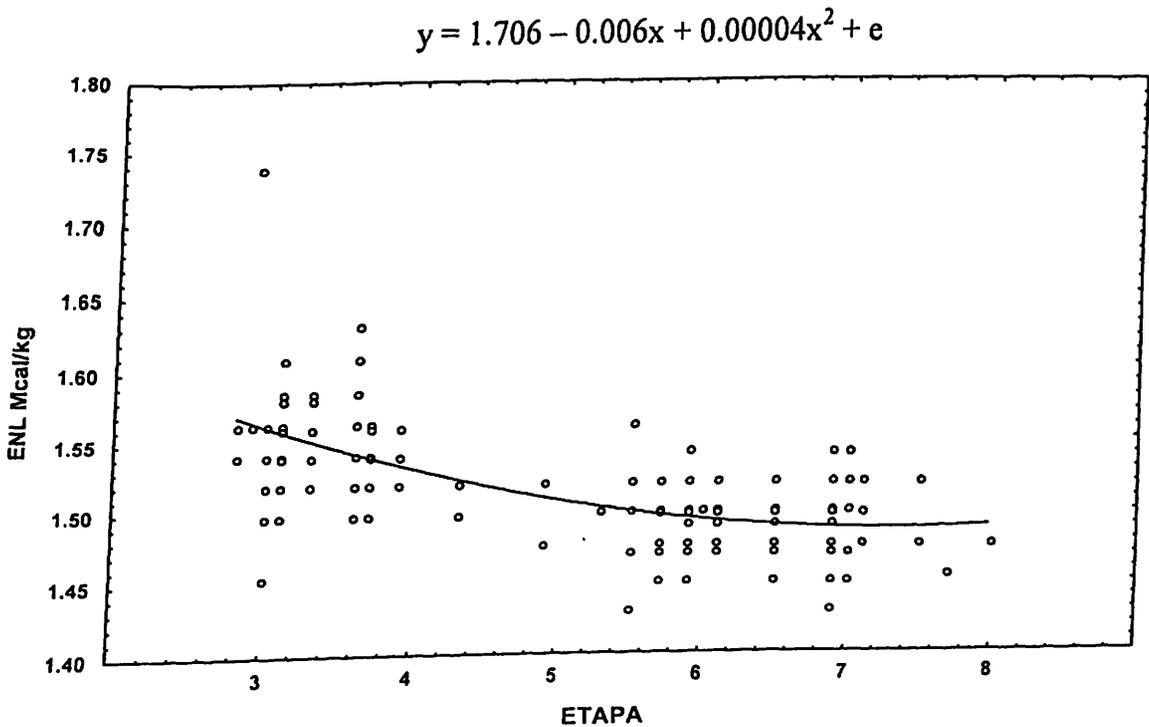


Figura 4.25. Respuesta de la ENI a las etapas fenológicas a través de ciclos.

Toda la información antes vertida en este capítulo permite cuantificar de forma objetiva a los materiales, con el fin de que los futuros trabajos de desarrollo de germoplasma forrajero en esta especie cumplan o superen los parámetros medios mostrados por los distintos tipos.

Así para los triticales de hábito facultativo que se desarrollen pensando en las condiciones imperantes en el Norte del país deberán de mostrar en el primer corte una producción mínima de 5.76 ton/ha de forraje seco, 18.21 por ciento de PC, alrededor del 24.98 y 46.86 por ciento de FAD y FND respectivamente con 1.55 Mcal/kg de ENI y para el segundo corte 4.12 ton/ha de forraje seco, 13.86 por ciento de PC, porcentajes de 32.12 de FAD, 54.98 de FND y 1.50 Mcal/kg de ENI.

En tanto para los intermedios-invernales, para el primer corte la producción de forraje seco deberá de ser al menos de 5.18 ton/ha, con 19.42 por ciento de PC, 24.32 por ciento, 45.49 por ciento y 1.56 Mcal/kg de FAD, FND y ENI respectivamente y para el segundo corte valores de 4.95 ton/ha de forraje seco, porcentajes de 15.31 de PC, 29.07 de FAD, 52.81 de FND y 1.52 Mcal/kg de ENI. Estos valores se determinaron en base a la producción promedio obtenida en todos los ciclos de cultivo y en la calidad del forraje determinada como promedio de los grupos en los tres ciclos que se evaluó este aspecto.

Por su parte algunos materiales primaverales como la variedad Eronga 83 para producción de grano han mostrado características aceptables en el área de La Laguna donde produce alrededor de 5.61 ton/ha de forraje seco, 20.45 por ciento de proteína,

porcentajes de 25.82 de FAD, 46.32 de FND y 1.54 Mcal/kg de ENI, compitiendo con la avena Cuauhtémoc que en promedio para la misma región produce 6.12 ton/ha, con 16.43 por ciento de proteína cruda, 31.45 por ciento de FAD, 46.32 por ciento de FND y 1.54 Mcal/kg de ENI, pero que se muestra inconsistente para otras regiones, sumándose a lo anterior su baja tolerancia a heladas, por lo que en algunas regiones de Chihuahua y Navidad, N.L. llega incluso a morir.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este estudio y a los objetivos planteados se concluye:

Los métodos multivariados permiten realizar un buen agrupamiento y son una herramienta de selección eficiente de los genotipos, considerando que normalmente el factor más importante detectado por el análisis de componentes principales fue el aspecto de producción, sobre el cual el investigador normalmente basa su selección, con la ventaja adicional de que las técnicas multivariadas involucran otras variables de interés que normalmente el investigador analiza aisladamente y luego trata de integrar por medio de su intuición. Así también identificaron las relaciones entre las variables estudiadas.

Dentro de los métodos de análisis de conglomerados es preferible el de Ward (1963), dado que separa más efectivamente los grupos que la técnica de k-medias, disminuyendo la variabilidad dentro de los grupos que conforma.

Existen suficientes materiales de triticale forrajero que representan una buena opción para disponer de forraje en la época mas crítica del invierno, cuando el rye grass y avena presentan su período de lento crecimiento.

Dentro de los tipos de triticales evaluados, los facultativos y los intermedios-invernales aquí detectados, poseen las mejores características de producción y calidad cuando se comparan con triticales primaverales o invernales y aún cuando se comparan con las especies tradicionales como avena y rye grass. De tal forma que si se requieren materiales para un solo corte, los tratamientos 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 16, 17, 18 y 19 representan la mejor opción, por contraparte si se requieren para cortes múltiples o pastoreo, los tratamientos 1, 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15 y 20 serán tan recomendables como las variedades comerciales AN-31 y AN-34.

El factor determinante de la calidad en esta especie es la etapa fenológica, de tal manera que si se desea obtener forraje de alto valor nutritivo con este cereal se debe cosechar en la etapa de embuche, dado que en etapas posteriores se incrementará la producción de forraje pero decrecerá la calidad.

La caracterización cuantitativa de los tipos de triticales ofrece al fitomejorador una guía más objetiva en la selección de genotipos forrajeros para propósitos específicos (un corte, cortes múltiples o pastoreos), estableciendo valores mínimos que deben reunir los nuevos genotipos en futuras investigaciones.

La estabilidad mostrada por los materiales fue la esperada, dada la metodología utilizada para seleccionarlos (análisis de componentes principales), que se encuentra involucrada en el modelo AMMI y a su patrón de producción, de tal forma que el análisis segmentado (por corte) es recomendable para una clasificación más fidedigna de los materiales forrajeros.

De los métodos usados para estimar la estabilidad, resultó mejor el AMMI con base en el tratamiento que da a la interacción, la proporción explicada y la excelente separación de los tipos de triticales evaluados.

## RESUMEN

Con el fin de agrupar y seleccionar genotipos forrajeros, diez ensayos de 64 genotipos se evaluaron durante 1995-1996, utilizando el diseño Alfa-Látice, se seleccionaron cincuenta líneas mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados (AC), y se evaluaron durante 1996-1997 en Navidad, N.L., Zaragoza, La Laguna y rancho El Aguatoche, Coah., junto con testigos como Rye Grass Alamo y Avena Coker, determinándose parámetros de valor nutritivo de algunas de ellas; las mejores veinte líneas se evaluaron con los testigos AN-31 y AN-34 en dos fechas en Saltaiches Chihuahua y en Zaragoza, Coah., durante 1997-1998 y durante 1998-1999 y 1999-2000 en cuatro localidades, con el fin de estimar su estabilidad y valor nutritivo de algunas de ellas. En todos los ciclos se realizaron análisis de varianza por cortes en cada localidad, análisis combinado sobre localidades para cada corte y un análisis global considerando los cortes, localidades y genotipos, y al final un análisis de estabilidad para cada corte y considerando ambos cortes, bajo dos metodologías.

Los análisis mostraron que existió suficiente evidencia para proponer un grupo más (Intermedio-Invernal), con características propias que lo diferencian de los primaverales, facultativos e invernales, así mismo demostró que el método de Ward (1963), resultó más eficiente que el K-medias para agrupar los genotipos. La estabilidad considerando ambos cortes en el modelo de Eberhart y Russell (1963) mostró que todas

las líneas poseen buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes, en tanto el AMMI clasificó como estables a los tratamientos 9, 11 y 4 este último de mejor respuesta en ambientes desfavorables.

Cuando se analizó el primer corte, la variedad 4 mostró mejor respuesta en buenos ambientes e inconsistente y la línea 13 se comportó como de respuesta mejor en los ambientes desfavorables e inconsistente, mientras que el resto de las líneas se calificaron como de buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistentes según la metodología de Eberhart y Russell (1963), en tanto que el AMMI consideró a los tratamientos 3, 5 10 14 y 20 como estables.

Al analizar el segundo corte, casi todas las líneas manifestaron el comportamiento antes señalado por el Eberhart y Russell (1963) excepto la línea 12 que mostró mejor respuesta a los buenos ambientes e inconsistente. Por su parte el AMMI consideró estables a los tratamientos 20, 7, 13, 12, 2, AN- 34 y 5 y además en las tres situaciones separó efectivamente a los tipos de triticales por lo cual se consideró como mejor que el de Eberhart y Russell (1963).

En el valor nutritivo, se determinó que la etapa de cosecha afecta fuertemente la calidad del forraje, concluyéndose que si se desea obtener forraje de alto valor nutritivo la etapa ideal es el embuche, ya que en etapas posteriores la calidad tiende a declinar aunque sin mostrar problemas con los contenidos de lignina. No se encontraron problemas con los contenidos de nitratos, por lo que representan una excelente opción

para la producción de forraje invernal, existiendo variedades útiles para los diferentes tipos de explotación que se requiera, superando en producción inclusive a la avena y al rye grass.

Para los facultativos se determinó que su producción de forraje seco es alrededor de las 5.76 y 4.12 ton/ha para los cortes 1 y 2 respectivamente, con porcentajes de PC, FAD y FND de 18.21 y 13.86, 24.98 y 32.12, 46.86 y 54.98 respectivamente en el primer y segundo corte, con ENI's de 1.55 y 1.50 Mcal/kg. A este tipo pertenecen los tratamientos 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 16, 17, 18 y 19. En tanto los intermedios-invernales mostraron producciones de 5.18 y 4.95 ton/ha al pasar de un corte a otro, con 19.42 y 15.31 por ciento de PC, FAD de 24.32 y 29.07 por ciento y FND de 45.49 y 54.98 por ciento, 1.56 y 1.52 Mcal/kg de ENI en dichos cortes. Este grupo fue conformado por los tratamientos 1, 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 20 y las variedades comerciales AN-31 y AN-34.

## LITERATURA CITADA

- Abdalla, O.S., J. Crossa, E. Autrique and I.H. De Lacy. 1996. Relationships among international testing sites of spring durum wheat. *Crop Sci.* 36:33-40.
- Abou-El-Fittouh, H.A., J.O. Rawlings and P.A. Miller. 1969. Classification of environments to control genotype by environmental interactions with application to cotton. *Crop Sci.* 9:135-140.
- Autrique, E., E. Nachit, M.M. Monneveux, S.D. Tanksley and M.E. Sorrells. 1996. Genetic diversity in durum wheat based on RFLP's morphophysiological traits and coefficient of parentage. *Crop Sci.* 36:735-742.
- Barreto, H.J., G.O. Edmeades, S.C. Chapman y J. Crossa. 1993. El diseño Alfa-Látice en fitomejoramiento y agronomía: Generación y Análisis. Síntesis de resultados experimentales del PRM 1992. Vol. 4, pp 273-283.
- Bartlett, M.S. 1937. Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. *J. Roy. Stat. Soc. Suppl.* 4: 137-183.
- Batista, D.J. and M.J. de O. Zimmermann. 1995. Correlation among yield stability parameters in common bean. *Crop Sci.* 35: 905-912.
- Belaid, A. 1994. Nutritive and economic value of triticale as a feed grain for poultry. CIMMYT economics working paper 94-01. México, D.F.: CIMMYT.
- Bishnoi, U.R., P. Chitapong, J. Hughes and J. Nishimuta. 1978. Quantity and quality of triticale and other small grain silages. *Agron J.* 70 (3): 439-441.
- \_\_\_\_\_ and J.L. Hughes. 1979. Agronomic performance and protein content of fall planted triticale, wheat and rye. *Agron. J.* 71 (2): 359-360.
- Brown, A.R. and A. Almodares. 1976. Quantity and quality of triticale and other small grain forages. *Disertation abstracts international, B. (Sciences and Engineering).* 46 (10): 3270.
- Brzoska, F., E. Pasięka, H. Zywczoł, K. Sala and A. Necchay. 1980. Feeding value of green feed and quality and feeding value of silage from triticale. *Roczniki Naukowe Zootechniki.* 7 (2): 201-212.

- Burke, G.L. 1986. Quantity and quality of triticale and other small grain forages. .  
Disertation Abstracts International (Sciences and Engineering). 46 (10): 3270.
- Campo Agrícola Experimental de Zaragoza. 1985. Publicación especial No. 5. Resumen  
día del agricultor. CEZAR Coahuila. SARH-INIFAP. México.
- Candelas, P.R. 1988. Evaluación de líneas forrajeras de triticale (X Triticosecale  
Wittmack) de hábito primaveral en dos ambientes del norte de México. Tesis  
Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Carballo, C.A. y S.F. Márquez. 1970. Comparación de variedades de maíz de el Bajío y  
de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 1:129-146.
- Castro, A.L. 1976. Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales evaluados en  
diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis Maestría. Colegio de  
Postgraduados. Chapingo, México.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1976. Trigo x centeno = triticale.  
El CIMMYT hoy. N0. 5. 16p. El Batán, Texcoco, México.
- Ciha, A.J. 1983. Forage production of triticale relative to other spring grains. *Agro. J.*  
75(4): 610-613.
- Clark, E.A., G. St. Jean. 1984. Spring sown winter cereals and annual rye grass. Dep. Of  
Crop Sci., Guelph Univ. Canadá. Forage Notes. 28: 54-59.
- Clausen, A.M. and D.M. Spooner. 1998. Molecular support for the hibryd origin of the  
wild potato species solanum x rechei. *Crop Sci.* 38: 858-865.
- Coletta, F.H.D., M.A. Machado, M.L.P.N. Targon, P.L.P.Q.D.G. Marcira and J. Pompeu  
Jr. 1998. Analysis of the genetic diversity among mandrins (*Citrus spp.*) Using  
RAPD markers. *Euphytica*. 102: 133-139.
- Contreras, G.F.E. 1991. Efecto de tres densidades de carga sobre la producción de  
forraje, valor nutritivo y recuperación de una pradera de triticale (X Triticosecale  
Wittmack).
- Crossa, J., H.G. Gauch Jr., and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and  
multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop  
Sci.* 30: 493-500.
- Ebdon, J.S., A.M. Petrovic, and R.W. Zobel. 1998. Stability of evapotranspiration rates  
in Kentucky Bluegrass cultivars across low and high evaporative environments.  
*Crop Sci.* 38: 135-142.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties.  
*Crop Sci.* 6:36-40.

- Escobar, H.A. 1987. Efecto de tres sistemas de corte en la producción de tres cereales forrajeros en condiciones de riego. Tesis Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Ferguson, M.E., L.D. Robertson, B.U. Ford-Lloyd, H.J. Newbury and N. Maxted. 1998. Contrasting genetic variation among lentil landraces for different geographical origins. *Euphytica*. 102: 265-273.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 1997. Oportunidades de desarrollo de la lechería en México. Boletín Informativo. Vol. XXIX. No.294. Morelia, Michoacán, México. 36p.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- Fisher, R.A. 1918. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. *Transactions of the royal Society of Edimburgh.* 52: 399-433.
- Franco, J.E., J. Crossa, J. Díaz, S. Taba, J. Villaseñor and S.A. Eberhart. 1997a. A sequential clustering strategy for classifying genebank accessions. *Crop Sci.* 37: 1656-1662.
- \_\_\_\_\_. 1997b. Classifying Mexican maize accessions using hierarchical and density search methods. *Crop Sci.* 37: 972-980.
- \_\_\_\_\_, J. Villaseñor, S. Taba and S.A. Eberhart. 1998. Classifying genetic resources by categorical and continuous variables. *Crop Sci.* 38: 1688-1696.
- Fraustro, S.R.E. 1992. Evaluación de líneas avanzadas forrajeras de triticale (X: Triticosecale Wittmack) de hábito intermedio e invernial en Buenavista, Coahuila, México. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Frensham, A.B., A.R. Barr, B.R. Cullis and S.D. Pelham. 1998. A mixed model analysis of 10 years of oat evaluation data: use of agronomic information to explain genotype by environment interaction. *Euphytica*. 99: 43-56.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen (para adaptarlo a las condiciones de la Rep. Mexicana). 4ª. Ed. UNAM. Instituto de Geografía. México. 217 pp.
- Gauch, H.G. 1987. MATMODEL. Microcomputer Power, Ithaca, N.Y.
- Gayosso, G. J.B.E. 1989. Rendimiento y calidad de forraje en triticale de hábito intermedio en tres ambientes del norte de México. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. México.

- Gizlice, Z., T.E. Carter Jr., and J.W. Burton. 1993. Genetic diversity in North American soybean. I. Multivariate analysis of founding stock on relation to coefficient of parentage. *Crop Sci.* 33: 614-620.
- Hadjipanayiotou, M., S. Economides and E. Geroghiades. 1985. Nutritive value of triticale and barley grain and straw. Technical Bulletin. Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources. Cyprus. No.65. 5 p.
- Hanson, H., N.E. Borlaug y R.G. Anderson. 1985. Trigo en el tercer mundo. CIMMYT. México, D.F. 166 pp.
- Heinemann, W.W. 1986. Whole crop barley, con and triticale silage in steer growing and finishing diets. Research Bulletin. Agriculture Research Center, Washington State University. No. XB 0976. 7p.
- Hernández, M..A. 1978. Potencial forrajero del triticale (X Triticosecale Wittmack) en el valle de Zapopan. Tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara, México.
- Herrera y S.R. 1998. El papel de la asistencia técnica en la eficiencia productiva de los establos lecheros. En: IV Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo. Grupo LALA. Torreón, Coahuila, México. p 86-107.
- Hill, G.M. 1990. Quality: Triticale in animal nutrition. Proceedings of the second international triticale symposium. Passo Fundo Río Grande do Sul. Brazil.
- Horsley, R.D., P.B. Schwarz, and J.J. Hammond. 1995. Genetic diversity in malt quality of north American six-rowed spring barley. *Crop Sci.* 35: 113-118.
- Hutjens, M.F. 1997. Importancia de la calidad de los forrajes para maximizar la producción de leche a bajo costo. En: III Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. Grupo LALA. Gómez Palacio, Durango, México. p 2-11.
- Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1988. Applied multivariate statistical analysis. Second edition. Ed. Prentice Hall. New Jersey. USA. 607 p.
- Kisha, T.J., B.W. Diers, J.M. Hoyt and C.H. Sneller. 1998. Genetic diversity among soybean plant introductions and north American germplasm. *Crop Sci.* 38:1669-1680.
- Larrea, D.R., H.R.Holzman y M. Tulesi 1984. Estado de desarrollo, calidad de forraje y rendimiento en triticale. *Revista Argentina de Producción Animal.* 4 (2): 157-166.

- Leana, L.A. 2000. Evaluación de líneas y variedades forrajeras de triticale (X. Triticosecale Wittmack), en dos ambientes del norte de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México.
- Lin, C.S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand?. *Crop Sci.* 26: 894-900.
- Lomas, L.W. and L.J.Moyer. 1984. Grazing winter annuals. In: Proceedings of the National Wheat Pasture Symposium. Southeast Kansas Branch Exp. Sta. Oklahoma State University. p 465-466.
- Lozano, del R. A.J. 1988. Reporte interno del programa de cereales de la U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- \_\_\_\_\_. 1990. Studies on triticale forage production under semiarid conditions of northern México. Proceedings of the second international triticale symposium, Passo Fundo Río Grande do Sul. Brazil. p 256-262.
- \_\_\_\_\_, V.M. Zamora, H.D. Solís, M. Mergoun and W.H. Pfeiffer. 1998. Triticale forage production and nutritional value in the northern region of México. In: Fourth International Triticale Symposium. Red Deer. Alberta, Canadá. p259- 263.
- Manly, B.F.J. 1986. Multivariate statistical methods: A primer. Ed. Chapman and Hall. London. 160p.
- Martín, C.A., D.M. Fresnillo y P.F. Serz. 1981. Rendimiento y digestibilidad de avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), Centeno (*Secale cereale*, L), y triticale (*Triticale hexaploide*). Reporte anual 1979-1980. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.
- Martínez, A.J.C. 1974. Influencia de la fecha de siembra sobre el establecimiento y productividad forrajera de seis gramíneas de clima templado evaluadas en la Comarca Lagunera. Informe de investigación. Campo Agrícola experimental de La Laguna. CIANE-INIA-SAG. México.
- McLeod, J.G., Y.T. Gan, D.F. Salmon and V.S. Baron. 1998. triticale-biomass potential and quality on the Canadian prairies. In: Fourth International Triticale Symposium. Red Deer. Alberta, Canadá. p264- 267.
- Mendoza, A.A. 1994. Evaluación de especies forrajeras en Venecia, Durango. Tesis Licenciatura. FAZ. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México.
- Moreno, G.R. y S. Luna. 1981. Guía para cultivar el triticale de temporal en el Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Folleto para el productor. No 1. CIAMEC-INIA-ZARH. México.

- National Research Council. 1989. *Triticale: A promising addition to the world's cereal grains*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nava, V.G. y J.H. Córdoba. 1981. Densidad y épocas de siembra de triticale (hexaploide) y la utilización del ensilaje en la alimentación del ganado. Reporte anual 1979-1980. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.
- Núñez, H.G., F.E. Contreras, M.H. Quiroga y R. Faz. 1997. Cultivos forrajeros de invierno. En: III Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. Grupo LALA. Gómez Palacio, Durango, México. p 59-67.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine Sixth Series*. 2: 559-572.
- Peña, R.J. 1994. Genetic, biochemical and rheological aspects considered at CIMMYT for the improvement of wheat and triticale quality. In background material for the germplasm improvement subprogram external review, Cd. Obregón, Son., Wheat Program, 1994. México, D.F.:CIMMYT. p 98-100.
- Pfeiffer, W.H., A.J. Lukaszewski, M. Mergoum and R.J. Peña. 1996. Industrial quality and agronomic performance of spring triticale substitution lines. In: *Agronomy Abstracts, ASA*. Indianapolis, Indiana, USA. p 123.
- Pioneer Hi-Breed International Inc. 1990. *The pioneer forage manual. -A nutritional guide*. Clive Holland and Wes Kezar (Eds). 55p.
- Popov, P., K. Kostov, I. Stankov and P. Stankova. 1981. The possibility of using triticale fresh fodder as a protein source for animals. *Resteniev'dninauki. Instituty po introduktsiya i rastitelni resursi*. 18 (7): 103-108.
- Portyanko, V.A., N.R. Sharopova, and A.A. Sozinov. 1998. Characterisation of European oat germplasm: allelic variation at complex avenin loci detected by acid polyacrylamide gel electrophoresis. *Euphytica*. 102: 15-27.
- Quemé, de L.J.L. 2000. Desarrollo de híbridos simples modificados como alternativa para impulsar el uso de nuevos híbridos de maíz. Tesis Doctorado. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Quiroga, G.H.M. 1980. Jardín de introducción de triticale forrajero. Informe de investigación. Campo agrícola experimental de la Laguna. CIAN-INIA-SARH. México.
- \_\_\_\_\_ y J.M. Farías. 1981. Jardín de introducción de triticale forrajero. Informe de investigación. Campo agrícola experimental de la Laguna. CIAN-INIA-SARH. México.

- Roberts, G.B. 1984. Use of lupin hay and triticale grain for fattening sheep. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. Rutherglen Research Inst. Australia. 15: 557-560.
- Rodríguez, V.A.J.G. 1993. Evaluación de líneas de triticale en diferentes regiones del norte de México. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Rodríguez, P.J. y R. Moreno. 1994. Secano, variedad de triticale para áreas de temporal. Memorias del II Congreso Latinoamericano, XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, Nuevo León, México.
- Rossi, L. 1978. Technology for increasing food production. Ed. J.C. Holmes. FAO. Roma.
- Royo, C. and M. Arangay. 1998. Spring triticale grown for different end-uses in a Mediterranean-continental area. In: Fourth International Triticale Symposium. Red Deer. Alberta, Canadá. p268- 271.
- Saade, E.M. 1995. Triticale production and utilization in Tunisia: Constraints and prospects. CIMMYT Economics Working Paper. México, D.F.: CIMMYT. p 95-104.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6, fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Siedler, S., A. Urasinzka, J. Wolczak, K. Ptkow and J. Kotowski. 1985. The nutritive value of rye and triticale in fattening of cattle. Warty'c 'pokarmowazytai pszenzyta wyzywieniv bydla opasowego. Biuletyn Informacyjny przemysiu Paszowego. 24(4): 13-19.
- Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. Am. J. of Psychology. 15: 72.101.
- Stallknecht, G.F. and D.M. Wichman. 1998. The evaluation of winter and spring triticale (X Triticosecale Wittmack), for grain and forage production under dryland cropping in Montana, USA. In: Fourth International Triticale Symposium. Red Deer. Alberta, Canadá. p272- 274.
- Statistica. 1994. Statistica for windows ver. 4.5 StatSoft, Inc. Tulsa, Ok. U.S.A.
- Steel, G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.
- Steiner, J.J., E. Piccioni, M. Falcinelli and A. Liston. 1998. Germplasm diversity among cultivars on the NPGS crimson clover collection. Crop Sci. 38: 263-271.

- Sullivan, M., T. Hales and W.B. Norton. 1982. A comparison of triticale and oats as forages for fattening cattle in southeast Queensland. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. Univ. Queensland Australia. 14: 289-292.
- Thompson, J.A., R. Nelson and L. Vodkin. 1998. Identification of diverse soybean germ plasm using RAPD markers. *Crop Sci.* 38: 1348-1355.
- Varughese, G., T Barker y E. Saari. 1987. Triticale. CIMMYT. México. 32 p.
- Verma, M.A., G.S. Chahal, and B.R. Murty. 1978. Limitations of conventional regression analysis a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.* 53: 89-91.
- Ward, J.H. Jr. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58:236-244.
- Ye C.W.E. 1998. Evaluación de producción y gustosidad animal de 86 líneas y variedades de triticales forrajeros intermedios y primaverales. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F.Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bulletin.* 10 p.
- Zamora, V.V.M. 1990. comparación de diferentes estadísticos de estabilidad de rendimiento en triticale (X. Triticosecale Wittmack). Tesis Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Zillinsky, F.J. 1974. The development of triticale. *Adv. in Agron.* 26: 315-349.
- Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch Jr. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393.

## APENDICE

Cuadro A. 1. Relación de genotipos evaluados en el ciclo 1996-1997.

TRAT	LINEA O VARIEDAD
1	GRADO/3/RONDO/BANT_5//ANDAS-2
2	PRESTO/3/RONDO/BANT_5//ANDAS-2
3	PRESTO/CAAL
4	EMS_6TB219/6TAB876//STIER_22-1/NIMIR
5	GRADO ***** TESTIGO
6	PRESTO ***** TESTIGO
7	LT 707 88/SUSI_2
8	LT 140.73//GNU_7-2/NING 78AD/3/CHD 33385
9	LT 140.73//GNU_7-2/NING 78AD/3/CHD 33385
10	LT 140.73//GNU_7-2/NING 78AD/3/CHD 33385
11	MAH 7877.1-57//EMS-6TB219/6TA876
12	MAH 10441.2-3/3/ASNO/ARDI_3//ERIZO-7
13	LT 1071.82/SOR_1
14	RAH 101.6/NIMIR_4
15	LT 472.82/MUSMON_1
16	URSS#3310/M2A//FAHAD_8-2
17	LASKO ***** TESTIGO
18	LT 707 88/SUSI_2
19	LT 1071.82/VICUÑA_4
20	CHD 1089/CAAL
21	CLERVIX/OKAPI//LASKO/3/RONDO/BANT_5//ANOAS_2

---

22 DRC/CENT.KODIAK//LASKO/3/CHD 33385

23 LAD 17487/STIER/\_5-2/ASAD//NIMIR-3

24 LAD 17487/STIER/\_5-2/ASAD//NIMIR-3

25 LT 707 88/SUSI\_2

26 MODUS \*\*\*\*\* TESTIGO

27 EN86T649//ERIZO-11/YOGUI\_3

28 RYE GRASS "BEEFBUILDER" \*\*\*\*\* TESTIGO

29 MAH10441.2-3/STAN 1

30 TSW2.488//ARDI/GNU/3/LT1071.82

31 CT776.81//TESMO\_1/MUSX 603

32 CT776.81//TESMO\_1/MUSX 603

33 MAH 10947.1 \*\*\*\*\* TESTIGO

34 LT1071.827/SQR\_1

35 RYE GRASS ANUAL "ALAMO" \*\*\*\*\*TESTIGO

36 M75.8064/2\*6TA876/4/MUSX/LYNX//STIER\_12-3

37 RAH101.6/NIMIR\_4

38 CT776.81//TESMO\_1/MUSX 603

39 CT776.81//TESMO\_1/MUSX 603

40 CT776.81//TESMO\_1/MUSX 603

41 LT 1071.82/SOR\_1

42 M75.8064/2\*6TA876//EMS-6TA876/3/6TB219/6TA876/4/LAMB4

43 M75.8064/2\*6TA876//EMS-6TA876/3/6TB219/6TA876/4/LAMB4

44 M75.8064/2\*6TA876//EMS-6TA876/3/6TB219/6TA876/4/LAMB4

---

---

45 150.83/2\*WALRUS\_1  
46 LT 1071.82 \*\*\*\*\* TESTIGO  
47 150.83/2\*WALRUS\_1  
48 DAD 3141 \*\*\*\*\* TESTIGO  
49 LAD622.81//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
50 LAD622.81//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
51 SAN LUCAS \*\*\*\*\*TESTIGO  
52 LT1071.827/SQR\_1  
53 LT1071.827/SQR\_1  
54 PRESTO/CHACAL\_3-2  
55 W.TCL83/KB35//MUSX\*/BAT  
56 W.TCL83/KB35//MUSX\*/BAT  
57 150.83/3/PTR/CSTO//BGLT  
58 150.83/FAHAD\_5  
59 150.83/MANATÍ\_1  
60 150.83//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
61 150.83//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
62 150.83//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
63 150.83//2\*TESMO\_1/MUSX 603  
64 AN-31 \*\*\*\*\* TESTIGO  
65 6TB219/3/6TA876//6TB163/6TB164/4/2\*TESMO\_/MUSX603  
66 6TB219/3/6TA876//6TB163/6TB164/4/2\*TESMO\_/MUSX603  
67 6TB219/3/6TA876//2\*WALRUS\_1

---

---

68 JAGO/2\*RHINO\_9

69 LAD622.81//2\*TESMO\_1/MUSX603

70 SVHT DR/BOAR/3/YOGUI\_1/TARASCA87\_3/HARE\_212

71 YOGUI\_1/TARASCA87\_3/HARE\_212/37NIMIR\_3

72 ANOAS\_3/GNU\_14-1

73 TATU\_2/3/MUSX/LYNX//YOGUI\_1

74 TED/PFT7888//ERZO-9

75 RHINO\_3/BULL\_1-1

76 EMS\_6TB219/6TA876//STIER\_22-1/NIMIR\_3

77 GRADO//LT1071.82/SQR\_1/3/CHD 33385

78 LT707.88/SUSI\_2

79 LT140.73//GNU\_7-2/NING7840/3/CHD33385

80 AVENA COCKER\*\*\*\*TESTIGO

81 LT1071.82/SOR\_1

82 M75.8064/2\*6TA876/7EMS-6TA876/3/6TB219/6TA876/4/AEDI\*2

83 M75.8064/2\*6TA876//EMS-6TA876/3/6TB219/6TA876/4/AEDI\*2

84 150.82/2\*WALRUS\_1

85 150.83/FAHAD

86 CT776.81\*\*\*\*\* TESTIGO

87 LAD 622.81//2\*TESMO\_1/MUSX603

88 CEBADA ANCF-7-91\*\*\*TESTIGO

89 6TB219/3/6TAB876//6TB163/6TB164/4/2\*\*TSMO\_1/MUSX603

90 AN-34\*\*\*\*\* TESTIGO

---